
CONSIDERAZIONI OTTICHE

Del Sig. Ab. GIAMBATTISTA VENTURI Professore di
Filosofia e Matematica nell'Università di Modena.

ARTICOLO I.

Si dimostra la falsità del metodo, che tengono varj Fisici per misurare la Dispersione dei raggi nelle varie sostanze rifrangenti; e si stabilisce la vera teoria delle fimbrie colorate del Prisma contro ciò che ha detto il Sig. Beguelin negli Atti di Berlino 1764.

1. **E'** Notò ai fisici, che un raggio solare introdotto nella camera oscura e rotto nel prisma dipinge sul muro opposto l'immagine del Sole allungata e distesa ne' suoi colori diversi; ed è pur noto dopo le esperienze del *Newton*; che tali colori e tale allungamento d'immagine proviene dalla diversa rifrangibilità delle fila diverse, ond'è composto il raggio bianco; le quali fila nell'atto della rifrazione rimangono separate e divergenti fra loro per un certo angolo che chiamasi *l'angolo di dispersione*. Il determinare con esattezza la quantità di un tale angolo riesce di grave importanza nella pratica egualmente che nella teoria dell' *Optica*; dipendendo da ciò e la misura degli errori di rifrangibilità negli istromenti diottrici, e la costruzione delle lenti acromatiche, e tutto quant'è il preciso della dottrina *Neutonian*a intorno alla luce. Ora poichè le fimbrie colorate, di cui s'adornano gli orli di un corpo guardato attraverso del prisma, sono un fenomeno analogo al primo dell'immagine variorinta del Sole entro la camera oscura; e poichè la stessa diseguale rifrangibilità si è la cagione dell'un fenomeno e dell'altro egualmente; quindi era facile a conchiudere, che la grandezza apparente delle fimbrie colorate è eguale all'angolo di dispersione dei raggi passati attraverso del prisma, e che però la grandezza suddetta apparente può servir di mi-

fura a quest'angolo. Così han conchiuso di fatti, e ne hanno anche applicato la conclusione alla pratica varj di quei moderni filosofi, i quali dopo la scoperta di *Dollond* si sono accinti a dare la teoria delle lenti acromatiche. Tra questi singolarmente il Sig. *Beguelin* oltre ad avere nelle Memorie dell' Accademia Real di Berlino degli anni 1762, e 1763 data la spiegazione dei prismi acromatici, e la costruzione delle lenti simili dipendentemente dall' eguaglianza dell' angolo ottico, che forman nell'occhio le fimbrie colorate coll' angolo di dispersione nell' esperienza della camera oscura; ha poi nelle stesse Memorie all' anno 1764 fondato sulla medesima supposizione una analisi delle stesse fimbrie colorate, e varie conseguenti osservazioni, le quali se fosser vere, riuscirebbono di non leggero incomodo ai dogmi comunemente adottati nell' Ottica. Ad una tale, se mi è lecito dirla, o imperfezione della teoria, o inavvertenza degli ottici, mi propongo io qui di supplire con due Teoremi, che pongano nel suo vero lume l' affare, e la teoria in sicurezza.

T E O R E M A I.

2. *Se un fascetto di raggi omogenei usciti da A (Fig. I.) infinitamente vicini tra loro soffre nel prisma PMN la rifrazione minima; l'angolo F, che forman tra loro i raggi estremi del fascetto dopo l'intera rifrazione, pareggia l'angolo A che formavano prima di cadere sul prisma.*

D I M O S T R A Z I O N E.

Il Sig. *Barrow* ha provato, che i raggi *AB* dopo la prima rifrazione in *B* vanno divergenti da un punto \mathcal{Q} con un certo angolo \mathcal{Q} . Qualunque sia questo punto e quest'angolo, s' intenda condotta per lo punto *B*, che è il medio del fascetto $\mathcal{Q}B$, un'altra superficie *XZ* d' egual forza rifrangente con *PM*, e posta in guisa, che l'angolo $\mathcal{Q}BX = \mathcal{Q}BM$. Poi prendasi un altro punto raggiante *V* tale, che sia *VB = AB* e l'angolo *VBX = ABM*; e da questo punto vada il fascetto *VB* a rifrangerfi nella superficie *XZ* con un angolo *V = A*. E' evidente, che il foco e la diver-

genza di questo nuovo fascetto VB dopo la rifrazione in XZ farà il punto e l'angolo Q , quel medesimo, che apparteneva prima al fascetto AB rifratto dalla superficie PM . Ora essendo BC per l'ipotesi la via della minima rifrazione, farà PBC un triangolo isoscele; e però l'angolo $QBX = QBM = PCB = PCB$; onde farà XZ parallela a PC . Dunque i raggi usciti da V dopo essersi rifratti in B ed in C usciranno per la via CD paralleli a se medesimi; e però l'angolo $F = V = A$. Ma per la rifrazione in C è indifferente, che i raggi sieno usciti da V o da A , giacchè la loro direzione e divergenza per QBC è la medesima in ambidue i casi. Dunque ecc. $C. D. P.$

T E O R E M A II.

3. *La grandezza apparente delle fimbrie colorate, che l'occhio vede in un oggetto attraverso il prisma, sia alla dispersione dei raggi prodotta nel medesimo prisma, prossimamente come la distanza dell'obbietto dal prisma sia alle due distanze insieme dell'obbietto e dell'occhio dal prisma: posta sempre nel prisma la rifrazione minima.*

Sia un punto visibile A (Fig. II.), da cui uscendo un raggio bianco AB mandi attraverso il prisma PMN il suo filo di rifrazione media ossia il verde per la via BCD a ferir l'occhio posto in D ; e sia ABC la via della rifrazione minima per lo raggio verde, cioè sia PBC un triangolo isoscele. Il raggio violetto uscito da A per la direzione AB volgerà per BEO , facendo col raggio verde l'angolo DLO , il quale farà la misura della dispersione tra il raggio medio ossia verde, e l'estremo violetto. Ma esso raggio EO non potrà entrare insieme col suo verde entro la pupilla dell'occhio posta in D : bensì vi entrerà un altro raggio violetto AG , il quale cadendo più verso l'angolo rifrangente del prisma volgerà per GHD , e verrà a fare nell'occhio col raggio verde l'angolo D ; il quale angolo farà la misura della grandezza apparente della linea colorata, in cui l'occhio D vedrà allungato l'oggetto A dalla rifrazione del prisma. Ora si prolunghino AB , DC sino ad incontrarsi dentro il prisma in T . Dico essere prossimamente l'angolo $D: DLO = AT: AT + TD$.

D I M O S T R A Z I O N E .

Si prolunghi il raggio violetto HD fino ad incontrare il suo incidente in R , e l' altro violetto EO in F . Si conduca RT . E poichè i tre raggi $ABCD$, $ABEO$, $AGHD$ forman l' uno coll' altro angoli assai piccoli, si potranno considerer questi come angoli minimi; e però la retta RT si potrà considerer come formante angoli eguali colle due rette TA , TD . Sarà dunque $D:A=AT:TD$. Ma $A=F$ (Teor. I). Dunque $D:F=AT:TD$. E però $D:D+F=AT:AT+TD$. Ma nel triangolo FDL l' angolo esterno $DLO=D+F$. Dunque $D:DLO=AT:AT+TD$. Come $D. P$.

C O R O L L A R I O I .

4. Se $AT=TD$, farà $D=\frac{1}{2}DLO$. E questa dovette essere all' incirca la circostanza con cui il Sig. *Lambert* istituì le sue esperienze, quando con un prisma di 60° non trovò la grandezza delle fimbrie se non di $0^\circ.52\frac{1}{2}$; mentre il Sig. *Newton* trova la dispersione dello stesso prisma di $1^\circ.48\frac{1}{2}$. (*Beguëlin* ibid. §. 30).

C O R O L L A R I O II .

5. Se l' oggetto tocca il prisma in B , e l' occhio ne è lontanissimo; in tal caso la ragione $\frac{AT}{AT+TD}$ svanisce, e svaniscono anche le fimbrie colorate, il quale è uno dei fenomeni, che il Sig. *Beguëlin* non sa combinare colla teoria (*Beguëlin* ib. §. 34). Ben è vero, che se il punto B è assai discosto dall' angolo rifrangente P , e l' occhio assai vicino al prisma, le fimbrie compariscono anche nell' oggetto che tocca il prisma; ed io difatti, usando la debita attenzione, ve le ho rinvenute. Ma siccome i prismi consueti di

cristallo non sogliono permettere molta distanza tra P e B ; e siccome un occhio, il quale non sia assai miope, non può accostarsi molto al prisma senza confonder l'immagine dell'oggetto posto in B ; così può avvenire, che a taluno sembrino in tal caso svanite le fimbrie. Tanto più, che essendo $AT < TD$, la retta TR piega un poco verso F ; onde rimane D minore ancora un poco oltre a quanto importerebbe la proporzione del Teorema.

C O R O L L A R I O III.

6. Non può essere stata altro che inavvertenza quella la quale ha fatto chiedere il Sig. d' *Alembert* (Opuscul. tom. 3. n. 963), perchè noi non veggiamo colorato l'orlo degli obbietti posti sott' acqua, "sur tout si l'oeil est... à une
" assez grande distance de la surface réfringente, pour que
" l'écartement des rayons produise un effet sensible? ". Giacchè la distanza dell'occhio è appunto quella che fa svanire le fimbrie.

A R T I C O L O II.

Si esamina coll' esperienza, se gli umori dell'occhio formino una combinazione acromatica; e si dà la misura della loro aberrazione di rifrangibilità.

7. Quando nel 1747 il Sig. *Euler* (a) a perfezionare gli istromenti diottrici mosse quei primi sforzi, i quali fra il contrasto delle opinioni fecero poi nascere le lenti acromatiche; partì egli da questo principio: "che gli umori dell'occhio erano dalla natura disposti in guisa di riunir tutti
" i raggi partiti da un sol punto luminoso in un sol punto
" della retina, quantunque fossero i medesimi raggi diverfimi fra loro di rifrangibilità". E con questo principio medesimo si tenne poi egli forte nella lite agitata con *Dollond* (a); senza

(a) Mem. de Berlin 1747.

(a); senza che i suoi avverfarj ardissero contrastargli un tale assunto. Anzi degli Ottici posteriori alcuni hanno adottato senz' altro questo acromatitmo dell' occhio, come il Conte di *Rsdery* (b), *Boguelin* (c), ed *Hennert* (d); altri ne hanno ommesso l' esame, come *Boscovich* (e), *Clairaut* (f); e finalmente il Sig. d' *Alembert* (g) dopo avere proposti alcuni mezzi per assicurarsi del fatto, gli confessa poi egli stesso mezzi intentabili in pratica; e si riduce a concludere, che qualunque sia l' aberrazione dei colori nell' occhio, essa deve essere insensibile e incomparabilmente minore di quella aberrazione, a cui andrebbe soggetta una lente di vetro, la quale volesse sostituirsi agli umori dell' occhio stesso. Quanto ciò sia vero, lo vedremo fra poco. Intanto osservo che il *Newton* avea già nelle lezioni ottiche (Par. 1. Sez. 2. verso la fine) dubitato di questa vantata prerogativa dell' occhio; e quantunque confessi di non sapere alcun fatto, il quale dimostri negli umori di quell' organo la separazione prismatica de' colori; pure egli indica ivi la strada da tenersi per decidere la questione, strada assai più sicura e più facile della proposta dal Sig. d' *Alembert*. Dirò qui, che s'iami riuscito di osservare intorno a ciò, e quali conseguenze derivino da tali osservazioni.

E S P E R I M E N T O I .

8. Ho posto in *A* (Fig. III.) (b) un obbietto illuminato, per es. il lume d' una piccola candela, o un piccolo foro in una camera oscura. Davanti all' occhio, e aderente a lui ho posto una sottil laminetta di piombo o di cartoncino *BC* traforata con due piccoli pertugi *M*, *N*; lasciando tra questi una

Tomo III.

M m

(a) *Transact.* Vol. 43. n. 43.
 (b) *Accad. de Berlin* 1759.
 (c) *Accad. de Berlin* 1764. n. 38.
 (d) *Dissert. sur les Moyens de perfectionner la lunette, qui a remporté le prix à Berlin en 1772* n. 27.
 (e) *Mem. sui Cannoch. diottrici* n. 12.

(f) *Accad. de Paris* 1756.
 (g) *Opusc.* tom. 3. ch. 3.
 (h) Nel ripetere questi ed i seguenti esperimenti abbiasi riflessione, che la posizione dell' obbietto visibile è sempre rovescia dell' immagine formata sulla retina.

distanza di due linee circa, che tanta e più ancora è l'apertura della mia pupilla nella poca luce. In tal guisa l'obbietto *A* mandava entro il mio occhio due fascetti di raggi *AM*, *AN* nel medesimo tempo. Ho cominciato dal riguardare con questi due fori insieme l'obbietto *A*, quando la distanza del medesimo dal mio occhio era di 10, o 12 piedi, cioè quando essa era assai più in là del termine della visione distinta, il quale per me che son miope suol essere al di qua di un piede. In questa positura si fa che i raggi usciti dal punto luminoso *A* si raccolgono entro l'occhio in un foco più vicino alla pupilla di quel che sia la retina medesima. Nel nostro caso si univano per es. in *XZ*, e divaricando di nuovo andavano a dipingere sulla retina due immagini dell'obbietto *A* una in *OR*, e l'altra in *SQ*. Or se gli umori dell'occhio mandano alla retina uniti i raggi tutti dello stesso fascetto, quantunque eterogenei; dovrebbero le due immagini *OR*, *SQ* essere bianche per tutto, come già supponiam che lo sia l'oggetto *A*. Pur realmente le due immagini non riescono di un color uniforme; ma risplendono evidentemente in *R*, *S*, e volgono all'azzurro in *O* e *Q*. Lo che dimostra, che il fascetto *AM* nel rifrangersi entro l'occhio divide si ne' suoi colori, in guisa che l'azzurro torcendo più forte dirigesì in *DQ*, mentre il rosso si rimane in *DS*. Lo stesso fa duopo dir che succeda al fascetto *AN*, sicchè ne riescano poi le due immagini colorate *OR*, *SQ* tali quali sono state osservate da me e da chiunque altro ho eccitato a ripetere l'esperimento.

9. Veggo, che cosa addar si potrebbe contro la forza del recato esperimento. Potrebbe dire taluno, che l'occhio presenta bensì alla retina dispersi e separati i raggi eterogenei, quando questa è fuori del foco dell'occhio, quando è fuori del punto della visione distinta; ma che nel foco e nel punto della visione distinta esso li presenta raccolti ed uniti. Come una lente posta in sito opportuno dietro ad un prisma raccoglie di nuovo i raggi dispersi dal medesimo prisma, e li riunisce bensì nel foco a formar la bianchezza, ma in qualunque altro luogo fuori del foco gli lascia separati e tinti di diversi colori. Così potrebb' essere, che per es. il cristallino concentri nel suo foco quei raggi eterogenei che la cornea

avea divisi, lasciandoli poi in tutto il rimanente del viaggio separati or più or meno di prima. Se così fosse, dovrebbero i colori apparire qualunque volta il punto raggiante A è fuori del termine della visione distinta, e svanire poi in un tal termine. Or di fatti succede, che quando il punto A si trova alla distanza richiesta per la visione distinta, vale a dire quando la retina corrisponde al foco XZ ; in tal caso una sola immagine si vede del punto A , e questa vestita di un color bianco uniforme. La risoluzione di questo dubbio nasce dal seguente

E S P E R I M E N T O II.

10. Ho portato l'occhio munito dei due forellini M, N vicino all'obbietto A più di quel che importi il termine della mia visione distinta, alla distanza per es. di soli due o tre pollici. In tal positura il foco XZ delle lenti dell'occhio cadeva al di là della retina; onde supponendo la retina portata in TV , l'immagine dell'oggetto si raddoppiava di nuovo in TH ed IV : ed ambedue le immagini erano tinte agli orli come nel primo esperimento; ma qui erasi rovesciato l'ordine dei colori, e il rosso facevasi vedere in T , ed V , mentre l'azzurro manifestavasi all'interno verso l'asse dell'occhio in H , ed I .

Combiniamo questo esperimento col primo, e vedremo che dopo la rifrazione dell'occhio il raggio rosso del fascetto AM scorre al di sotto nella linea $DH\mathcal{Q}$ sì prima di giungere al foco in XZ , che dopo esservi trapassato; ed al contrario il raggio azzurro del fascetto medesimo scorre alla parte superiore nella linea TXS sì prima che dopo del foco. Donde si fa chiaro, che dunque i due raggi rosso ed azzurro del medesimo fascetto AM non hanno potuto riunirsi nel foco dell'occhio: perchè in tal caso le loro vie si farebbono ivi incrocicchiate, ed il raggio azzurro da H farebbe andato in S , ed il rosso da T in \mathcal{Q} : lo che è contrario all'esperienza precedenti. Quando poi l'obbietto A si trova nel punto della visione distinta, e la retina corrisponde al luogo XZ del foco; allora una sola immagine si vede e tutta bianca: perchè il raggio rosso ER del fascetto AN va ad incontrare

in Z l'azzurro DQ del fascetto AM ; e similmente in X s'incontrano gli altri due raggi eterogenei dei due fascetti diversi. Una tal mescolanza rifulcita il color bianco o quasi bianco; appunto come succede ad una lente di vetro, in cui si prenda per foco totale quello dei raggi di rifrangibilità media.

Posta così fuor d'ogni dubbio (per quanto a me sembra) la dispersione dei raggi eterogenei entro dell'occhio, mi sono indi accinto a prenderne la misura, per vedere se essa almeno sia tanto piccola e disprezzabile, quanto porta l'opinione del Sig. d' *Alembert*.

E S P E R I M E N T O III.

II. Per un prisma di cristallo, il di cui angolo rifrangente era di $43^{\circ} 36'$, ho fatto raggiare un punto luminoso A (Fig. IV.), e ponendomi coll'occhio nella direzione della minima rifrazione del prisma, ho guardato per i due soliti forellini M , N l'obbietto A rifratto dal prisma. Venivano dunque al mio occhio due fascetti diversi AXM , ATN ; nel primo de' quali il raggio azzurro veniva per la direzione XMD , ed il rosso per ZMD , a norma di quanto si è detto al §. 3. Questi due raggi si incrocicchiano in D ; ed anche prescindendo dalla rifrazione dell'occhio, sarebbe, dopo il punto D , il raggio rosso passato all'alto, e l'azzurro al basso, proseguendo così a divergere entro dell'occhio. La rifrazione poi degli umori dell'occhio, operando più forte sull'azzurro, che sul rosso, non fa che aumentar vie più la divergenza degli stessi due raggi, portandoli a formare l'immagine SQ rossa in S ed azzurra in Q con una separazione di colori più notevole di quel che ebbi nel primo esperimento, in cui mancava la rifrazione del prisma. Ma nel secondo fascetto ATN la dispersione dei colori prodotta dall'occhio si fa in un verso opposto alla dispersione prodotta dall'angolo P . Onde l'altra immagine OR rimane più o men colorata, o colorata anche in ordine rovescio, secondo che l'azione dispersiva dell'occhio è minore eguale o maggiore di quello che importi l'angolo TEV . Ora l'angolo TEV , il quale misura ora la forza dispersiva dell'occhio in

E, è pur quel desso che abbiám veduto (§. 3.) misurare la grandezza apparente delle fimbrie colorate, e variare secondo la diversa proporzione, che passa tra le due distanze *AT*, *TE* dell' oggetto e dell' occhio dal prisma. Stando adunque il prisma alla distanza fissa di 9 pollici dalla candela *A*, ed allontanando successivamente l' occhio dal prisma stesso, ho trovato: che l' orlo era azzurro in *R* finchè la distanza dell' occhio dal prisma era minore di 16 pollici; che lo stesso orlo *R* ricompariva tinto in rosso, quando la distanza eccedeva i 36 pollici; e che i colori al senso svanivano tra i 16 e 36 pollici. Prendiamo un termine medio fra i due estremi; e potremo assumere la distanza di 26 pollici quella, in cui i colori svaniscono perfettamente, ed in cui la dispersione dell' occhio corregge affatto l' angolo *TEV* prodotto dal prisma.

12. Calcolando ora da questo esperimento la dispersione che l' occhio cagiona ai raggi eterogenei nel punto *E*, trovo che la dispersione dei raggi estremi tra loro nell' angolo rifrangente *P* riesce di 62'. 26". E l' angolo *TEV* a norma del §. 3. riesce di 16'. 3". Però se il raggio *RE* venisse bianco dall' interno dell' occhio, esso nell' uscire soffrirebbe la dispersione *TEV* di 16'. 3". Supponendo che *DE* sia la superficie di una sfera di vetro comune, e tale che raccolga i raggi alla distanza di 8 pollici, a quanta incirca si raccolgono per gli umori dell' occhio, trovo che il semidiametro di una tale superficie vitrea riesce di poll. 2, 84. E prendendo la *DE* di due linee, riesce nella stessa superficie l' arco *DE* 40°. 40'. Donde computando ricavo, che un raggio bianco, il quale uscisse dalla medesima sfera vitrea nella linea *RET*, soffrirebbe in *E* una dispersione di 16'. 26", che è allo incirca la medesima dispersione, che abbiám trovata negli umori dell' occhio. E però fa duopo dire che l' aberrazione di rifrangibilità nell' occhio non è minore di quella, che si osserva nel vetro; e che per conseguenza essa è ben lungi da quell' insensibile errore che possa non curarsi nei calcoli, e nelle macchine ottiche, come si è fatto finora.

Fig: I.

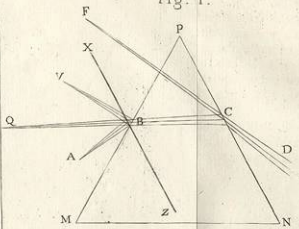


Fig: III.

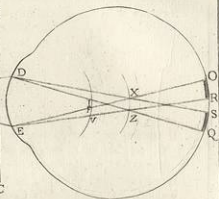


Fig: II.

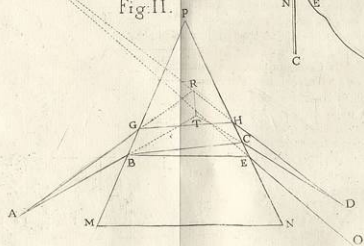


Fig: IV.

