

L’ottica sotto una nuova luce: la teoria rivoluzionaria di Ibn Al-Haytham

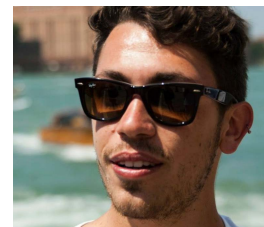
di Lorenzo Voltolina

Editor: Arianna Piccialli, Elisa Camozzi

Revisori Esperti: Antigone Marino, Pietro Malara

Revisori Naive: Stefano Zanut, Davide Niglia

Immagini a cura di Lorenzo Voltolina, Umberto M. Meotto, Elisa Camozzi



Parole Chiave: Ottica, Medio oriente, Fisica, Storia, Tecnologia

Permalink: <http://informa.airicerca.org/2018/03/12/ottica-teoria-ibn-al-haytham/>



Ibn al-Haytham, scienziato di origine araba attivo durante l’XI secolo, è stato una delle personalità storicamente più influenti per lo sviluppo della scienza odierna. Questo non solo grazie ai risultati che riuscì ad ottenere attraverso le sue ricerche interdisciplinari, ma anche grazie all’elaborazione di un metodo di ricerca standardizzato dai connotati altamente sperimentali, basato sui concetti di prove ripetute e falsificabilità. Nel seguente articolo, si prende in considerazione la sua dimostrazione della propagazione rettilinea della luce, che rivoluzionò il campo dell’ottica fisica e la scienza tutta.

La scienza tra Oriente ed Occidente

Che un raggio di luce viaggi in linea retta, per noi abituati ad usare righelli al laser e macchine fotografiche di ultima generazione, può sembrare un fatto quasi ovvio. Eppure, verificarlo sperimentalmente è tutt’altro che banale e richiede grandi dosi di ingegno, pazienza e creatività. Perché appaiano delle prove fisiche basate su dati empirici, bisogna aspettare il sorgere del II millennio d.C. Siamo al Cairo, nell’anno 1018, nel pieno della cosiddetta Epoca d’oro Islamica. Durante questo periodo, il mondo d’Oriente era formato da vari Califfati che ospitavano culture eterogenee, la cui interazione permise un fiorire senza precedenti di arti e scienze, gettando solide basi per il Rinascimento europeo, che molto riprese dalla *Bayt al-Hikma*.

Ibn al-Haytham, muovendosi in questo contesto culturale, si appassionò a tematiche di filosofia naturale ed elaborò una metodologia di ricerca basata sull’analisi di dati sperimentali, ottenuti attraverso prove ripetute: ogni prova, quindi ogni esperimento, può confermare o confutare l’ipotesi di partenza. Questa metodologia di ricerca fu poi studiata e rielaborata da Galileo Galilei, permettendogli di formulare il cosiddetto metodo scientifico, di primaria importanza per il futuro delle scienze.

Bayt al-Hikma, ovvero la Casa della Conoscenza.

A partire dal IX secolo, numerosissimi astrologi, ingegneri, architetti, fisici e matematici abitavano la corte di Bagdad, che a sua volta promuoveva il pensiero libero e creativo. In quegli anni, Bagdad era conosciuta come Medimat al-Hikma, la città della conoscenza. Il modello di Bagdad venne poi ripreso dagli altri califfati, come accadde al Cairo. [2]

Raggi visuali e raggi luminosi: due teorie contrastanti

L’opera più famosa dello scienziato arabo è il *Kitab al-Manazir*: il *Libro dell’Ottica*. Sin dalle prime pagine si intuisce l’insoddisfazione di Ibn al-Haytham per le teorie ottiche precedenti (ad esempio, quelle di Euclide e Tolomeo), in cui il moto rettilineo dei raggi luminosi viene considerato alla stregua di un’ipotesi, un artificio matematico presentato al lettore senza alcuna prova a supporto dell’affermazione. Ibn al-Haytham, quindi, congegnò un apparato sperimentale capace di indagare il moto rettilineo della luce dal punto di vista fisico.

Inoltre, il filosofo arabo criticò una caratteristica comune alle teorie sulla visione più in voga all’epoca. Mentre, per gli scienziati odierni, indagare le caratteristiche fisiche di un raggio di luce è una cosa altamente sensata, le ricerche di Ibn al-

Haytham avvenivano all’interno di un contesto concettuale molto differente. Basandosi sugli scritti di Euclide, Platone, Tolomeo e specialmente Galeno, ritenuto l’eminenza del sapere medico, gli studiosi dell’epoca utilizzavano la cosiddetta *teoria dell’emissione* (figura 1) per spiegare i fenomeni ottici. Questa teoria ipotizzava la presenza di “raggi visuali” emessi dall’occhio umano che rimbalzavano sugli oggetti e tornavano all’interno dell’occhio; così facendo rendevano gli oggetti stessi visibili all’osservatore. La luce, quindi, non era considerata una sostanza vera e propria, quanto più una proprietà dell’aria che permetteva la propagazione dei raggi visuali: un’aria luminosa permetteva la propagazione dei raggi visuali, un’aria oscura no [3].

Ibn al-Haytham trovava questa teoria eccessivamente complessa e ridondante: perché introdurre un raggio visuale che va a sbattere contro un oggetto e poi torna indietro, quando si potrebbero ottenere gli stessi risultati fisici utilizzando un solo raggio che parte dall’oggetto e raggiunge l’occhio dell’osservatore? Questa teoria, detta *teoria dell’immissione*, introduce dei raggi visuali emanati dagli oggetti in ogni direzione, indipendentemente dalla presenza di un osservatore attivo. [3] *La teoria dell’immissione* era già conosciuta all’interno del contesto culturale in cui si muoveva Ibn al-Haytham, ed ebbe tra i suoi maggiori sostenitori Aristotele. Ma è grazie allo scienziato arabo che i raggi visuali, meri artifici matematici, diventano raggi luminosi: la luce diventa quindi una sostanza con delle specifiche caratteristiche fisiche, che possono essere indagate attraverso degli esperimenti.

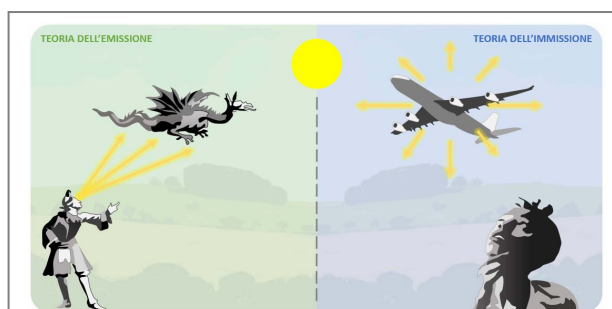


Figura 1 - TEORIA DELL’EMMISSIONE: questa teoria ipotizza la presenza di “raggi visuali” emessi dall’occhio umano che rimbalzano sugli oggetti e tornano all’interno dell’occhio; così facendo rendono gli oggetti stessi visibili all’osservatore. **TEORIA DELL’IMMISSIONE:** questa teoria prevede dei raggi visuali emanati dagli oggetti in ogni direzione, indipendentemente dalla presenza di un osservatore attivo.

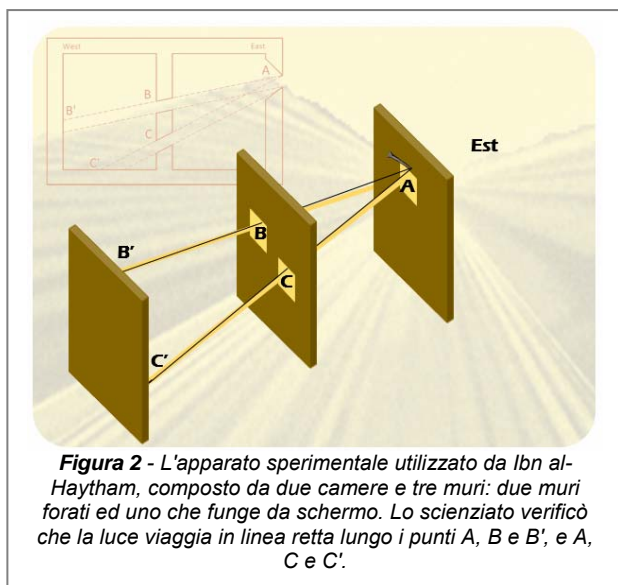
Un esperimento rivoluzionario

Lo scienziato, nel *Libro dell’Ottica*, ci racconta che per molte notti successive si recò presso una piccola casa isolata, composta di due stanze adiacenti. In una delle due stanze, oltre alla porta

per accedervi, c’era una piccola finestrella tonda, posta alla sommità del muro orientale. Sul muro che divide le due stanze, curiosamente, erano invece presenti due buchetti circolari, intagliati a differenti altezze.

Lo scienziato, nella stanza più a ovest, aspettava il crepuscolo, quel momento indefinito tra notte e giorno in cui il cielo è luminoso sebbene il sole non sia ancora sorto. In questi attimi, un fioco raggio di luce, penetrando dalla finestrella ed attraversando il fumo dell’incenso e la parete tra le due stanze, formava due piccoli cerchi luminosi sulla parete, che fungeva quindi da schermo per l’esperimento.

La scelta del momento della giornata in cui condurre l’esperimento non è casuale. Difatti, sebbene il passaggio tra notte e giorno sia molto graduale, durante il crepuscolo la luce è molto fioca, quindi c’è poca diffusione e dispersione luminosa. Per questo motivo, Ibn al-Haytham ripeté gli stessi esperimenti anche di notte testando la luce lunare (sottolineando, giustamente, che si tratta di una luce riflessa), o con l’ausilio di una sorgente di luce (un fuoco) durante le notti più scure.



Interrompendo il cammino del raggio di luce a differenti distanze dalla finestrella con un piccolo schermo secondario, Ibn al-Haytham riuscì a stabilire che, punto per punto, la luce che entra nella stanza dalla finestra si propaga in linea retta. Lo scienziato volle verificare questa ipotesi anche attraverso un'altra metodologia: attaccò due fili alla finestrella e, facendoli passare all'interno dei buchi sulla parete che divide le due stanze, verificò che i punti A-B-B' e A-C-C' sono allineati e, quindi, che i due coni di luce generati dai buchi sulla parete si propagano rettilinearmente (figura 2). Attraverso questi esperimenti, lo scienziato indagò i comportamenti dei raggi di luce anche in presenza di filtri (bianchi, colorati o neri), di specchi e di cristalli con indici di rifrazione differenti, in modo da

indagare anche riflessione, rifrazione e diffrazione della luce.

Questo esperimento rappresenta il primo esempio di creazione e manipolazione di un raggio di luce, direttamente per mano dello sperimentatore. Inoltre, Ibn al-Haytham volle basare la sua teoria ottica (che a livello di risultati matematici non si discosta molto dalla tradizione) su basi fisiche inconfutabili, raggiunte attraverso la sperimentazione. Questo esperimento segna la nascita dell'ottica come disciplina indipendente che studia i fenomeni luminosi e non solamente i fenomeni visivi. [1] L'ottica, quindi, divenne una disciplina pertinente alle scienze fisico-matematiche e non sono alle scienze mediche.

“Traduttore Traditore”

Nonostante l'importo rivoluzionario delle idee di Ibn al-Haytham, il suo lavoro rimase a lungo sconosciuto all'Occidente. La prima traduzione latina del Kitab al-Manazir apparve solo all'inizio del tredicesimo secolo, in Lombardia, da parte di Gherardo da Cremona. I secoli hanno però trasformato il libro: il titolo è abbastanza fedele a quello arabo (De Aspectibus); l'autore però diventa Alhazen, nome con cui Ibn al-Haytham è più conosciuto in Europa. Anche l'effettivo contenuto del De Aspectibus differisce in maniera sostanziale da quello del Kitab al-Manazir: la versione latina manca dei primi tre capitoli del testo arabo, che contengono proprio la descrizione degli esperimenti con i raggi di luce dentro la stanza, e le idee dello scienziato sulla natura fisica della luce. Il De Aspectibus, per cui, rappresenta una versione troncata del Kitab al-Manazir [1], al pari di una dimostrazione matematica a cui mancano le ipotesi di partenza: i due libri sono quindi concettualmente diversissimi – traduttore “traditore”!

L'eredità di Ibn al-Haytham

La traduzione latina ebbe una grande influenza, e verrà distribuita enormemente in Occidente: Alhazen è dichiaratamente citato come fonte d'ispirazione da Leonardo da Vinci, Roger Bacon e Witelo. Inoltre, nel De Aspectibus non c'è alcuna descrizione dell'apparato sperimentale di Ibn al-Haytham, però questo è citato più e più volte per tutto il libro con un nome destinato a passare alla storia: *camera obscura*. Questo nome venne poi associato alla macchina fotografica stenopeica (la *pinhole camera* dei giorni odierni) nel 1604 da Keplero, che conosceva il lavoro di Alhazen. [3] La pinhole camera, che si svilupperà poi nelle odierne macchine fotografiche, prevede un foro molto piccolo capace di proiettare un'immagine invertita sulla parete opposta (figura 3). Nonostante Ibn al-Haytham non faccia alcun riferimento a questo fenomeno durante la sua sperimentazione con i raggi di luce nella camera oscura, nei capitoli

conclusivi del Kitab al-Manazir e del De Aspectibus (sulla fisiologia dell'occhio), l'autore descrive il fenomeno dell'inversione e della persistenza delle immagini sulla retina attraverso, considerazioni geometriche.

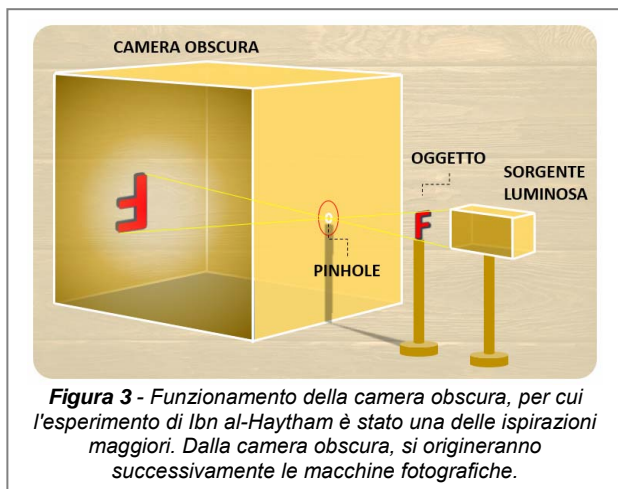


Figura 3 - Funzionamento della camera oscura, per cui l'esperimento di Ibn al-Haytham è stato una delle ispirazioni maggiori. Dalla camera oscura, si origineranno successivamente le macchine fotografiche.

L'importanza di Ibn al-Haytham per la scienza è quindi inestimabile: fu in grado di studiare criticamente le teorie dei suoi predecessori, combinando il sapere considerato valido con nuove idee sulla struttura ultima della natura. Utilizzando un metodo scientifico primordiale, lo scienziato islamico ha gettato le fondamenta per lo sviluppo dell'ottica, rendendo la luce un'entità che interagisce con la materia. E tutto questo semplicemente chiedendosi: "Ma siamo sicuri che la luce viaggia in linea retta?".

Einstein, formulando la teoria della relatività generale nel 1915, si pose domande molto simili, arrivando a risposte sorprendenti: che la luce viaggi sempre in linea retta, questo fatto così lapalissiano, non è vero. Le attuali teorie fisiche prevedono che, in assenza di perturbazioni esterne, la luce si propaga in linea retta; però, in presenza di un oggetto molto massivo, come ad esempio un buco nero, i raggi di luce curvano, seguendo la curvatura nello spazio-tempo indotta dalla massa dell'oggetto. È quindi possibile trovare un sistema di riferimento in cui un raggio di luce segue una traiettoria curvilinea. Questo fenomeno fu poi confermato sperimentalmente da Arthur Eddington nel 1919, durante un'eclissi solare totale.

La prossima volta che vi sveglierete prima del suono della sveglia e vedrete dei raggi di luce filtrare dalle tapparelle, o la prossima volta che vi fate un selfie, ripensate ad Ibn al-Haytham ed alle sue idee rivoluzionarie, ed a come scienza e tecnologia riescano a progredire grazie alla curiosità, ai dettagli, ed alle domande apparentemente più semplici.

Bibliografia

- [1] Abdelhamid Sabra, Ibn al-Haytham's Revolutionary Project in Optics: The Achievement and the Obstacle, 2003.
- [2] Jim al-Khalili, The House of Wisdom: How Arabic Sciences Saved Ancient Knowledge, 2012.
- [3] Mark Smith, From Sight to Light: the passage from ancient to modern optics, 2014.

Autore: Lorenzo Voltolina

Lorenzo Voltolina, nato a Chioggia (VE) nel 1991, lavora come insegnante di matematica e fisica per scuole superiori di secondo grado e come operatore didattico in contesti museali. Affronta la divulgazione scientifica con un approccio interdisciplinare basato sullo story-telling, indagando le mutue relazioni tra scienza, tecnologia e società da punti di vista sia analitico-concettuali che storico-narrativi, puntando alla costruzione di itinerari culturali che siano al contempo efficaci ed interessanti. Alcuni esempi delle tematiche affrontate durante gli itinerari sono: la comunicazione visuale di risultati ed idee scientifiche; il rapporto tra matematica, natura e leggi naturali; continuità e rivoluzioni nella storia della fisica; l'intercomunicazione, istituzionale o informale, tra differenti enti di ricerca o comunità scientifiche. Laureato nel 2013 in Fisica all'Università di Padova, consegue nel 2017 un master di ricerca in History and Philosophy of Science (curriculum di Foundations of Physics) all'Università di Utrecht (NL).

Info sui Revisori di questo articolo

- **Antigone Marino** è ricercatrice dell'Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, dove si occupa di ottica e cristalli liquidi.
- **Pietro Malara** PhD in "metodologie fisiche per la ricerca ecologica", si occupa di sviluppo di sensori ottici presso l'Istituto Nazionale di Ottica del CNR.
- **Stefano Zanut** Architetto e Direttore Vice Dirigente del Corpo Nazionale Vigili del fuoco. Oltre ai compiti istituzionali s'interessa dei temi connessi con la vulnerabilità di persone e sistemi in situazioni di emergenza.
- **Davide Niglia** Laureato in architettura presso il Politecnico di Milano. Fotografo professionista di paesaggio e di architettura è docente di Tecnologie e Tecniche delle Comunicazioni Multimediali presso scuole secondarie di secondo grado.