

Uomo! un Padre immenso, un'anima im-
mortale, una età futura, sono la vera tua
gloria. Questo è quello che il Re Roynal, ne
immortalità dell'anima.

TRATTATO ELEMENTARE

DI

FISICA.



DONO EREDI DI

NICOLA E NICOLETTA GATTINI

TRATTATO ELEMENTARE

O V V E R O

PRINCIPJ DI FISICA

Fondati sulle conoscenze le più certe, tanto
antiche che moderne, e confermati
colla sperienza

186/38

DEL SIGNOR

B R I S S O N

Membro dell' Instituto Nazionale delle Scienze
e delle Arti, e Professore nelle scuole
centrali di Parigi.

NUOVA TRADUZIONE ITALIANA FATTA
SULLA TERZA EDIZIONE FRANCESE

Corretta riveduta ed accresciuta
dall' Autore.

T O M O V.

Dono di Michel Gattini 1819
N A P O L I 1803

A spese di Antonio Rossiguzzi, alla strada
di S. Biaggio de' Libraj num. 122.

Con approvazione.



TRATTATO ELEMENTARE

ADISTIT

GATTINI
T
36/5

TAVOLA

DE' CAPITOLI DI QUESTO QUINTO VOLUME.

Le cifre indicano gli Articoli,
e non già le pagine.

Continuazione del Cap. XIV.

D E' Colori .	1369
Teoria de' Colori .	1373
Esperienze sulle quali è fondata la teoria de' colori .	1397
De' colori considerati negli oggetti che ce li fanno sentire .	1476

C A P. XV.

Della visione degli oggetti .	1494
Della vision naturale .	1498
Della visione artificiale, e degli strumenti di Ottica .	1556
Degli Occhiali .	1558
De' Polemoscopj .	1562
Delle Ottiche .	1564
Delle camere oscure .	1566
De telescopj Diottrici .	1574
Telescopio di Galileo .	1579
Telescopio Astronomico .	1590
Telescopio aereo .	1603

Te

Telescopio terrestre, o cannocchiale d'avvicinamento.	1612
Cannocchiale d'avvicinamento di notte.	1620
De' telescopj Catadiottrici.	1623
Telescopio Newtoniano.	1637
Telescopio Gregoriano.	1633
Telescopio di Cassegrain.	1638
Telescopio di Giacomo le-Maire.	1643
De' cannocchiali acromatici.	1647
De' Microscopj.	1658
Microscopio semplice.	1661
Microscopio composto.	1666
Microscopio solare.	1672



TRATTATO ELEMENTARE DI FISICA

Continuazione del Cap. xiv.

De' Colori.

I 1369 Colori sono proprietà delle differenti parti della luce separate le une dalle altre per rifrazione, riflessione o altrimenti, per le quali essi eccitano in noi differenti sensazioni, secondo la differenza del loro grado di refrangibilità, e secondo la grandezza, la figura, e forse il grado della velocità del moto delle loro particelle, quando esse vengono a fare la loro impressione sull'organo destinato a farcele percepire.

Tom. V.

A

1370

1370 Sono diversissime le opinioni sopra i colori tra gli antichi ed i moderni, ed anche tra le differenti sette de' fisici attuali. Secondo l'opinione d'*Aristotele*, ch'era quella che altra volta si seguiva, si riguardava il colore come una qualità risedente ne' corpi colorati ed indipendente dalla luce; lo che non può essere, come passeremo a vederlo.

1371 I Cartesiani non essendo restati soddisfatti di questa opinione, hanno detto, che non essendo il corpo colorato immediatamente applicato all'organo della vista per produrre la sensazione del colore, e che niun corpo potendo agire sopra i nostri sensi senza il contatto immediato, bisognava dunque che i corpi colorati non contribuissero alla sensazione del colore, che per l'interposizione di qualche mezzo; il quale venendo posto in moto dalla loro azione, trasmetteva quest'azione sino all'organo della vista. Essi hanno aggiunto, che poichè i corpi non affettano affatto l'organo della vista nell'oscurità, bisogna che il sentimento del colore sia solamente cagionato dall'impressione della luce che mette l'organo in moto; e che i corpi colorati non debbano essere considerati, se non che come corpi i quali riflettono la luce con alcune modificazioni; che la differenza de' colori derivi dalla diversa tessitura delle parti de' corpi, che gli rende pro-

propri a dare tale o tal'altra modificazione alla luce, come ancora dalla differenza del moto delle particelle stesse della luce.

1372 *Newton* è quello al quale dobbiamo soprattutto la vera teoria de' colori, quella ch'è fondata sulle sperienze sicure, e che dà la spiega di tutti i fenomeni. Ecco in che consiste questa teoria.

Teoria de' colori.

1373 La sperienza fa giudicare che i raggi della luce sono composti di particelle le cui masse sono tra loro differenti: almeno alcune di queste particelle hanno, come non se ne potrebbe dubitare, più grossezza e più forza delle altre, e perciò sono più capaci di conservare la loro velocità, e d'essere in conseguenza meno deviate dalla loro direzione naturale; poichè quando si riceve in una camera oscura un raggio di luce S (fig. 234) su di un corpo refrangente D, questo raggio non si rifrange affatto intieramente in un punto M, ma si divide e si spande, per così dire, in molti altri raggi, de' quali alcuni sono rifratti sino in M, e gli altri da M sino in N: di modo che le particelle che hanno meno forza, sono quelle che l'azione del corpo refrangente D devia le più dal loro cammino rettilineo o I per andare verso M; e che le altre, a misura che

che esse hanno più forza, si deviano meno, e passano più prossime ad N, allontanandosi meno dalla loro direzione naturale o I.

1374 Di più, i raggi della luce che differiscono i più in refrangibilità gli uni dagli altri, sono anche quelli che differiscono più nel colore: questa è una verità riconosciuta per molte sperienze. Le particelle le più rifratte, per esempio, sono quelle, che formano i raggi violetti, e ciò, secondo ogni apparenza, a cagione che queste particelle avendo la menoma forza, sono anche quelle che feriscono meno l'organo della vista, e vi eccitano le minori vibrazioni, e ci affettano, per conseguenza, della sensazione del colore il meno forte ed il meno vivo, com'è il violetto. Al contrario le particelle che si rifrangono le meno, costituiscono i raggi del color rosso, perchè queste particelle avendo la maggior forza, percuotono l'organo con più d'energia, eccitano le vibrazioni le più sensibili, e ci affettano della sensazione del colore il più vivo, com'è il rosso.

1375 Le altre particelle essendo nella stessa guisa separate, ed agendo in proporzione delle loro forze rispettive, produrranno per le differenti vibrazioni che ecciteranno, le differenti sensazioni de' colori intermedj, nella stessa guisa che le particelle dell'aria eccitano, secondo le loro differenti vibrazio-

ni

ni rispettive, le differenti sensazioni de' suoni. (1024)

1376 I colori de' raggi così separati, non debbono esser considerati come semplici modificazioni accidentali di queste parti de' raggi, ma come delle proprietà che loro sono necessariamente annesse, e che consistono secondo tutte le apparenze nella massa, nella grandezza, e per conseguenza, nella forza delle loro particelle. Esse debbono dunque essere immutabili ed inseparabili da questi raggi; cioè a dire, che questi colori non potrebbero alterarsi per qualunque rifrazione o riflessione. Or questo appunto è quello che la sperienza ci conferma in una maniera sensibile; poichè qualunque sforzo siasi fatto per separare con nuove rifrazioni un raggio colorato ed omogeneo qualunque, dato dal prisma, non vi si è potuto affatto riuscire.

1377 E' vero che alcune volte si eseguono delle decomposizioni apparenti de' colori; ma questi non sono che colori che si sono formati riunendo de' raggi di differenti colori; ed in un tal caso non deve recar meraviglia che la rifrazione faccia ritrovare i raggi, che si erano impiegati per formare questo colore.

1378 Può dunque dirsi che vi sono due sorte di colori; gli uni primitivi, omogenei e semplici, prodotti dalla luce omogenea, o da' raggi che hanno lo stesso grado di rifran-

gibilità, e che sono composti di parti della stessa massa, e della stessa forza; tali sono il rosso, il rancio, il giallo, il verde, l'azzurro, l'indaco, il violetto, e tutte le loro gradazioni; gli altri, secondarj, eterogenei, composti da' primi, o dal miscuglio di raggi di differenti refrangibilità.

1379 Si possono produrre, per via di composizione, de' colori secondarj simili a' colori primitivi in quanto alla forza o alla gradazione del colore, ma non già per rapporto alla permanenza o all'immutabilità. Si forma in questo modo del rancio col rosso e col giallo, del verde col giallo e col blu, dell'indaco coll'azzurro e col violetto, e generalmente con due colori che non sieno l'uno lontano dall'altro. Ma quanto più composto è un colore, tanto è meno vivo e perfetto; e componendolo sempre più, si perviene ad estinguerlo intieramente.

1780 Per mezzo della composizione si può pervenire anche alla formazione de' colori, che non si assomigliano ad alcuno di quelli della luce omogenea. Ma l'effetto il più singolare che può dare la luce co' colori primitivi, si è di produrre il bianco o il brillante della luce solare; il qual si forma impiegando, ad un certo grado, i raggi di tutti i colori primitivi. Da ciò deriva che il colore ordinario della luce è il bianco, a cagione ch'essa non è altro che l'unione de' raggi.

raggi di tutti i colori mescolati e fusi insieme.

1381 I raggi del sole, attraversando un prisma triangolare D (fig. 234), danno sulla muraglia opposta un'immagine di differenti colori MN; che sono il rosso, il rancio, il giallo, il verde, l'azzurro, l'indaco ed il violetto. La ragione si è, che i raggi differentemente colorati sono separati gli uni dagli altri per la rifrazione. (1373)

1382 L'immagine colorata non è rotonda, ma allungata ed arrotondata ne' due estremi, uguagliando la sua lunghezza sei volte la sua larghezza, quando l'angolo del prisma è di circa 60 in 65 gradi. La ragione si è che quest'immagine è formata da tutte le immagini circolari, che dà ciascuna specie differente di raggi, e che le une anticipano sulle altre, secondo la forza della rifrangibilità di questi raggi.

1383 I raggi che danno il giallo sono più deviati dal loro cammino rettilineo di quelli che danno il rosso; quelli che danno il verde più di quelli, che danno il giallo, e così di seguito sino a quelli, che danno il violetto, che sono i più deviati di tutti.

1384 In conseguenza di questo principio, se si fa girare intorno al suo asse il prisma sul quale cadono i raggi solari, in maniera che il rosso, il rancio, il giallo, ec. cadano successivamente su di un'altro prisma fisso, situato ad una certa distanza dal pri-

mo, come per esempio 4 metri (circa 12 piedi); e che i raggi di questi differenti colori sieno prima passati, l'uno dopo dell'altro, per un'apertura situata tra i due prismi: i raggi rifratti che somministrano questi differenti raggi, non si proietteranno tutti nello stesso luogo, ma gli uni al di sopra degli altri, se l'angolo refrangente è in basso; perchè essendo più rifrangibili gli uni degli altri, essi sono più rotti dal secondo prisma, come lo sono stati dal primo.

1385 Questa sperienza semplice, è niente di meno decisiva, ed è quella per la quale *Newton* tolse tutte le difficoltà, nelle quali le prime l'avevan gettate, e che l'ha intieramente convinto della corrispondenza che v'è tra 'l colore e la rifrangibilità de' raggi della luce.

1386 I colori de' raggi separati dal prisma, non potrebbero cangiar di natura, nè distruggersi; quantunque questi raggi passino per un mezzo illuminato, e s'interseghino gli uni cogli altri (1306) e si trovino vicini ad un'ombra densa, e sieno riflessi o rifratti in una maniera qualunque; donde si vede che i colori non sono affatto modificazioni dovute alla rifrazione o alla riflessione; ma proprietà immutabili ed inerenti alla natura de' raggi.

1387 Se per mezzo di un vetro lenticolare, o di uno specchio concavo, si riuni-

scono tutti i differenti raggi colorati che dà il prisma, si forma il bianco. Pure questi stessi raggi che riuniti tutti han formato il bianco, danno dopo il punto della loro riunione, cioè a dire al di là del punto ove s'intersecano, gli stessi colori di quelli che essi davano uscendo dal prisma, ma in un'ordine rovesciato, a cagione dell'interseguimento de' raggi. La ragione è chiara; poichè il raggio essendo bianco prima di esser diviso dal prisma, deve continuarlo ad essere per la riunione delle sue parti, che la differenza della rifrangibilità aveva allontanate le une dalle altre; e questa riunione non può in alcun modo, tendere a distruggere o ad alterare la natura de' colori; essi debbono dunque ricomparire dopo il punto dell'interseguimento.

1388 Similmente se si mescolano in una certa proporzione il color rosso col rancio, col giallo, col verde, coll'azzurro, coll'indaco, col violetto, si formerà un colore composto, il quale sarà biancastro, (cioè a dire presso a poco simile a quello che si forma mescolando un poco di nero col bianco), e che sarebbe intieramente bianco, se non si perdessero o non si assorbissero alcune porzioni di questi colori.

1389 Si forma pure un color quasi bianco, tingendo un tondo di cartone di questi differenti colori, e facendolo girare rapidamente.

mente, affinchè non si possa distinguere alcuno de' colori in particolare.

1390 Se ad un raggio solare diviso dal prisma (1381), e che forma allora un'immagine colorata allungata (1382), si presenta un vetro doppio tinto di uno de' colori primitivi, ed un poco cupo, per esempio, un vetro rosso, non passerà attraverso di questo vetro che il color rosso, il quale formerà un'immagine rotonda.

1391 Se si applichino l'uno sull'altro due vetri doppj e colorati l'uno in rosso e l'altro in verde, essi produrranno un'opacità perfetta, sebbene ciascuno di essi preso separatamente sia trasparente; perchè l'un di essi, non lasciando passare che i raggi rossi, e l'altro i verdi, non ne può veruno giugnere all'occhio, quando questi due vetri sono riuniti; poichè il primo non lasciando passare, per esempio, che i rossi, il secondo non ne riceve affatto de' verdi, che sono i soli che esso possa trasmettere.

1392 Se si fanno cadere obliquamente i raggi del Sole sulla superficie interiore di un prisma, i raggi violetti si rifletteranno, ed i rossi ec. saranno trasmessi: se si accresce l'obliquità d'incidenza gli azzurri saranno anch'essi riflessi, e gli altri trasmessi; il che deriva da ciò che i raggi che hanno più rifrangibilità sono anche quelli che si riflettono più facilmente.

1393 Se due prismi sono in modo situati che il rosso di una delle immagini, ed il giallo dell'altra cadano sulla stessa parte di un piano, l'immagine comparirà ranciata: se si fa cadere sullo stesso punto il giallo dell'una e l'azzurro dell'altra, l'immagine comparirà verde, ec. Ma se si riguardano queste immagini attraverso di un terzo prisma, la rifrazione ne separerà in parte i colori; in maniera che la prima sarà rossa in un'estremità, gialla all'altra, e ranciata in mezzo: la seconda sarà gialla in un'estremo, azzurro all'altra e verde in mezzo; il che deriva da che i due colori, de' quali ciascun'immagine è composta, hanno differenti gradi di refrangibilità (1377).

1394 Tutti i corpi, ma principalmente i bianchi, riguardati attraverso di un prisma, compariscono come contornati parallelamente alla lunghezza del prisma da un lato di rosso e di giallo, e dall'altro d'azzurro e di violetto. Questi contorni sono le estremità di altrettante immagini dell'oggetto, quanti sono i differenti colori della luce, e che non cadono tutte nel medesimo luogo a cagione de' differenti gradi di refrangibilità de' raggi.

1395 Quando i raggi i quali attraversano una lente convessa (1319 e 1329) sono ricevuti su di un piano prima che si riuniscano nel fuoco, i contorni della luce compariscono rossastri; ma se si ricevono questi

raggi dopo la loro riunione, i contorni compariscono azzurricci; poichè i raggi rossi essendo meno rifratti (1383) debbono riunirsi più lontano, e per conseguenza essere più vicino a' lembi, quando si situa il piano prima del fuoco; mentre che dopo del fuoco, i raggi azzurri sono al contrario quelli che si riuniscono i primi, e che perciò debbono rinchiudere gli altri, ed essere verso gli orli (1425).

1396 L'estensione proporzionale de' sette intervalli che contengono i sette colori dell'immagine (1381), corrisponde presso a poco all'estensione proporzionale de' sette tuoni della musica: questo è un fenomeno singolare; ma bisogna star ben avvertito di non concluderne che vi sia qualche analogia tra le sensazioni de' colori e quelle de' tuoni. Poichè non solamente questa proporzione non è esatta, ma di più è essa differente, secondo le differenze che si trovano nella natura e nella densità de' vetri, da' quali son fatti i prismi.

Questa teoria di *Newton* su i colori è fondata su di una bella serie di sperienze ch'egli ha fatte, delle quali eccone le principali.

Espe-

Esperienze sulle quali è fondata la Teoria de' colori.

1397 Se, per mezzo di un tubo T (fig. 234) Fig. 234. situato all' imposta di una finestra, si fa entrare in una camera oscura un raggio solare SI, questo va a formare sul muro opposto, o su di un piano bianco che gli si presenta un' immagine circolare I semplicemente luminosa, e che è dello stesso colore della luce solare.

1398 Ma se a questo stesso raggio solare si presenta l'angolo D di un prisma, all'istante esso si rileva in una situazione presso a poco orizzontale PM, colle seguenti circostanze. 1. Questo raggio, comparisce dilatato in forma di ventaglio (1373), e forma sul piano KL un' immagine lunga MN, rotondata nelle estremità (1382), e che ha i lati sensibilmente rettilinei.

1399 2. La larghezza di quest' immagine pareggia il diametro del cerchio luminoso che il raggio solare segnerebbe in I, senza l' incontro del prisma (1397); dal che se ne deve conchiudere, che il raggio non è dilatato che per un verso (1373).

1400 3. Questa luce rifratta comparisce dietro del prisma sino al piano KL, per strisce diversamente colorate (1374); e l'immagine MN, che n' è formata, porta gli
stes-

stessi colori nell'ordine seguente, da basso in alto, rosso, rancio, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto (1378 e 1381).

1401. Questo deve far pensare che la luce è un fluido composto di parti essenzialmente differenti: 1. pel grado di refrangibilità; 2. per la proprietà d'eccitare in noi la sensazione de' differenti colori. Questa stessa conseguenza ne ha anche tirata il *Newton*.

1402. Da queste due differenze debbono risaltarne gli effetti de' quali noi abbiám parlato; 1. un'immagine più lunga che larga (1382 e 1399), perchè il raggio non è dilatato che per un solo verso.

1403. 2. Un'immagine rotondata agli estremi (1382), il che deriva dall'essere essa formata da un numero indefinito d'immagini circolari (1390), le quali anticipano le une sulle altre (1382), ed il gran numero delle quali fa sì che i lati sono sensibilmente rettilinei.

1404. 3. Che i colori che si osservano nell'immagine MN, risiedono veramente nella luce; poichè si vedono per strisce, dal prisma sino al piano KL.

1405. 4. Che i raggi una volta decomposti, compariscono ciascuno col suo color proprio, del quale si tingono gli oggetti che essi ne illuminano.

1406. Vi sono dunque nella luce sette specie di raggi (1378) capaci di farci sentire al-

altrettanti colori, senza tener conto di quelli che somministrano tutte le gradazioni intermedie, e che sono di un numero indefinito.

1407. È facile l'assicurarsi che queste apparenze non sono affatto modificazioni accidentali, ma proprietà inerenti e costanti nella luce (1376). Che al raggio di già rifratto, come noi l'abbiam detto (1398), si presenti un'altro prisma AB (*fig. 235*), ma *Fig. 235.* situato in senso contrario al primo; cioè a dire che il suo asse faccia angola retto coll'asse del primo. Se tutti questi effetti non fossero cagionati che da una modificazione della luce prodotta dal prisma, il secondo dovrebbe fare in larghezza quello che il primo ha fatto in lunghezza; donde dovrebbe risaltarne un'immagine quadrata $MmNn$; ma ciò affatto non succede. L'immagine non è che inclinata come MN; ed essa resta costantemente della stessa larghezza, ed i colori sono sempre gli stessi, e similmente situati gli uni per rispetto degli altri. L'inclinazione dell'immagine, ch'è il solo cambiamento che abbia luogo in un tal caso, deriva da che i raggi che sono stati i più refratti dal primo prisma, lo sono anche più dal secondo AB. Questi raggi conservano dunque costantemente il loro grado di refrangibilità, come pure i loro colori propri, i quali sono inalterabili, ed appartengono in-

inseparabilmente a' raggi che gli portano:

1408 Si può procurare il piacere di vedere successivamente tutti i cerchi colorati da quali l'immagine è formata, presentando, al raggio refratto, de' vetri colorati degli stessi colori dell'immagine, molto doppj e cupi di colore (1390). Siccome ciascuno di questi vetri non dà il passaggio che a quella specie di luce il cui colore è analogo alla sua trasparenza, in luogo di un'immagine lunga si ha per ogni saggio che un'immagine rotonda, ma uniformemente colorata, il cui diametro pareggia quello del cerchio luminoso che non avrebbe sofferta veruna rifrazione. Per avere un'immagine perfettamente rotonda, bisogna, prima di presentare il vetro colorato al raggio refratto, far girare il prisma sul suo asse, fin tanto che l'immagine cessi di abbassarsi per poi cominciare a salire.

1409 Siccome questi vetri colorati lasciano qualche volta passare colori diversi da quelli che loro sono analoghi, perchè hanno una doppiezza molto piccola, e che il loro colore è molto poco cupo, riuscirà più sicuro il vedere tutti i cerchi colorati facendo la sperienza che segue. Dopo di aver fatto rifrangere il raggio di luce per mezzo del prisma SVT (fig. 238), che si presentino al raggio refratto, a qualche distanza l'una dall'altra due tavole PQ, pq, che abbiano ciascuna un piccol foro X, x, e, dietro la se-

con-

conda tavola pq, un secondo prisma sut si è tuato nel verso stesso del primo. Se si fa girare il primo prisma SVT sul suo asse (1384), e che si facciano successivamente passare tutti i raggi rifratti pe' fori X ed x, e pel prisma sut, si vedranno altrettante immagini rotonde, ciascuna del colore del raggio che l'ha prodotta; e ricevendole su di un cartone Yy, si osserverà che la gialla va a situarsi più in alto della rossa; che la verde si situa più alto della gialla; e così delle altre sino alla violetta, che si situa più in alto di tutte (1383); perchè questi colori sono più refratti dal secondo prisma nello stesso rapporto nel quale sono stati più rifratti dal primo.

1410. Se, al raggio di già refratto PMN (fig. 234), si presentino differenti specchi, Fig. 234. questi non cambieranno per niente nè i colori, nè le rispettive posizioni (1376 e 1386): lo specchio piano gli riflette tali quali sono; lo specchio convesso indebolisce l'intensità de' colori, amplificando l'immagine; lo specchio concavo restringe l'immagine sino al suo fuoco, dopo del quale esso la rovescia e l'ingrandisce, diminuendone lo splendore; lo specchio cilindrico dà all'immagine l'apparenza di un'arcobaleno. Ma in tutti questi cambiamenti, i colori si conservano gli stessi, e tengon sempre le loro posizioni rispettive. Dunque i raggi di luce

Tom. V.

B

hau-

hanno de' gradi di rifrangibilità, e de' colori inalterabili.

1411. *Newton* ha anche osservato che i raggi i più rifrangibili sono eziandio i più riflessibili; cioè a dire che essi si riflettono più presto (1392). In fatti se si riceve un raggio di luce sopra di uno de' piccoli lati *KI* Fig. 239. (fig. 239) di un prisma rettangolare *LKI*, e che questo raggio faccia colla base *LI* del prisma un'angolo poco meno di 50 gradi, una parte di questo raggio non si rifrange sensibilmente, che uscendo in *M*, e va a formare un'immagine colorata sul cartone *NN*; poichè nella sua entrata pel lato *KI*, non v'ha quasi obbliquità d'incidenza (1280): l'altra parte del raggio si riflette in linea retta verso *O* (1236), dove si pone un'altro prisma *TXV*, il cui angolo refrangente a *X* deve almeno essere di 55 gradi, e questa porzione di luce, rifrangendosi in questo prisma, va a formare una seconda immagine colorata sul cartone *PP*. Se si fa girare il primo prisma *LKI* sul suo asse (1392) in maniera che il raggio incidente *IM* faccia colla sua base *LI* un'angolo di circa 45 gradi, la luce della prima immagine *QRS* comincia a riflettersi verso l'altro prisma; ma i raggi violetti e gli azzurri *Q* spariscono i primi, e vanno dopo di aver passato il secondo prisma, ad accrescere lo splendore di questi stessi colori *q* nella seconda immagine

gine *qrs*; in seguito spariscono ugualmente dalla prima immagine *QRS*, i verdi, i gialli, i ranciati, e finalmente i rossi che sono gli ultimi a riflettersi.

1412. Tutti i raggi non sono dunque ugualmente riflessibili, e perchè i violetti e gli azzurri che sono i più rifrangibili (1374), sono anche i più riflessibili (1411); dunque la luce è composta di parti eterogenee, delle quali le più rifrangibili sono anche le più riflessibili.

1413. Se i gradi di rifrangibilità e di riflessibilità per ciascun colore sono inalterabili, i colori di ciascun raggio sono del pari invariabili (1376). Per restarne convinti bisogna sottoporre alle seguenti prove un raggio molto omogeneo: e per procurarselo bisogna scegliere il rosso o il violetto che sono quelli che occupano le due estremità dell'immagine; poichè quest'immagine *EF* (fig. Fig. 240. 240) risulta da una serie di cerchi di diversi colori che anticipano gli uni sugli altri (1403): non v'ha dunque che le due estremità, che possano somministrare un color puro. Supponiamo dunque che si scelga il raggio rosso.

1414. 1. Si faccia passare questo raggio per l'angolo di un prisma. L'immagine di questo raggio rifratto dal prisma resta rotonda e di un colore uniforme; poichè tutti i fili che la formano sono ugualmente rifrangibili, essendo dello stesso colore. Non

sarebbe lo stesso se questo fosse un raggio solare (1398 e segg.).

1415. 2. Si faccia passare questo raggio per una lente di 7 in 8 pollici (19 o 20 centimetri) di fuoco; questo raggio forma nel fuoco due coni opposti pel loro vertice, ma che sono dello stesso colore per tutta la loro estensione. Dunque la condensazione e la dilatazione non alterano niente il colore.

1416. 3. Si presenti a questo raggio un vetro doppio di un' altro colore. O questo non lascia passar niente, o se ne trasmette una porzione, quella che lo attraversa resta rossa. Dunque il colore non è affatto modificato dal vetro (1376).

1417. 4. Questo raggio si faccia riflettere da specchi di differenti forme. Questi specchi al più al più non faranno altro che ingrandire o restringere questa luce senza cambiar affatto il suo colore (1410). Dunque questo colore è naturale alla luce.

1418. 5. Si faccia cadere questo raggio su di corpi differentemente colorati. Questo raggio tinge del suo proprio colore tutte le superficie che illumina, qualunque sia la loro natura. Dunque i colori appartengono alla luce, e sono inalterabili ad ogni prova (1404 e 1405).

1419. *Newton* per provare tutti i colori l'uno dopo dell'altro, si è regolato nel seguente modo. Egli ha ricevuto il raggio del-

della luce solare su di una lente *AB* (fig. 241) *Fig. 241.* situata a 3 o 4 metri (circa 10 o 12 piedi) di distanza dal foro della finestra pel quale entrava il raggio. Dietro questa lente, in luogo di un cerchio luminoso *abcd*, si forma un cono il cui vertice è in *g*. Ma situando immediatamente dietro a questa lente un prisma *CD*, la luce è rifratta in *ef* in altrettanti coni, quante sono le diverse specie de' colori della luce; il che dà un'immagine *ef* lunga e stretta, nella quale i colori sono molto più distinti che all'ordinario. Poichè nell'immagine stretta *ef* (fig. 240) *Fig. 240.* i centri de' cerchi colorati sono tanto distanti gli uni dagli altri, quanto lo sono nell'immagine larga *E F*; e siccome essi hanno un diametro molto minore, essi anticipano anche molto meno gli uni sugli altri; dal che ne segue che i colori ivi sono molto poco fra loro mescolati, e molto più distinti. Di questi raggi così separati si è servito il *Newton* per saggiarli tutti l'uno dopo l'altro.

Per rendere l'immagine più larga si fa passare il getto della luce per un'apertura stretta e lunga, la cui lunghezza è parallela a quella del prisma. Ma bisogna che quest'apertura non abbia che 2 millimetri (circa 1 linea) di larghezza, che la lente abbia un fuoco di circa tre metri (9 piedi 3 pollici); ch'essa sia situata a circa 4 metri (12 piedi 4 pollici) dal foro della finestra;

B 4 che

che l'angolo del prisma sia almeno di 60 gradi. Allora la piccola immagine è circa 70 volte più lunga che larga, e ciascuna specie di luce è nella stessa proporzione più semplice.

1420. Per riuscir felicemente in questa esperienza, bisogna che la camera sia ben oscura; che il prisma e la lente sieno ben lavorati, di un vetro omogeneo e pulito, senza fili o tortiglioni, e coprire con della carta nera collata tutte le parti inutili all'esperienza, affinchè qualche porzione del getto di luce rifratta o riflessa non alteri affatto gli effetti.

1421. Poichè il miscuglio del rosso e del giallo produce il ranciato (1379), e che il ranciato nell'immagine colorata, chiamato *spettro solare*, si trova situato tra 'l rosso ed il giallo; poichè il miscuglio del giallo e dell'azzurro produce il verde, e che il verde si trova nello spettro solare tra 'l giallo e l'azzurro; finalmente poichè il miscuglio dell'azzurro e del violetto produce l'indaco, e che quest'ultimo colore si trova nello spettro tra l'azzurro ed il violetto, si potrebbe supporre che il ranciato, il verde e l'indaco non sono colori primitivi, e ch'essi sono prodotti dal miscuglio di quelli che loro si avvicinano dall'una e dall'altra parte. Ma *Newton* si è assicurato che questi tre colori sono primitivi come gli altri quattro per la esperienza che segue.

1422.

1422. Per mezzo de' due tubi, o portaluca TT (*fig. 236*) si fanno entrare in una camera oscura due getti di luce, ciascuno di circa 3 linee (7 millimetri) di diametro; a 10 o 12 piedi (3 o 4 metri) più in là se ne riceve ciascuno sopra di una lente L, L, dietro alla quale si presentano due prismi G, g, situati in senso contrario l'uno all'altro, cioè a dire co' loro angoli refringenti al di fuori; e poco più discosto vi si situa una tavola AB che abbia due fori C e D ciascuno di 3 linee (7 millimetri) di diametro, ed a circa 8 pollici (22 centimetri) l'uno dall'altro. Girando un poco i prismi G, g, e cambiando le posizioni rispettive della tavola AB, e del cartone EE, si fa coincidere (1393), 1. il rosso di una delle immagini colorate, e l'azzurro dell'altra; 2. il giallo dell'una, e l'azzurro dell'altra; 3. l'azzurro dell'una e l'violetto dell'altra; lo che dà, 1. un'immagine ranciata F; 2. un'immagine verde; 3. un'immagine indaco. In seguito si procurino de'simili colori colle luci semplici ed omogenee, turando uno de' fori C o D, e facendo passare successivamente sul cartone EE delle porzioni di luce ranciata, verde ed indaco dell'uno de' due spettri; e si riguardino l'una dopo l'altra tutte queste immagini attraverso di un altro prisma H. Ciascuna delle immagini prodotte dalla luce che viene da un sol prisma

B 4

re-

resta rotonda e di un colore uniforme in tutta la sua estensione, sia che si guardi attraverso del prisma H, sia alla semplice vista; e le immagini composte de' colori, venendo tutt'insieme da' due prismi, e che alla veduta semplice, sembrano di un colore uniforme, divengono ovali allorchè si riguardano pel prisma, e si vede l'uno de' colori terminare l'altro (1377). Si ha dunque ragione di riguardare come colori primitivi o semplici il ranciato, il verde, e l'indaco di ciascuno spettro solare prodotto da un solo prisma (1378).

Fig. 237. 1423. Noi abbiamo detto quassù (1380) che il miscuglio di tutti i colori primitivi, impedisce che ciascun di essi sia apparente, e produce il bianco o il brillante della luce solare: eccone la prova. Si riceve sopra di una lente IK (fig. 237) di circa 2 decimetri (7 in 8 pollici) di fuoco, un getto di luce rifratto da un prisma; questo getto di luce, passando per la lente, prende la forma di due coni opposti al fuoco pe' loro apici, i quali portano tutti i colori primitivi nella loro lunghezza, con questa sola differenza, che l'immagine resta dritta dalla lente sino al suo fuoco, e che al di là del fuoco essa si rovescia. Se si situa un cartone bianco perpendicolarmente all'asse dei coni e precisamente nel fuoco L della lente, vi ci si vede un piccol cerchio brillan-

te,

te, e senza colore, prodotto dalla giusta proporzione del miscuglio di tutti i colori (1387): condizione assolutamente essenziale; poichè se s'intercetta con una carta o in altro modo una parte de' raggi colorati, questa soppressione cagiona sul cerchio brillante L una tinta sensibilissima. Il bianco o la luce senza colore, tal quale ci viene dal sole, è dunque quella che contiene per un miscuglio perfetto tutti i colori semplici (1388 e 1389), e l'nero perfetto non è che una privazione di ogni luce semplice o composta.

1424. Poichè i raggi che portano i colori differenti, hanno differenti gradi di rifrangibilità (1374) ne segue che la stessa lente, qualunque ne sia la sua curvatura, non può affatto riunire tutti i raggi nel suo fuoco; poichè essa non riunisce questi raggi che per mezzo della rifrazione (1355): vi sono dunque tanti fuochi gli uni appresso agli altri, per quante sono le specie de' raggi differentemente rifrangibili, e questo è quello che si chiama *aberrazione di rifrangibilità*. Newton ha trovato che la distanza del primo di questi fuochi dall'ultimo era molto considerabile, per cagionare un difetto sensibile in pratica: e l'hò trovato, io dico, colla seguente sperienza.

1425. Egli prese un quadrato di cartone DE (fig. 242) del quale una metà FDG Fig. 242.

era

era dipinta in azzurro, e l'altra metà FGE era dipinta in rosso: r avvolse più volte intorno a questo cartone un filo delicato di seta estremamente nera. Applicò questo cartone così colorito e avvolto ed involuppato di fili neri, in faccia ad un muro perpendicolarmente all'orizzonte, in maniera che l'uno de' colori fosse a dritta e l'altro a sinistra, poi situò vicinissimo al cartone, ne' confini de' colori, e verso basso, una grossa candela accesa per illuminarlo bene; (poichè questa sperienza deve esser fatta in un luogo oscuro). Dopo di che alla distanza di circa 6 piedi (2 metri) dal cartone, esso innalzò una lente di vetro MN di $4\frac{1}{2}$ pollici (115 millimetri) di diametro, e di circa 3 piedi (1 metro) di fuoco, per mezzo della quale esso riunì i raggi che venivano da' differenti punti del cartone, gli fece convergere verso altrettanti punti alla stessa distanza di circa 6 piedi, (2 metri) dall'altro lato della lente, e dipingere così l'immagine del cartone colorito su di una carta bianca HI situata in questo luogo perpendicolarmente all'orizzonte ed a' raggi che vi cadevano sopra venendo dalla lente. Alla distanza HI dalla lente, l'immagine della metà rossa FGE del cartone compariva distintissimamente, poichè le linee nere v'erano ben terminate; al contrario la metà azzurra FDG vi compariva sì con-

confusa; che si potevano appena vedere le linee nere tirate su di questa metà. Per vedere distintamente questa metà azzurra, bisognava portar la carta in *hi* di un pollice e mezzo (40 millimetri) più prossima alla lente MN: ivi, la metà azzurra FDG compariva distintissima, e le linee nere ben terminate; ma la metà rossa FGE vi compariva confusissima, e le linee nere vi erano appena visibili (1395). Si vede che su di uno spazio così piccolo, la differenza di un pollice e mezzo (40 millimetri) non lascia d'esser considerabile.

1426. Io ho trovata questa differenza molto più grande in una sperienza analoga a questa, fatta in grande colla lente a spirito di vino del Sig. *Trudaine* (Vedete le *Mémoires de l'Académie* année 1794 pag. 67). I raggi rossi si riuniscono a 3 metri 354, 44 (10 piedi 3 pollici $11\frac{1}{2}$ linee) dal centro della lente; e gli azzurri a 3 metri 135, 70 (9 piedi 7 pollici $10\frac{1}{2}$ linee: la differenza è 218, 74 (8 pollici 1 linea) su 3 metri 354, 49 (10 piedi 3 pollici $11\frac{1}{2}$ linee); e per conseguenza molto più grande di quella di 41 millimetri ($1\frac{1}{2}$ pollice) su 2 metri (6 piedi). I raggi violetti si riuniscono a 3 metri 95, 10 (9 piedi 6 pollici $4\frac{1}{2}$ linee) dal centro della lente: la differenza era dunque di 259, 34 (9 pollici 7 linee).
L'og-

L'oggettiva di un cannocchiale non può dunque riunire nel luogo medesimo, che una parte della luce, a meno che l'oggetto non sia di uno de' colori primitivi.

Se de' raggi paralleli d'ogni specie vengono da un punto luminoso nell'asse di una lente di vetro, il fuoco de' più rifrangibili è più prossimo di quello de' meno rifrangibili per circa la $27\frac{1}{2}$ parte della distanza del fuoco dalla lente. Se la lente fosse di spirito di vino, lo sarebbe per circa la quattordicesima parte.

Se il punto luminoso è, da un lato, tanto vicino alla lente di vetro, quanto l'è, dall'altro lato il punto ove i raggi si riuniscono, il fuoco de' più rifrangibili è più vicino di quello de' meno rifrangibili di più che la quattordicesima parte della distanza.

Il più piccolo spazio circolare ove il vetro di un telescopio possa riunire ogni sorta di raggi paralleli, è la 35^a parte del diametro dell'apertura di questo vetro. Se questa fosse una lente di spirito di vino, lo sarebbe circa la 38^a parte.

1427. Quest'abberrazione di rifrangibilità è quella che ha fatto abbandonare a *Newton* il progetto di perfezionare i telescopj diottrici, e che l'ha impegnato a fare un telescopio catadiottrico del quale noi qui appresso parleremo (1627). L'abberrazione di sfericità è piccolissima in paragone;

ne; poichè secondo *Newton* (*Traité d'Optique* pag. 47.) l'abberrazione di sfericità è all'abberrazione di rifrangibilità come 1 a 5449.

1428. Poichè per la rifrazione della luce in una lente, vi sono tanti fuochi l'uno dopo l'altro, quante sono le specie de' raggi differentemente rifrangibili (1424), non si può dunque determinare il fuoco di una lente che per una specie di raggi per volta. Ma siccome il più luminoso tra i colori è il giallo, perciò bisogna principalmente determinare il fuoco di questa specie di luce, e di questo servirsi; per mezzo della rifrazione di questi raggi bisogna misurare il potere rifrattivo del vetro o del cristallo per gli usi d'Optica. Il seno dell'angolo d'incidenza de' raggi rossi è, secondo *Newton* (*Traité d'Optique* pag. 6.) al seno del loro angolo di rifrazione nell'acqua come 4 a 3, e nel vetro come 17 ad 11. Si vede bene che il seno dell'angolo di rifrazione de' raggi gialli è un poco più piccolo, poichè essi sono più rifrangibili de' rossi (1383).

1429. Da quello che noi abbiamo detto su de' colori, se ne deve conchiudere che essi sono proprietà della luce, alla quale appartengono (1407 e 1418); ch'essi vi risiedono al numero di sette ben distinti, con un numero indefinito di gradazioni intermedie (1378); che, dalle differenti combinazioni di queste sette specie, e delle loro gra-

dazioni; si formano tutti gli altri colori; che il loro miscuglio ben proporzionato impedisce che ciascuno di essi sia apparente, e forma il bianco, o il brillante della luce solare (1380); e che la loro privazione totale forma il nero perfetto.

1430. E' facile il persuadersi che tutti i colori, e le loro gradazioni, che noi vediamo nella Natura, risultano dalle combinazioni di queste sette specie. Poichè questi sette colori possono combinarsi in 119 maniere; 2 a 2 essi somministrano 21 combinazioni; 3 a 3 ne somministrano 35; 4 a 4, 35; 5 a 5, 21; e 6 a 6, 7 combinazioni: senza contarvi le differenti proporzioni o quantità di ciascuna che danno delle gradazioni all'infinito.

R 1431. Per mezzo di questi principj, si può dar ragione di tutti i fenomeni che han rapporto a' colori.

1432. Se si riguarda attraverso di un prisma un oggetto un poco grande, soprattutto s'è bianco: quest'oggetto non è colorato che ne' due lembi che sono paralleli alla lunghezza del prisma: questi due lembi opposti sono colorati differentemente, l'uno in rosso, ranciato e giallo; e l'altro in azzurro, indaco, e violetto. Questi colori sono le estremità di altrettante immagini dell'oggetto, quanti sono i raggi differentemente rifrangibili della luce (1394). Sia ABCD

(fig.

(fig. 243.) un parallelogrammo di cartone Fig. 243. bianco; che si riguardi attraverso di un prisma HIK: i raggi CE, DE, partendo dalle sue estremità C e D, andrebbero, senza l'interposizione del prisma HIK, a riunirsi in E; ma per mezzo del prisma, questi raggi si rifrangono, e non tutti egualmente (1373): i rossi vanno a riunirsi in G; i violetti in F; e gli intermedi tra questi due punti G ed F in altrettanti punti, quanti sono i raggi differentemente rifrangibili. L'occhio posto in maniera da ricevere tutti questi raggi, vede dunque nella direzione de' raggi rifratti, l'immagine aosp accresciuta in altezza della quantità bo ch'è quella della quale i raggi s'allontanano per la rifrazione. Quest'immagine è colorata ne' suoi due estremi; cioè in basso di rosso tra a e c; di ranciato tra c e d, e di giallo tra d ed e; ed in alto di azzurro tra l ed m; d'indaco tra m ed n, e di violetto tra n ed o. E' facile il vedere che, come noi abbiamo detto, questi colori sono le estremità di altrettante immagini dell'oggetto. Poichè ciascun colore occupa un'estensione simile a quella del cartone ABCD il quale riceve la luce del sole, poichè questa luce è composta di tutti i colori (1381): il rosso si estende dunque nell'immagine da a sino a b; il ranciato da c sino ad i; il giallo da d sino a k; il verde da e sino ad l; l'azzurro da

da f sino ad m ; l'indaco da g sino ad n ; il violetto da h sino ad o .

1433. Questo chiaramente spiega perchè non sono colorate che le sole due estremità dell'immagine, e perchè il mezzo resta bianco. E' chiaro da quello che abbiamo detto (1432) che i colori anticipano molto gli uni sugli altri, e che ve ne sono d'ogni specie nell'intervallo tra h e b ; perciò esso è perfettamente bianco: ne' piccoli intervalli tra e ed h , tra b ed l , ve ne mancano pochissimi; questi spazj restano ancora bianchi, ma di un bianco meno bello di quello di mezzo: non vi sono dunque che le due estremità, da a sino ad e , e da l sino ad o , ove i colori sono molto divisi per esser visibili; non sono contuttociò ugualmente brillanti che quelli dello spettro solare (fig. 234) formato da un piccol getto di luce del diametro di alcuni millimetri che attraversa un prisma; poichè in questo caso i colori anticipano molto meno gli uni sugli altri, e sono per conseguenza meno mescolati.

1434. Se l'oggetto che si riguarda attraverso del prisma, è piccolo ed è veduto un poco da lontano, esso è colorato in tutta la sua superficie. Ciò deriva da che quanto più piccolo è l'oggetto, tanto meno d'estensione occupa ciascun colore; mentre che la quantità, della quale i raggi sono l'uno dall'altro allontanati dalla rifrazione, è la stessa; nel

nel qual caso i colori anticipano meno gli uni sugli altri (1433), e sono per conseguenza meno mescolati e più apparenti.

1435. Di tutti i fenomeni che hanno rapporto a' colori, il più bello è senza dubbio l'arco celeste o l'iride; cioè a dire quella striscia semicircolare, ornata de' sette colori primitivi (1378), e posta nelle nubi, che si vede, quando tenendo il dorso rivolto al sole si riguarda una nube che si scioglie in pioggia, e ch'è illuminata da quest'astro, purchè però esso sia meno elevato che di 42 gradi sull'orizzonte (1456).

1436. Antonio de Dominis, mostra nel suo libro *de Radiis visus et lucis* impresso a Venezia nel 1611 che l'arco baleno è prodotto nelle gocce rotonde della pioggia per due rifrazioni della luce solare, ed una riflessione tra due. Ma Keplero aveva avuta prima di lui la stessa opinione, come si vede dalle lettere ch'egli scrive a Beranger nel 1605, e ad Harriot nel 1606. Ma siccome questi letterati non conoscevano affatto l'origine de' colori, la spiegazione ch'essi han data di questa meteora è difettosa per alcuni riguardi. A Newton dobbiamo una spiegazione esatta: egli l'ha resa luminosa applicandovi la sua scoperta della decomposizione della luce, e del grado di refrangibilità proprio a ciascuna specie di raggio.

1437. Si osservano ordinariamente due ar-

Tom. V,

C

chi

chi baleni, uno interiore, i cui colori sono vivi, ed uno esteriore, i cui colori sono più deboli. L'ordine di questi colori è il seguente; nell'arco interiore, andando da basso in alto, si vede prima il violetto, in seguito l'indaco, l'azzurro, il verde, il giallo, il ranciato, e l'rosso: nell'arco esteriore, i colori sono in un'ordine inverso; di modo che, andando anche da basso in alto, si vede prima il rosso, in seguito il ranciato, il giallo, il verde, l'azzurro, l'indaco, e l'violetto.

1438. Per ispiegare come ciò succede, supponiamo che i cerchi stD (fig. 244), e Gds e 245. (fig. 245) rappresentino due gocce di pioggia. Il tratto di luce solare Ss (fig. 244) venendo ad urtare obliquamente la goccia di pioggia in s , in luogo di continuare la sua direzione verso F , sarà rifratto avvicinandosi alla perpendicolare pC (1285), ed andrà ad urtare la concavità della goccia in t : la porzione di questa luce che non attraverserà affatto la goccia, sarà riflessa verso e , facendo il suo angolo di riflessione uguale a quello della sua incidenza (1218); ed in luogo di continuare il suo cammino in linea retta verso f , esso sarà rifratto una seconda volta, allontanandosi dalla perpendicolare pC , perchè passa obliquamente dall'acqua nell'aria.

1439. Ma siccome questo tratto di luce per

per sottile che sia, è un fascetto di raggi, gli uni più rifrangibili degli altri, il violetto che l'è più di tutti, si porterà verso il punto B , e l'rosso che l'è meno, si porterà verso O . Se dunque l'occhio dell'osservatore è posto in O , in modo che il getto di luce che viene ad urtarlo, dopo d'aver sofferta nella goccia della pioggia una riflessione e due rifrazioni, cioè una nell'entrare, e l'altra nell'uscire (1438); in modo, io dico, che questo raggio di luce eO faccia col raggio solare Ss un'angolo SFO di 42 gradi e 2 minuti, quest'occhio vedrà il rosso nella direzione Or . Se in seguito l'occhio s'innalzi sino a B per esempio, in maniera che il getto di luce eB che giugne fino a lui non faccia più col raggio solare Ss che un'angolo di 40 gradi e 17 minuti, egli vedrà nella sua elevazione successivamente tutti i colori primitivi; e percepirà finalmente il violetto nella direzione Bb . Lo stesso avverrebbe se l'occhio dell'osservatore, restando nel luogo di prima, cioè, in O , la goccia della pioggia discendesse da D in E ; e se si supponesse questo spazio pieno di una serie di gocce di pioggia, si vedrebbero a un tempo tutti i colori del prisma.

1440. Che s'immaginino al presente simili serie di gocce di pioggia situate nella circonferenza di un mezzo cerchio, il cui centro sia occupato dall'occhio dello spetta-

tore, si avrà una striscia semicircolare ornata de' sette colori primitivi (1378), e la cui larghezza sarà uguale allo spazio DE; cioè a dire ch'essa sarà proporzionale alla differenza che v'è tra i raggi i più rifrangibili, e quelli che lo sono meno.

Fig. 245. 1441. Per ispiegare adesso le apparenze dell'iride esteriore, supponiamo ancora che il tratto della luce solare Ss (fig. 245) venga ad urtare obliquamente in s la goccia di pioggia rappresentata dal cerchio Gds ; in luogo di continuare il suo cammino verso a , esso si rifrangerà avvicinandosi alla perpendicolare pC (1285) ed andrà ad urtare la concavità della goccia in d : la porzione di questa luce che non attraverserà affatto la goccia, sarà riflessa verso e , facendo il suo angolo di riflessione uguale a quello della sua incidenza; una parte di questa stessa porzione sarà ancora riflessa una seconda volta verso g , facendo sempre il suo angolo di riflessione uguale a quello della sua incidenza (1218); ed in seguito in luogo di continuare il suo cammino in linea retta verso h , esso si rifrangerà una seconda volta, allontanandosi dalla perpendicolare pC .

1442. Questo tratto di luce essendo, come nel caso precedente (1439) un'unione di raggi alcuni più refrangibili degli altri, il rosso che l'è il meno di tutti, si porterà verso il punto O , e l'violetto che l'è più, si porterà ver-

verso il punto B . Ora che l'occhio dell'osservatore si situa in O in maniera che il getto di luce, che viene a percuoterlo dopo di aver sofferto nella goccia di pioggia due riflessioni e due rifrazioni, cioè una nell'entrarvi, e l'altra nell'uscirne (1441); in modo, io dico, che questo getto di luce gO faccia col raggio solare Ss un'angolo ShO di 50 gradi e 57 minuti, quest'occhio vedrà il rosso nella direzione Or . Se in seguito l'occhio s'abbassa sino a B , per esempio in maniera che il getto di luce gB che gli perviene, faccia col raggio solare Ss un'angolo ShB di 54 gradi e 7 minuti, egli avrà successivamente veduti nel suo abbassamento tutti i colori prismatici, ed osserverà finalmente il violetto nella direzione Bb . Lo stesso succederebbe se l'occhio dell'osservatore, restando nel suo medesimo luogo, cioè in O , la goccia di acqua salisse da G in H , e se si supponesse questo spazio pieno di una serie di gocce di pioggia, l'occhio vedrebbe tutti ad un tratto i colori prismatici.

1443. Se voi immaginate adesso, come nel primo caso (1440), simili serie di gocce di pioggia poste nella circonferenza di un mezzo cerchio, del quale ne occupi il centro l'occhio dello spettatore, ciò vi darà una seconda striscia semicircolare ornata de' sette colori primitivi (1378), ma in un'ordine opposto a quello di prima.

1444. Quello che da noi non è stato finora che supposto, succede effettivamente. Quando una nuvola si scioglie in pioggia, se ne trovano delle gocce in tutti i luoghi convenevoli, allorchè i raggi emergenti facciano co' raggi incidenti quegli angoli che abbiamo detto esser necessarij per le apparenze dell'iride (1439 e 1442). Rendiamo questo sensibile con una figura. Supponiamo che

Fig. 246. E, F, G, ed H (fig. 246) rappresentino delle gocce di pioggia, sulle quali vanno a cadere i raggi solari SE, SF, SG, SH: questi raggi dopo di aver sofferto in E ed in F due rifrazioni ed una riflessione (1438), sono diretti verso lo stesso occhio situato in O. L'angolo SEO formato dal raggio incidente SE, e dal raggio emergente EO, essendo di 40 gradi e 17 minuti, si vede il violetto in E: l'angolo SFO formato dallo stesso raggio incidente SF, e dal raggio emergente FO, essendo di 42 gradi e 2 minuti, si vede il rosso in F, e le altre gocce di pioggia che si trovano situate tra E ed F, rimandando all'occhio i raggi emergenti che formano co' raggi incidenti gli angoli convenevoli, l'occhio osserva nello stesso tempo tutti gli altri colori.

1445. Similmente i raggi SG, SH, dopo di aver sofferto in G ed H due rifrazioni e due riflessioni (1441) sono ancora diretti verso lo stesso occhio situato in O. L'angolo

lo SGO formato dal raggio incidente SG, e dal raggio emergente GO, essendo di 50 gradi e 57 minuti, si vede il rosso in G: l'angolo SHO, formato similmente dal raggio incidente SH, e dal raggio emergente HO, essendo di 54 gradi e 7 minuti, si vede il violetto in H; e le altre gocce di pioggia che si trovano situate tra G ed H, rimandando anche all'occhio i raggi emergenti, che formano cogli incidenti degli angoli convenevoli, l'occhio osserva nello stesso tempo tutti gli altri colori.

1446. Lo stesso si può dire di tutte le serie simili delle gocce della pioggia situate nella circonferenza de' due mezzi cerchi, de' quali ne occupa il centro l'occhio dello spettatore, lo che darà le due fasce colorate AFBE, e CHDG, i colori delle quali saranno situati in un'ordine opposto (1443), di modo che il rosso contornerà esteriormente l'arco interiore ed interiormente l'arco esteriore, mentre che al contrario il violetto contornerà interiormente l'arco interiore, ed esteriormente l'arco esteriore.

1447. I colori dell'arco esteriore sono più deboli di quelli dell'arco interiore, perchè, come si è quassù veduto (1441) i raggi i quali formano l'arco esteriore soffrono una riflessione di più; lo che arreca molta perdita, perchè il getto di luce non si riflette intieramente; e se n' esce una porzione dalla goccia.

1443. Se si volessero imitare le apparenze dell'arco baleno, sarebbe facile il farlo per mezzo di due globi di vetro pieni d'acqua, che possiam supporre rappresentati da' cerchi *Fig. 244. s t D* (*fig. 244*), e *G d s* (*fig. 245*), sospesi e 245. pel loro asse con de' cordoni CHM i quali passassero per sopra a delle girelle stabili. Tirando o allascando i cordoni, s'innalzerebbero, o si abbasserebbero i globi secondo il bisogno; ed in modo che facendo cadere su ciascun di essi un raggio solare *Ss* in una camera oscura, si facciano formare da questi raggi incidenti co' raggi emergenti degli angoli tali, quali abbiain detto (1439 e 1442) esser necessarj per produrre le apparenze dell'arco celeste.

1449. Bisogna osservare che in questo caso, i colori si presentano all'occhio, e si dispongono su di un cartone che gli si opporrebbe, in un'ordine tutto differente da quello di cui abbiamo quassù parlato (1437), e che si osserva negli archi celesti; di maniera che i violetti si trovano interiormente, cioè in *B, B*, ed i rossi esteriormente, cioè in *O, O*; mentre che al contrario, negli archi *Fig. 246. celesti* (*fig. 246*), il rosso limita esteriormente l'arco interiore, come in *F*, ed interiormente l'arco esteriore come in *G*, e per ciò i rossi si trovano al di dentro, ed i violetti al di fuori. Ma bisogna avvertire che, vedendo questi colori nel cielo, noi ve

li rapportiamo per alcune direzioni che s'intersecano ne' punti di emergenza e (*fig. 244*) *Fig. 244. e g* (*fig. 245*). Perciò noi vediamo i rossi e 245. in *r, r*, ed i violetti in *b, b*.

1450. La larghezza delle due strisce colorate, che formano i due archi celesti è più grande nell'uno e nell'altro di quello che non la danno i limiti che rinchiudono i differenti gradi di rifrangibilità di ciascuno de' raggi eterogenei che compongono il fascetto. *Newton* ha calcolate quali debbono essere queste larghezze, ed ha determinata quella dell'arco interiore di 1 grado e 45 minuti, quella dell'arco esteriore di 3 gradi 10 minuti, e la loro distanza reciproca di 8 gradi, 55 minuti. Realmente queste dovrebbero essere, ed effettivamente queste sarebbero se il sole non fosse che un punto; ma il suo diametro è di un mezzo grado o presso a poco, il che allarga ciascuna delle strisce, e minora la loro distanza reciproca; di modo che, nel fatto, la larghezza dell'arco interiore è di 2 gradi e 15 minuti, quella dell'arco esteriore di 3 gradi e 40 minuti, e la loro distanza reciproca è solamente di 8 gradi e 25 minuti.

1451. Questa spiegazione delle apparenze degli archi baleni può servire eziandio a render ragione de' colori che si osservano intorno ad un getto d'acqua che il vento agita e divide in gocce di pioggia, quando esso viene

illuminato dal sole, e che si guarda colle spalle voltate a quest'astro; giacchè non si osserva affatto quest'effetto in tutte le posizioni: e se si fa attenzione a quella ch'è necessaria, si vedrà, che allora gli angoli formati da' raggi incidenti che vanno dal sole al getto d'acqua, e da' raggi emergenti che ritornano dal getto d'acqua all'occhio dello spettatore, sono assoggettati alle stesse condizioni di quelle che esigono le apparenze dell'iride.

1452. Noi abbiamo quì sopra detto (1440 e 1443) che i due archi celesti rappresentano ciascheduno una striscia se-
 Fig. 246. (fig. 246); è non pertanto probabilissimo che le gocce di pioggia che separano i colori non sono affatto così disposte; ma ecco la ragione di quest'apparenza. Essendo l'occhio situato nel vertice di un cono, vede gli oggetti che sono nella sua superficie, come se fossero situati in cerchi concentrici, gli uni iscritti negli altri, soprattutto quando questi oggetti sono molto lontani da esso; poichè quando differenti oggetti sono ad una distanza molto considerevole dall'occhio, essi compariscono come equidistanti (1211). Or le gocce d'acqua attraverso delle quali passano i raggi di luce che fanno vedere gli archi celesti, sono come disposte nella superficie di un cono, il vertice del quale è nell'occhio dell'osservatore; in conseguenza que-

ste

ste gocce debbono sembrargli come se fossero disposte in altrettante strisce o archi colorati, come si vede negli archi celesti. Si chiama *linea d'aspetto*, l'asse del cono il cui vertice è nell'occhio dell'osservatore, il qual'asse è perpendicolare al sole.

1453. E' facile il dedurre da questi principj la spiegazione di tutt' i fenomeni particolari dell'iride.

1. Per esempio, perchè gli archi celesti sono sempre della stessa larghezza. Ciò succede perchè i gradi di rifrangibilità de' raggi rossi e violetti, che formano i suoi colori estremi, sono sempre gli stessi (1407); essi producono dunque gli stessi allontanamenti tra i colori.

1454. 2. Perchè l'arco celeste cambia situazione a misura che la cambia l'occhio. Ciò deriva da che le gocce colorate sono disposte sotto un determinato angolo attorno alla linea d'aspetto (1452) la quale varia a misura che si muta luogo. Da ciò anche dipende che ciascuno spettatore vede in cielo un' arco differente. Bisogna dire pertanto che questo cambiamento dell'arco celeste per ciascuno spettatore, se essi sono l'uno prossimo all'altro, non è vero che a rigore, poichè i raggi solari tenendosi per paralleli, a cagione della gran lontananza di quest'astro (1750), due spettatori l'uno vicino all'altro veggono sensibilissimamente lo stesso arco celeste.

1445.

1455. 3. Donde deriva che l'arco celeste forma una porzione di cerchio, delle volte più grande, e delle volte più piccola. Questo è perchè la sua grandezza dipende dalla maggiore o minore estensione della parte della superficie conica (1452) ch'è al di sopra dell'orizzonte nel tempo ch'esso comparisce; e questa porzione è minore o maggiore, secondochè la linea d'aspetto è più o meno inclinata, o obliqua alla superficie terrestre. Questa obliquità si accresce a proporzione che il sole più s'innalza; dal che deriva che la grandezza dell'arco celeste diminuisce a proporzione che il sole s'innalza.

1456. 4. Perchè l'iride non si fa mai vedere quando il sole è ad una cert' altezza. Perchè la superficie conica sulla quale esso deve comparire (1452) è nascosta sotto l'orizzonte, allorchè il sole è alto di più di 42 gradi (1435); poichè in un tal caso, se voi supponete una linea che parta dall'occhio dell'osservatore parallelamente al raggio solare, questa linea fa col di sotto, del pari che col di sopra dell'orizzonte, un'angolo di più di 42 gradi; per conseguenza il raggio emergente della goccia di pioggia, il qual deve fare col raggio solare (1439), e per conseguenza con una parallela ad esso, un'angolo solamente di 42 gradi, si trova al di sotto dell'orizzonte, in maniera che incontrando

do la superficie terrestre, non può arrivare all'occhio. Da ciò ne segue, che se il sole è alto più di 42 gradi, ma meno di 54 (1442) si potrà vedere l'arco celeste esteriore, e non l'arco celeste interiore.

1457. 5. Perchè si veggono alcune volte le gambe dell'arco celeste contigue alla superficie della terra; e perchè altre volte queste non compariscono sino alla terra. Ciò dipende da che non si vede l'arco celeste se non ne' luoghi ove vi sono delle gocce di pioggia: or se la pioggia è molto estesa, sicchè sia capace di occupare uno spazio maggiore della porzion visibile della superficie conica sulla quale deve comparire (1452), si vedrà un'arco celeste; che si estenderà sino alla terra; altrimenti non si osserverà, che nella parte di questa superficie occupata dalla pioggia.

1458. 6. Perchè le gambe dell'arco celeste compariscono qualche volta inugualmente lontane. Se la pioggia si termina dal lato dello spettatore in un piano talmente inclinato alla linea d'aspetto, che il piano della pioggia formi con questa linea un'angolo acuto dal lato dello spettatore, ed un'angolo ottuso dall'altro lato, la superficie del cono sulla quale sono situate le gocce che debbono far vedere l'iride (1452), sarà talmente disposta, che la parte di quest'arco che sarà da un lato, comparirà più prossima all'occhio che quella dell'altro lato.

1459. 7. Come l'iride può comparire interrotta e troncata nella sua parte superiore. Non vi bisogna, perchè ciò succeda, che una nube la quale intercetti i raggi e gli impedisca di venire dalla parte superiore dell'arco all'occhio dello spettatore. Può anche succedere che si veggano solamente le due gambe dell'arco celeste, poichè non vi sono affatto gocce di pioggia nel luogo ove dovrebbe comparire la sua parte superiore.

1460. 8. Perchè l'iride non comparisce sempre esattamente rotonda, e perchè comparisce alcune volte inclinata. Ciò dipende da che l'apparenza della sua rotondità esatta deriva dal suo allontanamento, che c'impedisce di vederla bene; ma se la pioggia che la produce è a noi vicina, si distinguono le sue irregolarità; e se il vento scaccia la pioggia in modo che la sua parte superiore sia sensibilmente più lontana dall'occhio che l'inferiore, l'arco comparirà inclinato; in questo caso, l'arco celeste può comparire ovale, come comparisce un cerchio inclinato, veduto a gran distanza.

1461. 9. Perchè l'iride non comparisce maggiore di un semicerchio. Il centro dell'iride è sempre nella linea d'aspetto (1452), la quale è perpendicolare al sole; dunque, nel caso che il sole è all'orizzonte, questa linea rade la terra. Se dunque il sole è elevato sull'orizzonte, l'e-

stre-

stremità di questa linea la più lontana dal sole, e che si trova nel centro dell'arco, è al di sotto dell'orizzonte, e per conseguenza non è visibile. Non si può dunque vedere più del semicerchio; poichè per vedere l'intero semicerchio, bisogna vedere il suo centro.

1462. E' ciò non ostante vero che, se lo spettatore è situato su di un'eminanza molto alta, e che il sole sia all'orizzonte, o anche un poco al di sotto, allora la linea d'aspetto (1452) nella quale è il centro dell'iride, sarà considerabilmente innalzata al di sopra dell'orizzonte; e l'iride occuperà allora più di un semicerchio.

1463. Del pari se il luogo è estremamente alto, e che le gocce della pioggia sieno prossime allo spettatore, può succedere che l'iride formi un'intero cerchio.

1464. E se la parte superiore del cerchio è coperta da nuvole, e che non sia visibile se non che la sua parte inferiore, l'iride comparirà rovesciata.

1465. La luce della luna rifratta e riflessa dalle gocce della pioggia produce l'arco celeste come quello del sole, e cogli stessi colori; ma essi sono quasi sempre più deboli, perchè l'intensità della luce della luna è di gran lunga inferiore a quella della luce solare.

1466. Alla rifrazione della luce per le
goc-

gocce d'acqua deve anche attribuirsi la formazione di que' cerchi colorati, che si osservano intorno al sole, alla luna, agli altri pianeti, ed alle stelle, e che chiamansi *corone*. Tutti i fisici convengono che bisogna attribuirli, come si fa dell'arco celeste, alla rifrazione de' raggi della luce nelle particelle de' vapori, nelle gocce d'acqua, nelle particelle di diaccio e di neve, delle quali è pregna l'atmosfera, con questa differenza che nell'arco celeste vi è rifrazione e riflessione di raggi (1438 e 1441), e che nelle corone non v'è che rifrazione.

1467. La grandezza di queste corone varia molto: essa dipende dalla densità più o meno grande di questi corpi eterogenei che rifrangono la luce, e dalla loro prossimità a' nostri occhi.

1468. Il fondamento di questa teoria, e che la rende verisimile, è appunto che si può imitar così questa meteora in un tempo freddo. Riguardate una candela accesa attraverso del vapore che esala dall'acqua calda contenuta in un vaso ch'è tra la candela e'l vostro occhio; e voi vedrete intorno alla fiamma un cerchio colorato. Voi avrete lo stesso effetto, se riguarderete una candela accesa attraverso di un cristallo politissimo, e appannato da piccole gocce d'acqua impercettibili, come lo sono in un tempo freddo i cristalli delle carrozze nelle quali vi sono delle persone.

1469.

1469. Si osserva qualche volta una porzione di cerchio di luce colorata come l'iride su di una prateria, o su di un campo che si riguardi da un luogo un poco alto, qualche tempo dopo lo spuntar del Sole, o qualche tempo prima del suo tramontare. Questa porzione di cerchio così colorato può esser chiamato arco terrestre. Un tal fenomeno, del pari che l'iride è un'effetto della luce rifratta e riflessa dalle gocce di rugiada o di pioggia che sono aderenti all'erba, e può essere spiegato della stessa maniera (1438 e seg.). Se si fa attenzione all'altezza del sole sull'orizzonte, alla posizione nella quale si è quando si osserva il fenomeno, al poter refrangente delle gocce d'acqua sparse sull'erba, ed a' differenti gradi di rifrangibilità de' raggi de' quali è composta la luce solare, si vedrà che il tutto è sottoposto alle stesse condizioni di quelle donde nascono le apparenze dell'iride.

1470. Si può a questo proposito fare qui una singolarissima riflessione: non si sa niente del perchè una pietra cada (199), e si conosce la causa de' colori dell'iride, e della loro rispettiva disposizione, sebbene quest'ultimo fenomeno sia, pel volgo, molto più sorprendente del primo. Sembra che lo studio della natura sia proprio a renderci orgogliosi da una parte, e ad umiliarci dall'altra.

1471. La luce soffre anche una deviazione
Tom. V. D quan-

quand' essa rade i lembi de' corpi opachi: è questa deviazione si chiama *diffrazione* o *inflexione*: Quando de' raggi di luce radono i lembi di un corpo opaco, si deviano dal loro cammino; e non continuano affatto la loro direzione rettilinea. La diffrazione è dunque quell' inflessione de' raggi, che si fa alla superficie o vicino alla superficie de' corpi, e dalla quale non solamente ne risulta un' ombra maggiore di quella che essi debbono dare, ma ancora, a lato di quest' ombra, differenti colori similissimi a quelli dello spettro solare (1421).

1472. Newton (*Traité d'Optique Lib. III. pag. 477*) ha dato in una maniera ben detagliata gli effetti della diffrazione, eccoli. *Fig. 247.* Sia ABCD (*fig. 247*), il taglio di un capello, o di un sottil filo di metallo; RR un getto di luce solare ricevuto in una camera oscura da un piccolissimo foro, ed al quale siasi opposto il corpo ABCD alla distanza di qualche piede. Se si riceve l'ombra del filo AC su di un piano alla distanza di alcuni piedi, per esempio in NZ, essa si troverà molto più grande che non doveva essere a ragione del diametro di questo filo: si veggono di più dall' una e dall' altra parte de' limiti dell' ombra in NZ, ZQ; delle strisce o frange di luce colorata.

1473. Non bisogna credere che i colori N, E, L di un lato dell' ombra, e Z, V, Q dell'

dell' altro lato, rappresentino semplicemente la serie de' colori della luce, non somministrando ciascuna delle strisce o frange che un solo colore: questi sono distintissimamente almeno tre ordini o serie di colori per ciascun lato, e situati l' uno dopo l' altro, presso a poco come gli spettri di altrettanti prismi disposti l' uno sull' altro, al di sopra ed al sotto del corpo diffrangente ABCD. Queste tre serie di frange o di colori sono rappresentate approssimanti nelle loro proporzioni (*fig. 248*) relativamente all' ombra O del capello, e segnati, nel mezzo, colle stesse lettere che i loro corrispondenti nella *fig. 247*. *Fig. 247.* Così la prima partendo dall' ombra è N (*fig. 248*) da un lato, e Z dall' altro; la seconda E ed V, e la terza L e Q. Si veggono nella prima dall' una e dall' altra parte, partendo dall' ombra, i seguenti colori: violetto, indaco, azzurro pallido, verde, giallo e rosso; e nella seconda, seguendo lo stesso ordine, azzurro, giallo e rosso; e nella terza, azzurro pallido, giallo pallido, e rosso.

1474. La causa della diffrazione della luce non è ben conosciuta. Io frattanto son di parere che gli esene potrebbe attribuir una assai verisimile. Sembra provato che tutti i corpi hanno un' atmosfera particolare, la cui densità differisce da quella dell' aria. Se ciò è così, i raggi di luce che radono i lembi de' corpi, debbono soffrire una rifrazione attra-

Fig. 247. versando quest'atmosfera IHXKF (fig. 247) :

La causa della diffrazione della luce , sarà dunque la rifrazione ch'essa soffre passando attraverso dell'atmosfera particolare de' corpi: Io ho fatte alcune sperienze le quali sembrano provare che le atmosfere de' corpi hanno una forza rifrangente minore di quella dell'aria ; poichè quando io ho circondato un corpo con una sostanza che ha una forza rifrangente maggiore di quella dell'aria , i colori in ciascuna serie si sono trovati disposti in senso contrario . Per far questo , ho preso un tubo di vetro delicatissimo , l'ho pieno di mercurio , e l'ho immerso nel raggio solare . Il mercurio rappresentava il filo delicato di metallo (1472) , ed il tubo di vetro che lo conteneva , rappresentava la sua atmosfera .

1475. In tutte queste sperienze , del pari che in quelle nelle quali non mi sono servito che di un filo metallico a nudo , ho non solamente ottenute tre serie di colori da ciascun lato (1473) , ma un numero assai maggiore , che lo riceveva sopra di un cartone curvato in rotondo avanti all'apparecchio . Queste immagini colorate si portavano nell'estensione di più di un semicerchio : lo che mi fa credere che in queste atmosfere non solamente v'è rifrazione , ma anche riflessione della luce , come appunto succede nelle gocce di pioggia , le quali somministrano le apparenze dell'iride (1438 e 1441) .

De'

De' colori considerati negli oggetti che ce li fanno sentire .

1476. Siccome i colori appartengono invariabilmente alla luce (1407 e 1418) , i corpi non possono comparire di tale o tal' altro colore , che intanto che essi riflettono o trasmettono i raggi di questo colore , o che riflettono o trasmettono, più raggi di questo colore che di un' altro ; o piuttosto essi compariscono del colore che risulta dal miscuglio de' raggi che essi riflettono o trasmettono .

1477. Ma , siccome molti corpi esposti nel medesimo giorno alla stessa luce , compariscono di differenti colori , bisogna necessariamente che vi siano in essi alcune disposizioni che rendino ciascuno di essi proprio a riflettere o trasmettere certe parti di questa luce in esclusione di altre . Quali sono dunque queste disposizioni ?

1478. *Newton* dietro un gran numero di osservazioni e di sperienze , si è attenuto , per render ragione del colore dei corpi , alla sola doppiezza maggiore o minore delle piccole lamine o particelle che li compongono : egli ha creduto vederne la prova nelle bolle di sapone , le cui pareti cambiano di colore , cambiando doppiezza ; come pure nelle lamine sottili di vetro che soffiano gli smaltatori , e che fanno vedere differenti colori , secondo i

D 3

loro