



# I rodoli de vero da ogli per lezer

---

La documentazione che abbiamo dell'arte di fabbricare lenti "per lezer" nella Repubblica di Venezia del 1300, testimonia l'esistenza già allora di soluzioni empiriche a un problema pratico, all'interno di un problema teorico più ampio e dibattuto fin dall'antichità: l'ottica della visione. Che, prima dei processi fisiologici alla base della percezione degli stimoli luminosi e della capacità di vedere, presuppone la comprensione dei processi fisici che riportano all'occhio quello che vediamo.

Una documentazione la troviamo già in Platone, che immagina alla base della visione un'interazione tra una luce proveniente dal di dentro e una luce proveniente da fuori: *"Prima di ogni altro organo [gli dei] fecero gli occhi ... Quindi il fuoco che è dentro di noi, che è come fratello del fuoco esterno, lo fecero scorrere liscio e denso attraverso gli occhi ... Quando dunque vi è la luce diurna intorno alla corrente del fuoco della vista, allora il simile si incontra con il simile, diventando un tutt'uno compatto, e forma un corpo unico e concorde nella direzione degli occhi, dove la luce che viene dal di dentro si scontra con quella che proviene da fuori. Se questo corpo, diventato tutto ugualmente sensibile a causa della sua conformità, viene a contatto con qualcosa o lo subisce, propagando i movimenti di queste impressioni per tutto il corpo fino all'anima, procura quella sensazione per cui noi diciamo di vedere"* [[<sup>1</sup>].

Aristotele ipotizza una soluzione più semplice, che sottende una analogia tra luce e suono, la cui natura vibratoria era già nota, quando tratta della vista, il primo dei cinque sensi che discute nel suo "L'anima" e a proposito del quale riporta: *"In realtà il colore muove il trasparente ad esempio l'aria, e da quest'ultima, che ha un'estensione continua, è mosso il sensorio"* [<sup>2</sup>].

La teoria filosofica diventa ottica geometrica con Euclide [<sup>3</sup>] che la fonda su una serie di assunti, quelli che qui più ci interessano sono:

- i raggi che procedono dall'occhio sono rettilinei e divergono indefinitamente;
- la figura contenuta da un insieme di raggi visivi è un cono il cui vertice è all'occhio e la base alla superficie degli oggetti visti;
- le cose viste sotto un angolo maggiore appaiono maggiori, quelle sotto un angolo minore appaiono minori, e quelle sotto angoli uguali appaiono uguali.

Quella di Euclide, in base al suo assunto che i raggi visivi si propagano dall'occhio agli oggetti, viene definita una *teoria dell'estromissione*, in contrapposizione alla

---

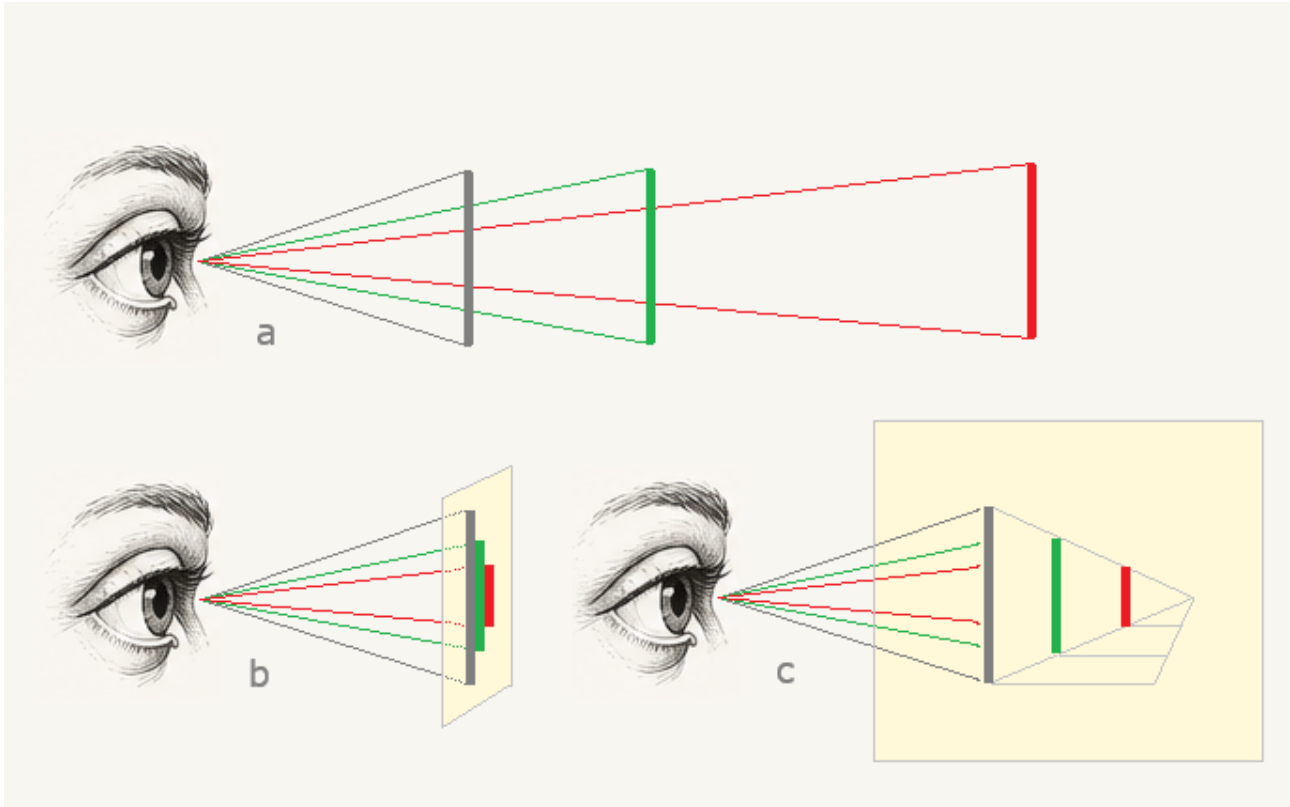
[1] Platone. *Timeo*. In: *Tutte le opere*. Newton Compton editori, Roma, 2013, p. 2225 [45b-45d].

[2] Aristotele. *L'anima*. Giunti, Firenze-Milano, 2025, ISBN 978-88-452-9101-2, libro B (secondo), cap. 7, pp. 153-155 [419a].

[3] *Euclidis Optica*. In: I. L. Heiberg e H. Menge. *Euclidis Opera Omnia*, Vol. VII. Lipsia, MDCCCXCV.

<https://ia601609.us.archive.org/20/items/euclidisoperaomn07eucluoft/euclidisoperaomn07eucluoft.pdf>

successiva *teoria dell'intromissione* che assumerà che i raggi visivi si propagano dagli oggetti agli occhi. Ma che i raggi visivi si propagano nell'una o nell'altra direzione è, dal punto di vista geometrico, irrilevante, tanto che è proprio impiegando i principi dell'ottica geometrica di Euclide che nel Rinascimento si realizza il passaggio dal cono con il vertice nell'occhio dell'osservatore a una rappresentazione sul piano in cui le rette parallele nello spazio convergono in un punto di fuga, una trasformazione concettuale profonda nella rappresentazione grafica e pittorica.



Il passaggio logico è riassunto nell'immagine:

- in (a) abbiamo nell'interpretazione geometrica di Euclide tre oggetti della stessa altezza (immaginiamoli pali della luce) a distanze progressivamente crescenti, visti quindi sotto angoli visivi (il vertice dei coni visivi qui rappresentati in sezione longitudinale) progressivamente minori;
- in (b) un piano che interseca i tre coni visivi mostra le altezze apparenti e relative dei tre oggetti, determinate dai differenti angoli visivi e quindi dalle loro differenti distanze;
- in (c) una rappresentazione grafica/pittorica su un piano dei tre oggetti che mantiene le altezze relative rilevate in (b) consente di costruire la prospettiva che genera il senso della profondità spaziale.

Per inciso l'invenzione della prospettiva viene attribuita a Filippo Brunelleschi (circa 1415-1420), mentre la sua teorizzazione è effettuata nel 1435 da Leon Battista Alberti nel suo *"De Pictura"*, che a proposito della direzione dei raggi visivi riporta:

*"Però fu grandissima disputa appresso gli antichi, se i raggi istessi escono da la superficie, o pur da l'occhio. La quale disputa veramente difficile, e fuor di proposito*

voglio, che noi la passiamo. A noi basti, che s'imaginiamo, che i raggi a modo d'alcune fila sottilissime, siano drittissimamente legati con un capo quasi in un mazzo. Et che essi siano ricevuti insieme per l'occhio di dentro, la dove si ferma il sentimento de la vista..." [4].

Tornando agli antichi, attorno al 150 e.v. Tolomeo compone una "Ottica" che non apporta nuovi significativi contributi, ma con la quale la *teoria dell'estromissione* si va consolidando:

"Tolomeo come Empedocle, come Platone, come Euclide, ritiene la vista farsi per raggi che escono dall'occhio e vanno a toccare i punti delle cose, stabilendo così fra il cervello e gli oggetti toccati dai raggi della virtù visiva una relazione che potrebbe quasi dirsi tattile, se codesti tentacoli visuali non tenessero più dello spirituale che del corporeo ... Vitellone e Giovanni Pecham abbandonarono la ipotesi della emissione oculare, e considerarono la luce come una virtù, o una efficacia dei corpi luminosi che penetrando nell'occhio può destarvi la sensazione visiva, nè altri dopo di loro tentò mai più di rinnovare sul serio la singolare ipotesi degli antichi" [5].

Contributi importanti arrivano attorno alla fine del primo millennio ad opera di alcuni studiosi arabi.

Ibn Sahl, un matematico e fisico persiano alla corte di Baghdad pubblica nel 984 un trattato dal titolo "Sugli strumenti ustori". In un manoscritto che ci è pervenuto riporta la spiegazione della legge di rifrazione, che verrà riscoperta dagli scienziati occidentali solamente all'inizio del 1600 [6].

Ibn al-Haytham, matematico, astronomo e fisico iracheno compone tra il 1011 e il 1021 un trattato in sette volumi dal titolo "Kitab al-Manazir" (Libro dell'Ottica). All'inizio del trattato "Ibn al-Haytham chiarisce che la sua indagine sulla luce si baserà su prove sperimentali piuttosto che su teorie astratte. Osserva che la luce è la stessa indipendentemente dalla sua sorgente e cita come esempi la luce del sole, la luce di un fuoco o la luce riflessa da uno specchio, tutte di natura identica. Fornisce la prima spiegazione corretta della visione, dimostrando che la luce viene riflessa da un oggetto e raggiunge l'occhio" [7]. Lo studio della rifrazione lo porta a ipotizzare che l'atmosfera abbia uno spessore finito di circa 15 km [8]. In un manoscritto che ci è pervenuto fornisce una descrizione dell'occhio e del chiasma ottico (vedi figura) [9].

---

[4] La pittura di Leonbattista Alberti tradotta per M. Lodovico Domenichi, In Vinegia, MDXLVII.

[https://archive.org/details/gri\\_pitturexxxxx00albe/](https://archive.org/details/gri_pitturexxxxx00albe/)

[5] *L'ottica di Claudio Tolomeo da Eugenio Ammiraglio di Sicilia Scrittore del secolo XII ridotta in latino sopra la traduzione araba di un testo greco imperfetto*. Pubblicata da Gilberto Govi, Torino, G. B. Paravia e C., 1885.

<https://play.google.com/books/reader?id=PTUQSZfan98C>

[6] Zghal, Mourad & Bouali, Hamid-Eddine & Lakhdar, Zohra & Hamam, Habib. (2007). *The first steps for learning optics: Ibn Sahl's, Al Haytham's and Young's works on refraction as typical examples*. 10.1364/ETOP.2007.ESB2.

<https://www.researchgate.net/publication/237325371>

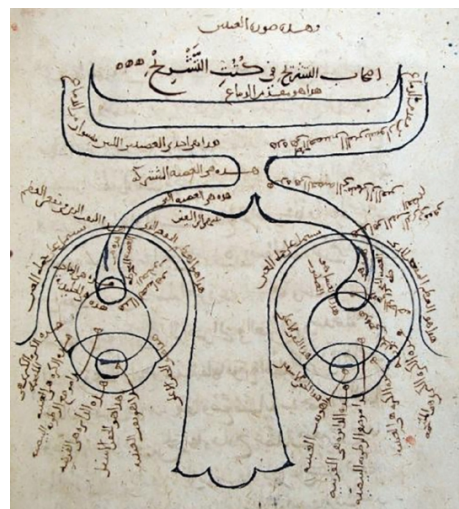
[7] School of Mathematics and Statistics University of St Andrews. MacTutor. *Abu Ali al-Hasan ibn al-Haytham*.

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Al-Haytham/>

[8] Ibidem.

[9] Manoscritto dal Kitāb al-Manāẓir (MS Fatih 3212, vol. 1, fol. 81b, Libreria della moschea di Solimano il Magnifico, Istanbul).

Ibn al-Haytham riporta la prima descrizione accurata della camera oscura con la quale osserva la forma falciforme del sole durante le eclissi parziali. Si rende conto che l'ottica geometrica così concepita porta a concludere che a livello della superficie posteriore dell'occhio (dove oggi sappiamo che vi è la retina con i fotorecettori) le immagini risultano rovesciate, una conclusione corretta ma allora difficile da accettare, per cui ipotizza che la parte sensitiva dell'occhio risieda nel cristallino: nel "*Opticae thesaurus Alhazeni*" al capitolo 5 discute questa tesi intitolandola "*Humor crytallinus est præcipuum organum facultatis opticae*".



Tra il 1270 il 1278 circa Witelo, polacco, monaco matematico e fisico oltre che filosofo e teologo, compone i dieci libri della sua ottica, "*Peri optikes*" o "*Perspectiva*", che si basa in larga parte proprio sull'opera di Ibn al-Haytham, latinizzato in Alhazen. L'ottica di Witelo, pubblicata a stampa nel 1535 [10], importa in Europa le conoscenze del mondo arabo e fornisce le basi per l'ottica scientifica che si svilupperà a partire dal 1600. Lo conferma il fatto che l'ottica di Ibn al-Haytham viene tradotta in latino e pubblicata a stampa nel 1572 a Basilea congiuntamente alla "*Perspectiva*" di Witelo con il titolo emblematico di "*Opticae thesaurus Alhazeni libri septem ... item Vitellionis Thuringopoloni libri X*" [11].

Contemporaneo di Witelo è John Peckham, inglese, arcivescovo cattolico, filosofo e teologo, che tra il 1270 e il 1279 scrive il testo di ottica "*Perspectiva*" del quale abbiamo un'edizione in latino pubblicata a Parigi nel 1556 [12]. Peckham assume che i corpi luminosi emettono raggi che viaggiano in linea retta ed entrano nell'occhio (*intromissione*) che descrive basandosi sulla scienza araba, e come questa colloca nel cristallino l'organo sensibile della vista. Tratta poi della riflessione con l'uguaglianza tra l'angolo di incidenza e l'angolo di riflessione, studia come e perché le immagini riflesse possano apparire deformate, ingrandite, rimpicciolite o invertite a seconda della forma dello specchio. Infine tratta della rifrazione, dimostra che un raggio di luce devia dalla sua traiettoria rettilinea quando passa da un mezzo a un altro e che se il mezzo è più denso, il raggio si avvicina alla perpendicolare, infine studia la rifrazione attraverso corpi sferici, aprendo la strada alla fabbricazione e all'utilizzo delle lenti.

Già dalla fine del 1100 la (Serenissima) Repubblica di Venezia aveva un ufficio governativo, la "*Giustizia*", composto da magistrati patrizi incaricati di regolamentare, vigilare e approvare gli statuti, allora denominati "*Capitolari*", delle corporazioni dei

[10] *Vitellionis mathematici doctissimi Peri optikes, id est de natura, ratione, & projectione radiorum visus luminum, colorum atque formarum quem vulgo Perspetivam vocat libri X.* Norimbergæ, 1535.

<https://books.google.it/books?id=jFHuVbvNt6IC>

[11] *Opticae thesaurus Alhazeni libri septem nonc primùm editi ... item Vitellionis Thuringopoloni libri X.* Basileae, MDLXXII.

[https://dn721800.ca.archive.org/0/items/McGillLibrary-osl\\_opticae-thesaurus\\_folioH153o1572-22043/](https://dn721800.ca.archive.org/0/items/McGillLibrary-osl_opticae-thesaurus_folioH153o1572-22043/)

[12] *Perspectiva, tribus libri succintis, denuo correctæ et figuris illustrata, per Pascasium Hamellium mathematicum regium.* Lutetiae, 1556.

[https://preserver.beic.it/delivery/DeliveryManagerServlet?dps\\_pid=IE6431695](https://preserver.beic.it/delivery/DeliveryManagerServlet?dps_pid=IE6431695)

mestieri e delle arti della città [13]. Alla fine del 1200 le lavorazioni del vetro e del cristallo di rocca [14] stavano diventando un settore d'eccellenza strategico che per questa ragione nel 1284 venne protetto con il "Capitolare dei cristallai", affidato alla Giustizia Vecchia [15] che aveva il compito di contrastare la contraffazione punendo chi spacciava comune vetro incolore (prodotto a Murano) per pregiato cristallo di rocca [16], risolveva le controversie di lavoro, vigilava affinché le tecniche di lavorazione non venissero esportate fuori dai confini della Serenissima.

Nel *Capitolare dei cristallai* (versione del 1284 redatta in latino) [17] e nelle successive aggiunte (fino al 1330, redatte in "volgare") [18] abbiamo la documentazione del fatto che si fosse trovato il modo, ancora totalmente empirico, di costruire – e fosse nata quindi la necessità di regolamentarne la produzione – "*lapides ad legendum*" cioè blocchi di vetro piano-convesso da appoggiare ai testi per ingrandirli e, anche se ancora primitive, lenti vere e proprie [19], "*vitreos ab oculis ad legendum*" [20], ovvero "*rodoli de vero da ogli per lezer*" come riportato nell'aggiunta del 15 giugno 1301: "... *zascuna persona la qual vorrà far rodoli de vero da ogli per lezer, sia tegnù e debbia vegnir primamente alla Giustitia Vela a zurar de vender quelli rodoli de vero per vero, sotto pena de soldi quaranta ...*" [21].

La prima rappresentazione pittorica degli occhiali è del 1352, realizzata da Tommaso da Modena. L'opera, della quale è qui riportato un particolare, raffigura il cardinale Ugo di Provenza (Hugues de Saint-Cher) con un paio di occhiali (ancora senza stanghette), e fa parte di un ciclo di affreschi che si trova nella Sala del Capitolo dell'ex convento domenicano di San Nicolò a Treviso [22].



[13] *I Capitolari delle arti veneziane sottoposte alla Giustizia e poi alla Giustizia Vecchia delle origini al MCCCXXX*. A cura DI G. Monticolo e E. Besta. Volume III, ROMA, Tipografia del Senato, Palazzo Madama, 1914.

Volume I – Volume II – Volume II parte II – Volume III

<https://archive.org/details/icapitolaridelle01veni/mode/2up>

<https://archive.org/details/fontiperlastoria27isti/page/n7/mode/2up>

<https://archive.org/details/icapitolaridell02bestgoog/page/n5/mode/2up>

<https://resources.warburg.sas.ac.uk/pdf/hnh314b2103076v3.pdf>

[14] Il cristallo di rocca o quarzo ialino è la varietà pura, perfettamente trasparente, di questo minerale.

[15] La *Giustizia Vecchia* aveva la giurisdizione sulle manifatture, sull'artigianato (inclusi i cristallai e i vetrai), sui pesi, sulle misure e sulle controversie tra artigiani e mercanti, mentre la *Giustizia Nuova* aveva la competenza sul commercio di alimentari, sul vino, sulle taverne e sulle locande.

[16] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, capitolo XXXX: "... *nos Raphael Natalis et Johannes De Fontana iusticiarii veteres ordinamus quod aliquis de dieta arte cristalarie non audeat emere nec emi facere, nec vendere vel vendi facere aliquod laborerium de vitreo blanco quod contrafaciat ad cristallum ...*"

[17] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, pp. 123-138.

[18] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, pp. 138-152.

[19] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, capitoli XXXX e XXXXI.

[20] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, capitolo XXXXIII.

[21] Volume III dei *Capitolari delle arti veneziane*, p. 141.

[22] Wikipedia. *Occhiali da vista*. Immagine: Risorto Celebrano, CC BY-SA 3.0

[https://it.wikipedia.org/wiki/Occhiali\\_da\\_vista](https://it.wikipedia.org/wiki/Occhiali_da_vista)

Dall'ottica geometrica e dalle prime realizzazioni degli artigiani della Serenissima teorie e soluzioni empiriche si vanno evolvendo in parallelo per i secoli a venire:

- nel 1604 Keplero pubblica un commento e integrazione all'Ottica di Witelo [23];
- nel 1610 Galileo contribuisce in modo determinante alla demolizione del cosmo aristotelico/tolemaico e all'affermazione della teoria eliocentrica copernicana con la pubblicazione nel "*Sidereus Nuncius*" [24] delle sue osservazioni della volta celeste. Galileo, che insegna all'Università di Padova, si procura proprio a Murano prima le lenti prodotte dagli artigiani della Serenissima, delle quali però non è completamente soddisfatto, poi i dischi di vetro accuratamente selezionati che provvede a molare e a lucidare per realizzare le lenti impiegate nel suo cannocchiale [25].
- nel 1611 Keplero pubblica la sua ottica dal titolo "*Dioptrice*" [26];
- nel 1624 Galileo in una lettera parla di "*un occhialino per vedere da vicino le cose minime*" [27];
- nel 1625 Giovanni Faber propone per l'occhialino la denominazione di "*microscopio*" per analogia con il termine "*telescopio*" che era stato coniato quattordici anni prima per il cannocchiale di Galileo ed aveva avuto un immediato successo;
- nel 1637 Cartesio pubblica la sua ottica dal titolo "*La Dioptrique*" [28];
- nel 1661 Marcello Malpighi pubblica le prime osservazioni con un microscopio dei tessuti umani, fondando l'anatomia microscopica [29];
- nel 1667 a Londra, a cura della Royal Society viene pubblicato "*Micrographia*" di Robert Hooke, nel quale viene coniato il termine "*cellula*" [30];
- nel 1704 Newton pubblica la sua ottica con il titolo di "*Opticks*" [31];
- nel 1728 a Londra l'ottico inglese Edward Scarlett produce i primi occhiali con le stanghette, risolvendo il problema della scomodità e dell'instabilità nell'indossarli solo appoggiati o pinzati al naso che si trascinava da tempo;
- nel 1757 John Dollond unendo a una lente biconvessa di vetro crown, una lente concavo-convessa di vetro flint realizza la prima lente acromatica, che risolve il problema della *aberrazione cromatica*;

[23] Ad Vitellionem Paralipomena ... Francofurti, MDCIV.

<https://play.google.com/books/reader?id=HuicdJ-iSNsC>

[24] Galileo e il *Sidereus Nuncius*.

[https://www.academia.edu/165779938/Galileo\\_e\\_il\\_Sidereus\\_Nuncius](https://www.academia.edu/165779938/Galileo_e_il_Sidereus_Nuncius)

[25] Giorgio Strano. *La lista della spesa di Galileo: un documento poco noto sul telescopio*. Galilæana: journal of Galilean studies / Istituto e Museo di storia della scienza, pp. 208-222.

<https://opac.museogalileo.it/imss/resource?uri=981592>

[26] Joannis Kepleri. *Dioptrice; seu, Demonstratio eorum quae visui & visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accidunt*. Augusta Vindelicoori, MDCXI.

<https://archive.org/details/dioptricesevdemo00kepl/>

[27] *L'occhialino di Galileo*.

[https://www.bayes.it/Archivio/Appunti/1624\\_LodG.pdf](https://www.bayes.it/Archivio/Appunti/1624_LodG.pdf)

[28] René Descartes. *DISCOURS DE LA METHODE Pour bien conduire la raison, & chercher la verité dans les sciences plus LA DIOPTRIQUE, LES METEORES ET LA GEOMETRIE*. Qui font des effais de cete METHODE. A LEYD. De l'Imprimerie de IAN MAIRE. CID IO C XXXVII.

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b86069594>

[29] *Lo sviluppo della scienza medica. Breve storia attraverso le evidenze documentali*.

<https://www.bayes.it/scritti/LSDSM.pdf>

[30] *Il microscopio e la cellula di Hooke*.

[https://www.bayes.it/Archivio/Appunti/1667\\_Mcrgprh.pdf](https://www.bayes.it/Archivio/Appunti/1667_Mcrgprh.pdf)

[31] Isaac Newton. *Opticks: or, A treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*. London, Printed for Sam. Smith, and Benj. Walford, MDCCIV.

<https://dn790009.ca.archive.org/0/items/opticksortreatis1730newt/opticksortreatis1730newt.pdf>

- nel 1784 l'americano Benjamin Franklin idea e realizza gli occhiali bifocali, tagliando a metà due lenti con gradazioni diverse (una per vedere lontano e una per leggere) e unendole in un'unica montatura;
- nel 1798 Robert Blair realizza lenti che riducono molto l'*aberrazione sferica*;
- nel 1801 l'inglese Thomas Young esegue un esperimento che avvalorava la natura ondulatoria della luce;
- nel 1818 Augustin Fresnel conferma le conclusioni di Young e contribuisce a risolvere la disputa, che risaliva ai tempi di Newton ed era ancora aperta, sulla natura corpuscolare (sostenuta da Newton) od ondulatoria (sostenuta da Christiaan Huygens) della luce, dimostrandone la natura ondulatoria;
- nel 1864 Maxwell dimostra che il campo elettrico e magnetico si propagano attraverso lo spazio sotto forma di onde elettromagnetiche alla velocità (costante) della luce, e si comprende finalmente che la luce visibile è solo una parte limitata dello spettro della radiazione elettromagnetica [32];
- nel 1900 Planck ipotizza che l'energia non sia una grandezza continua, ma possa essere emessa o assorbita solo in quantità discrete, i "quanti di energia";
- nel 1905 Albert Einstein, spiega l'effetto fotoelettrico come uno scambio di energia tra luce e materia sotto forma di quanti di energia, i "fotoni";
- nel corso del 1900 viene confermato sperimentalmente il dualismo onda-particella; le radiazioni elettromagnetiche, luce inclusa, si comportano sia come un'onda (nei fenomeni di propagazione, diffrazione e interferenza) sia come un flusso di particelle, i fotoni (nelle interazioni con la materia).

Oggi sappiamo che la luce visibile, che ha una lunghezza d'onda compresa tra 400 e 700 nm:

- per le interazioni su una scala da 0.1 a 10 nm (effetto fotoelettrico, transizioni elettroniche) è trattata come un flusso di fotoni e si impiegano le sue *proprietà quantistiche*;
- per le interazioni su una scala da 0.1 a 10 μm (diffrazione, fibre ottiche) è trattata come un'onda elettromagnetica continua e si impiegano le sue *proprietà ondulatorie*;
- su una scala da 100 μm fino a scale macroscopiche (lenti, strumenti ottici) è trattata come un insieme di raggi che si propagano in modo rettilineo impiegando l'*ottica geometrica* che, 2300 anni dopo Euclide, e con l'approccio matematico moderno, a queste scale rimane un'approssimazione perfettamente valida.

E i "rodoli de vero da ogli per lezer" possono essere emblematicamente ricordati come il punto di svolta empirico che ha indirizzato la teoria e le applicazioni dell'ottica verso la modernità.




---

[32] J. Clerk Maxwell, F. R. S. VIII. *A dynamical theory of the electromagnetic field*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1865, 155, 459-512.

<https://royalsocietypublishing.org/rstl/article/doi/10.1098/rstl.1865.0008/118816/>