

Lenti, specchi e camere oscure

Scopo parte1: Calcolare sperimentalmente l'ingrandimento di alcune lenti

Scopo parte2: Verificare la propagazione rettilinea della luce attraverso una camera oscura

Materiale Utilizzato nella parte1:

Supporto con:

- ⤴ lente
- ⤴ superficie piana
- ⤴ portacandela
- ⤴ candela(sorgente luminosa)

Altro:

- ⤴ Asta millimetrata

Materiale Utilizzato nella parte2:

- ⤴ Camera oscura "fai da te"

Storia della fotografia:

Aristotele fu il primo che osservò la luce, che passando attraverso un piccolo foro, proiettava un'immagine circolare circolare, lo studioso arabo Alhazen Ibn Al-Haitham giunse alle stesse conclusioni, costruendo una scatola nella quale tutte le immagini si riproducevano e la chiamò camera oscura. Nel 1515 Leonardo da Vinci, studiando la riflessione della luce sulle superfici sferiche, descrisse una camera oscura che chiamò occhio artificiale. Un apparecchio del genere, usato per studiare l'eclissi solare del 24 gennaio 1544, fu illustrato dallo scienziato olandese Rainer Geinma Frisius. Gerolamo Cardano utilizzò una lente convessa per aumentare la luminosità dell'immagine, mentre il veneziano Daniele Barbaro, nel 1568, utilizzò una sorta di diaframma di diametro inferiore a quello della lente per ridurre il fenomeno di aberrazione

Pre catturare la luce bisogna avere la comprensione dei materiali fotosensibili che non furono presi in considerazione fino al 1727, quando Johann Heinrich Schulze, durante alcuni esperimenti scoprì che il composto risultante, fondamentalmente cloruro d'argento, reagiva alla luce. Si accorse che la sostanza non si modificava se esposta alla luce del fuoco, ma diveniva scura se colpita dalla luce del sole. Ripeté l'esperimento riempiendo una bottiglia di vetro che, dopo l'esposizione alla luce, si scurì solo nel lato illuminato. Una volta pubblicati, gli studi di Schulze provocarono fermento nel mondo scientifico.

Verso la fine del 1700 l'inglese Thomas Wedgwood, sperimentò l'utilizzo del nitrato d'argento, prima rivestendone l'interno di recipienti ceramici, poi immergendovi dei fogli di carta esposti poi alla luce dopo avervi depresso degli oggetti. Si accorse che dove la luce colpiva il foglio, la sostanza si anneriva, mentre rimaneva chiara nelle zone coperte dagli oggetti. Queste immagini, però, non si stabilizzavano e perdevano rapidamente contrasto se mantenute alla luce naturale, mentre riposti all'oscuro potevano essere viste alla luce di una lampada o di una candela. Utilizzò anche il cuoio come materiale e sistemò dei fogli sensibilizzati all'interno di una camera oscura senza però ottenere alcun risultato.

Joseph Nicéphore Niépce si interessò della recente scoperta della litografia e approfondì gli studi alla ricerca di una sostanza che potesse impressionarsi alla luce in maniera esatta mantenendo il risultato nel tempo. Il 5 maggio 1816, Joseph Niépce scrisse del suo esperimento, un foglio bagnato di cloruro d'argento ed esposto all'interno di una piccola camera oscura. L'immagine risultante apparì invertita, con gli oggetti bianchi su fondo nero. Questo negativo non soddisfece Niépce, che proseguì la ricerca di un procedimento per ottenere direttamente il positivo. Scoprì che il bitume di Giudea era sensibile alla luce e lo utilizzò nel 1822 per produrre delle copie di una incisione del cardinale di Reims, Georges I d'Amboise. Niépce cosparsa una lastra di peltro con questa sostanza e vi sovrappose l'incisione del cardinale. Dove la luce riuscì a raggiungere la lastra di peltro attraverso le zone chiare dell'incisione, sensibilizzò il bitume, che indurendosi non poté essere eliminato dal successivo lavaggio con olio di lavanda. La superficie rimasta scoperta venne scavata con dell'acquaforte e la lastra finale poté essere utilizzata per la stampa.

Niépce chiamò questo procedimento eliografia e lo utilizzò anche in camera oscura per produrre dei positivi su lastre di stagno. Dopo l'esposizione alla luce e il successivo lavaggio per eliminare il bitume non sensibilizzato, utilizzò i vapori di iodio per annerire le zone lavate dal bitume. A causa della lunghissima esposizione necessaria, fino a otto ore, le riprese all'esterno furono penalizzate dalla luce solare che, cambiando orientamento, rese l'immagine irrealistica. Maggior successo ebbero le eliografie con luce controllata, ovvero in interni, e su lastre di vetro.

Nel 1827, durante il viaggio verso Londra per trovare il fratello Claude, Niépce si fermò a Parigi e incontrò Louis Jacques Mandé Daguerre: quest'ultimo era già stato informato del lavoro di Niépce dall'ottico Charles Chevalier, fornitore per entrambi di lenti per la camera oscura. Daguerre era un pittore parigino di discreto successo, conosciuto principalmente per aver realizzato il diorama, un teatro che presentava grandi quadri e giochi di luce, per cui Daguerre utilizzava la camera oscura per assicurarsi una prospettiva corretta.

A Londra Niépce presentò l'eliografia alla Royal Society, che non accettò la comunicazione perché Niépce non volle rivelare tutto il procedimento. Tornò a Parigi e si mise in contatto con Daguerre, con il quale concluse nel dicembre 1829 un contratto valido dieci anni per continuare le ricerche in comune. Dopo quattro anni, nel 1833, Niépce morì senza aver potuto pubblicare il suo procedimento. Il figlio Isidore prese il posto nell'associazione con Daguerre, ma non fornì alcun contributo, tanto che Daguerre modificò il contratto e impose il nome dell'invenzione in dagherrotipia, anche se mantenne il contributo di Joseph Niépce. Isidore firmò la modifica pur ritenendola ingiusta. Il nuovo procedimento era molto diverso rispetto a quello originario preparato da Joseph Niépce, quindi si può ritenere in parte corretta la rivendicazione di Daguerre.



Illustrazione 1: Dagherrotipo del 1837, Natura morta

Nel 1837 la tecnica raggiunta da Daguerre fu sufficientemente matura da produrre una natura morta di grande pregio. Daguerre utilizzò una lastra di rame con applicata una sottile foglia di argento lucidato, che posta sopra a vapori di iodio reagiva formando ioduro d'argento. Seguì l'esposizione alla camera oscura dove la luce rendeva lo ioduro d'argento nuovamente argento in un modo proporzionale alla luce ricevuta. L'immagine non risultava visibile fino all'esposizione ai vapori di mercurio. Un bagno in una forte soluzione di sale comune fissava, seppure non stabilmente, l'immagine.

Il procedimento venne reso pubblico il 19 agosto 1839, quando, in una riunione dell'Accademia delle Scienze e dell'Accademia delle Belle arti, venne presentato nei particolari tecnici all'assemblea e alla folla radunatesi all'esterno. Arago descrisse la storia e la tecnica legata al dagherrotipo, inoltre presentò una relazione del pittore Paul Delaroche, in cui furono esaltati i minuziosi dettagli dell'immagine e dove si affermò che gli artisti e gli incisori non erano minacciati dalla fotografia, anzi potevano utilizzare il nuovo mezzo per lo studio e l'analisi delle vedute.

Daguerre pubblicò un manuale tradotto ed esportato in tutto il mondo, contenente la descrizione dell'eliografia di Niépce e i dettagli della dagherrotipia. Con il cognato Alphonse Giroux, Daguerre si accordò per la fabbricazione delle camere oscure necessarie. Costruite in legno, furono provviste delle lenti acromatiche progettate da Chevalier nel 1829. Questi obiettivi avevano una lunghezza focale di 40,6 cm e una luminosità di f/16, il costo si aggirava intorno ai 400 franchi. Anche se il procedimento fu reso pubblico in Francia, Daguerre acquisì un brevetto in Inghilterra, con il quale impose delle licenze per l'utilizzo della sua scoperta.

In Italia i primi esperimenti di fotografia sono condotti da Enrico Federico Jest e da Antonio Rasetti nell'ottobre del 1839 con un macchinario di loro costruzione basato sui progetti di Daguerre. Le prime fotografie italiane sono vedute del Tempio della Gran Madre, di Piazza Castello, e di Palazzo Reale, tutte a Torino.

La notizia apparsa sul Gazette de France e sul Literary Gazette destò l'interesse di alcuni ricercatori che stavano lavorando nella stessa direzione. Tra questi William Fox Talbot, che si affrettò a rendere pubbliche le sue scoperte, documentando esperimenti risalenti al 1835. Si trattava di un foglio di carta immerso in sale da cucina e nitrato d'argento, asciugato e coperto con piccoli oggetti come foglie, piume o pizzo, quindi esposto alla luce. Sul foglio di carta compariva il negativo dell'oggetto che il 28 febbraio 1835 Talbot intuì come trasformare in positivo: utilizzando un secondo foglio in trasparenza. Utilizzò una forte soluzione di sale o di ioduro di potassio che rendeva meno sensibili gli elementi d'argento per rallentare il processo di dissoluzione dell'immagine. Chiamò questo procedimento sciadografia, che utilizzò già nell'agosto del 1835 per produrre delle piccole immagini di 6,50 cm² mediante camera oscura.

Il 25 gennaio 1839 Talbot presentò le sue opere alla Royal Society, seguite da una lettera ad Arago, Biot e Humboldt per rivendicare la priorità su Daguerre. Il 20 febbraio fu letta una relazione che rese chiari alcuni aspetti tecnici, al punto da rendere replicabile la procedura.

Insieme a Talbot, anche Sir John Herschel, all'oscuro delle sperimentazioni dei colleghi, utilizzò i sali d'argento ma, grazie alle precedenti esperienze con l'iposolfito di sodio che si accorse sciogliere l'argento, ottenne un fissaggio migliore proprio utilizzando questa sostanza. Ne parlò a Talbot e insieme pubblicarono la scoperta che venne subito adottata anche da Daguerre. La sostanza cambiò in seguito nome in tiosolfato di sodio.

Le prime fotografie destarono subito l'interesse e la meraviglia dei curiosi che affollarono le sempre più frequenti dimostrazioni del procedimento. Rimasero sbalorditi dalla fedeltà dell'immagine e di come si potesse distinguere ogni minimo particolare, altri paventarono un abbandono della pittura o una drastica riduzione della sua pratica. Questo non avvenne, ma la nascita della fotografia favorì e influenzò la nascita di importanti movimenti pittorici, tra cui l'impressionismo, il cubismo e il dadaismo. La fotografia si affiancò e in alcuni casi sostituì gli strumenti di molti specialisti. La possibilità di catturare un paesaggio in pochi minuti e con una elevata quantità di particolari fece

della fotografia l'ideale strumento per i ricercatori e i viaggiatori. Particolarmente attivo fu l'editore Lerebours che ricevette grandi quantità di dagherrotipi dalla Grecia, dal Medio Oriente, Europa e America che furono pubblicati

Nonostante questi successi incoraggianti, la fotografia incontrò inizialmente dei problemi nel ritrarre figure umane a causa delle lunghe esposizioni necessarie. Anche se illuminato da specchi che concentravano la luce del sole, immobilizzato con supporti di legno per impedire i movimenti, il soggetto doveva comunque sopportare un'esposizione di almeno otto minuti per ricevere una fotografia in cui appariva con occhi chiusi e un atteggiamento innaturale.

Solo nel 1840 l'introduzione da parte di Joseph Petzval per conto della Voigtländer di un obiettivo di luminosità $f/3.6$ e dell'aumentata sensibilità della lastra dagherrotipa mediante l'utilizzo di vapori di bromo e cloro permisero esposizioni di soli trenta secondi. La fragilità della lamina argentata fu rafforzata dall'utilizzo di cloruro d'oro per opera di Hippolyte Fizeau, che incrementò anche il contrasto generale.

Il 1841 fu l'anno dell'evoluzione della sciadografia in calotipia ad opera di Talbot, che intuì la possibilità di terminare la trasformazione dei sali d'argento non solo mediante l'azione della luce, ma con l'utilizzo di un nuovo passaggio chiamato sviluppo fotografico. Mentre nella sciadografia l'esposizione continuava fino alla comparsa dell'immagine, nella calotipia l'esposizione venne ridotta a pochi secondi, ed era compito dello sviluppo far apparire l'immagine negativa finale. La carta veniva immersa in una soluzione di nitrato d'argento e acido gallico, esposta e immersa nella stessa soluzione che agisce da rivelatore permettendo la comparsa dell'immagine finale. La stampa necessaria per ottenere il positivo utilizzava il solito cloruro d'argento. Per questo nuovo procedimento Talbot richiese e ottenne un brevetto in Inghilterra, per monetizzare la sua scoperta e seguire l'esempio di Daguerre. Tra il 1844 e il 1846 Talbot produsse in migliaia di copie quello che può essere definito il primo libro fotografico, contenente 24 calotipi.



Illustrazione 2: Ambrotipia di un soldato della Guerra di secessione

Grazie a questi progressi tecnologici, nuovi laboratori aprirono in tutto il mondo. In America, che ottenne il primato della quantità di dagherrotipi prodotti, la fotografia fu importata da Samuel Morse e dal francese François Gourard. Ottenne un grande successo e nel 1850 si contavano più di 80 laboratori nella sola New York, vennero catturati paesaggi del Canada e della frontiera occidentale. Le lastre argentate furono qui prodotte utilizzando macchine a vapore e con il trattamento elettrolitico, che aumentava la quantità di argento sulla lastra.

La moda dei ritratti si sviluppò rapidamente e ne usufruirono tutti i ceti sociali, grazie all'economicità del procedimento. Il dagherrotipo era di solito più apprezzato, perché produceva una sola copia, rendendola quindi più preziosa, e perché di qualità superiore al calotipo, che subiva i difetti dell'utilizzo della carta come supporto per la stampa. I soggetti erano ripresi solitamente in studio, su di uno sfondo bianco, anche se numerosi furono i fotografi itineranti, che si muovevano con le fiere e nei piccoli villaggi. A causa della mortalità ancora elevata, specialmente quella infantile, vennero prodotte anche immagini che ritraevano neonati o bambini deceduti, immortalati su piccole fotografie racchiuse all'interno di ciondoli come ultimo ricordo.

Lo studio di nuovi metodi e la ricerca di materiali per migliorare il processo fotografico non si arrestò. Nel 1851 Frederick Scott Archer introdusse un nuovo procedimento a base di collodio che affiancò e infine sostituì tutte le altre tecniche fotografiche. L'utilizzo del collodio e di lastre in vetro o metallo resero dei negativi di qualità eccezionale, stampati sulle recenti carte albuminate o al carbone. Le lastre al collodio necessitavano di essere esposte ancora umide e sviluppate subito dopo; questa caratteristica, se da un lato permise la consegna immediata del lavoro al cliente, richiese il trasporto del materiale e dei chimici per la preparazione delle lastre nelle attività all'esterno. Il procedimento fu denominato a lastra umida o collodio umido. Dall'intuizione che da un negativo al collodio sottoposto era possibile ottenere un immediato positivo grazie all'applicazione di una superficie scura sul retro nacquero due tecniche fotografiche, l'ambrotipia e la ferrotipia.

Una particolare applicazione della lastra umida nacque per soddisfare l'enorme richiesta di ritratti. Brevettata nel 1854 da André Adolphe Eugène Disderi, si componeva di una fotocamera a quattro obiettivi che impressionava una lastra con due esposizioni, per un totale di otto immagini da 10x6 cm, stampati a contatto su carta che, a causa delle piccole dimensioni, vennero chiamati carte de visite.



Illustrazione 3: Carta da visita del 1864

Il popolare formato a carte de visite fece nascere la moda dell'album fotografico, dove presero posto i ritratti di famiglia e spesso anche di famosi personaggi dell'epoca. In America si vendettero oltre mille fotografie dell'eroe di Fort Sumter, il maggiore Robert Anderson e in Inghilterra vennero prodotte un gran numero di immagini raffiguranti i reali.

Anche la fotografia paesaggistica fornì elevate quantità di cartoline raffiguranti vedute, monumenti, quartieri o edifici storici da consegnare al turista in visita. Nel 1860 in Scozia, il laboratorio di George Washington Wilson produsse più di tremila fotografie al giorno, utilizzando dei negativi di vetro posti a contatto su carta albuminata, trasportata su nastri all'aperto per l'esposizione alla luce solare.

La necessità di produrre lenti e apparecchiature fotografiche vide la nascita e lo sviluppo di importanti aziende fotografiche, che grazie al loro impegno e sviluppo portarono numerose innovazioni anche nel campo dell'ottica e della fisica. Già nella seconda metà del 1800 furono fondate aziende importanti come la Carl Zeiss, la Ilford, la Kodak e la Voigtländer.

L'introduzione del colore:

Nella fotografia in bianco e nero i diversi colori sono resi con semplici sfumature di grigio e questa rappresentazione è spesso insufficiente a riprodurre alcuni toni di colore, che finiscono per confondersi. A sottolineare questo effetto, le prime lastre fotografiche, che avevano una sensibilità diversa ai colori, riproducevano il bianco e il blu con la stessa luminosità, ma anche il giallo e il rosso. Nell'800 furono prodotte le prime lastre ortocromatiche, che reagivano correttamente alle tonalità del blu ma non al rosso e all'arancione. Solo agli inizi del xx secolo le lastre pancromatiche permisero una corretta distinzione dello spettro luminoso nella fotografia in bianco e nero.

La necessità di rendere le immagini sempre più simili al vero richiese l'intervento manuale del fotografo dopo lo sviluppo della lastra. Per sopperire alla mancanza di colore molti fotografi agirono direttamente sulle immagini, utilizzando i pigmenti dell'anilina per sfumare e rafforzare molti ritratti. Nonostante la richiesta sempre pressante da parte dei clienti di immagini a colori, si dovettero attendere gli studi del fisico inglese James Clerk Maxwell che nel 1859 dimostrò con un procedimento definito Mescolanza additiva, la possibilità di ricreare il colore sovrapponendo la luce rossa, verde e blu, chiamati colori primari additivi.

Dieci anni più tardi Louis Ducos du Hauron mise a punto il procedimento che aprì la strada alle emulsioni a colori. Denominato sottrattivo, utilizza i colori complementari o primari sottrattivi.

Applicazione del metodo additivo è la lastra Autochrome dei fratelli Lumière, prodotta nel 1903. La pellicola fotografica di tipo invertibile è figlia del Kodachrome(1935) e dell'Ektachrome(1942), che utilizzarono il metodo sottrattivo con tre differenti strati sensibili, mediante filtri colorati, alle tre frequenze di luci corrispondenti all'azzurro, al rosso e al verde.

La pellicola per negativi a colori ebbe origine dalla Kodacolor del 1941, dove è presente l'inversione delle luci e dei colori. La Ektacolor della Kodak, messa in commercio nel 1947, permise lo sviluppo casalingo della pellicola negativa a colori.

L'avvento del digitale:

Il progresso dell'elettronica permise di adottare alcune delle ultime scoperte anche nell'acquisizione delle immagini. Nel 1957 Russell Kirsch trasformò una fotografia del figlio in un file attraverso un prototipo di scanner d'immagine. Nel 1972 la Texas Instruments brevettò un progetto di macchina fotografica senza pellicola, utilizzando però alcuni componenti analogici. La prima vera fotografia ottenuta attraverso un processo esclusivamente elettronico fu realizzata nel dicembre 1975 nei laboratori Kodak dal prototipo di fotocamera digitale di Steven Sasson. L'immagine in bianco e nero del viso di una assistente di laboratorio fu memorizzata su un nastro digitale alla risoluzione di 0.01 Megapixel.

Le altre ricerche sulla fotografia digitale per uso di massa furono rallentate dai continui miglioramenti delle fotocamere a pellicola, che proposero modelli sempre più semplici e comodi da usare, come laKonica C35-AF del 1977, il primo modello di fotocamera totalmente automatica.

Solo quando le emulsioni fotografiche non permisero ulteriori miglioramenti e la tecnologia digitale raggiunse un livello qualitativo equiparabile, allora l'interesse dei consumatori si trasferì sul nuovo procedimento. Il settore in cui un sensore digitale è stato visto e seguito ben prima che nella classica fotografia reflex amatoriale o professionale, è stata la fotografia astronomica.

Il digitale sostituì la pellicola nei settori dove la visione istantanea del risultato era un fattore determinante, come nel giornalismo, che usufruì anche della facilità di trasmissione delle immagini via internet. Inoltre la produzione di un gran numero di compatte digitali totalmente automatiche invase il mercato riscontrando il favore del fotografo occasionale, che poté conservare e rivedere le immagini direttamente nella fotocamera.

Anche se il digitale è acclamato come una rivoluzione della fotografia, le regole per ottenere i migliori risultati risalgono ai pionieri del XIX secolo, dove era importante una buona esposizione e una attenta composizione dell'immagine; tuttavia nuove tecniche che tengono conto delle successive elaborazioni fin da prima dello scatto, hanno dato un nuovo afflato a tecniche ben consolidate, rinvigorendo l'interesse dei fotoamatori evoluti e dando potentissimi strumenti a tutti quei professionisti (ed artisti) che svolgono la propria attività gravitando tra la "fotografia pura" e la grafica pittorica.

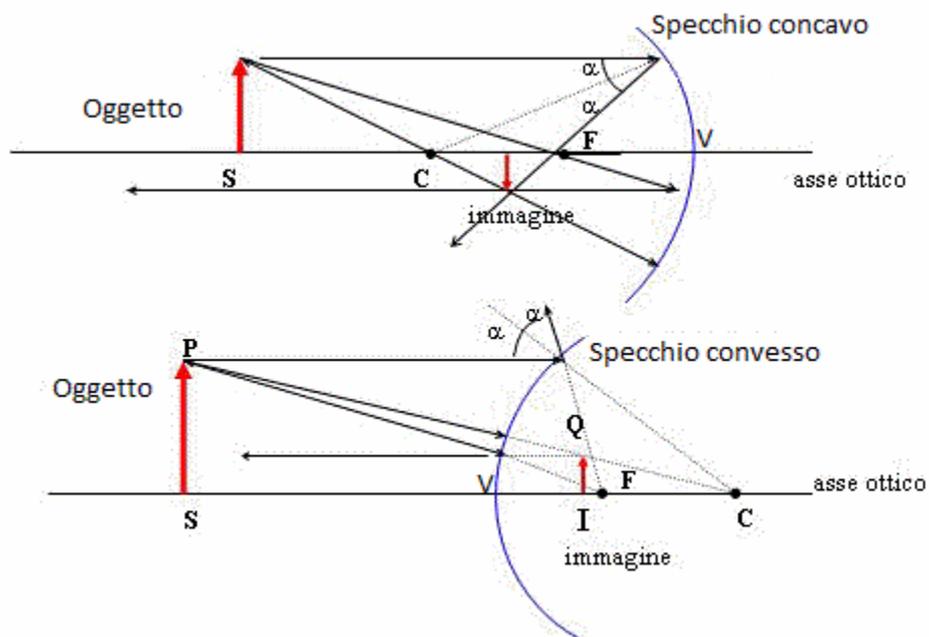
Specchi e Lenti

Nella prima parte dell'esperienza relativa all'ottica parliamo di specchi e lenti e il modo in cui riflettono le immagini (per quanto riguarda la definizione di luce e onde vedere la relazione precedente).

Prima di tutto dobbiamo dire che lenti e specchi formano immagini grazie alla propagazione rettilinea della luce (verificata precedentemente).

Uno specchio è una superficie riflettente sufficientemente lucida in grado di riflettere le immagini, il più noto di essi è lo specchio piano ma esistono anche specchi concavi e convessi.

In essi distinguiamo il fuoco cioè il punto in cui i singoli raggi si concentrano secondo il fenomeno della riflessione, in realtà il fuoco non è sempre un punto unico ma può essere più di uno, chiamiamo caustica l'insieme di tutti i punti focali.



Nella precedente immagine vediamo un esempio di specchio concavo e convesso. Distinguiamo diverse lettere:

- ⤴ C: centro della circonferenza che descrive la curvatura dello specchio
- ⤴ F: fuoco dello specchio, F è anche punto medio del segmento CV
- ⤴ V: vertice, punto d'intersezione tra l'asse ottico e lo specchio,

La freccia rappresenta l'oggetto che si riflette. L'immagine si forma dall'intersezione tra il raggio che dall'immagine va fino al fuoco (f) e al centro (c).

Abbiamo inoltre:

- ⤴ p: distanza dall'oggetto al centro
- ⤴ q: distanza dall'immagine riflessa al centro
- ⤴ f: distanza dal fuoco al centro

Per gli specchi vale una legge che ci permette di calcolare il valore di uno dei tre sapendo quanto valgono gli altri due, la **legge dei punti coniugati**:

$$\left(\frac{1}{p}\right) + \left(\frac{1}{q}\right) = \left(\frac{1}{f}\right)$$

Se si hanno i valori di p e q si può calcolare l'ingrandimento con la formula $G = -q / p$, il meno davanti al rapporto serve per determinare se l'immagine che si forma è diritta o capovolta.

Tutto ciò vale solo se:

1. La curvatura dello specchio è piccola, avremo quindi il valore del raggio elevato
2. I raggi luminosi sono coassiali, cioè paralleli all'asse ottico

Gli esercizi tipo con lenti e specchio sono di questo tipo:

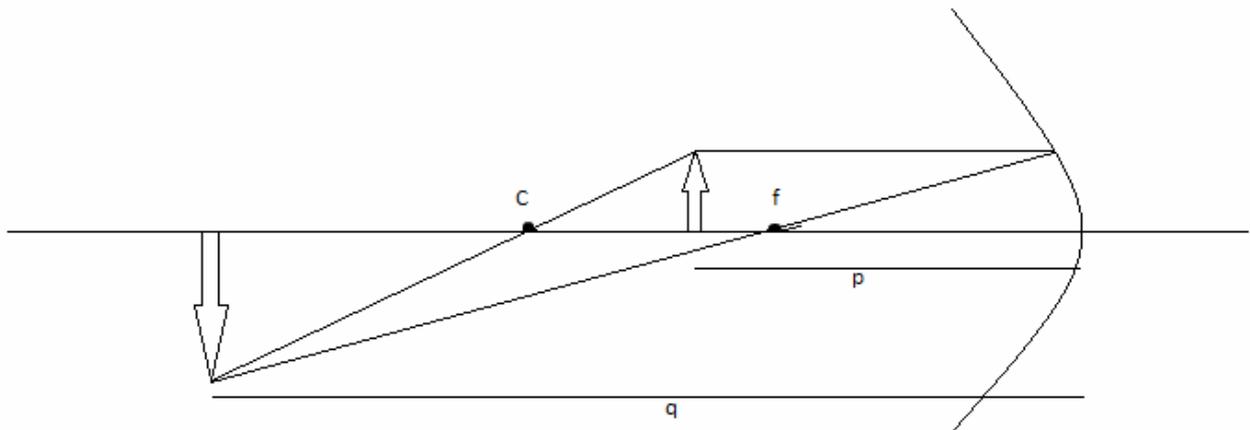
Uno specchio curvo ha un raggio di curvatura di 50cm, ponendo un oggetto alto 10cm a 30cm dal vertice dello specchio, dove si troverebbe l'immagine? Quanto sarebbe grande?

R = 50 cm

p = 30 cm

h₁ = 10 cm

q = ?



h₂ = ?

f = R/2 = 25cm

Con la legge dei punti coniugati troviamo q:

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{x} = \frac{1}{25} \rightarrow 150 + 5x = 6x \rightarrow x = 150$$

Troviamo G:

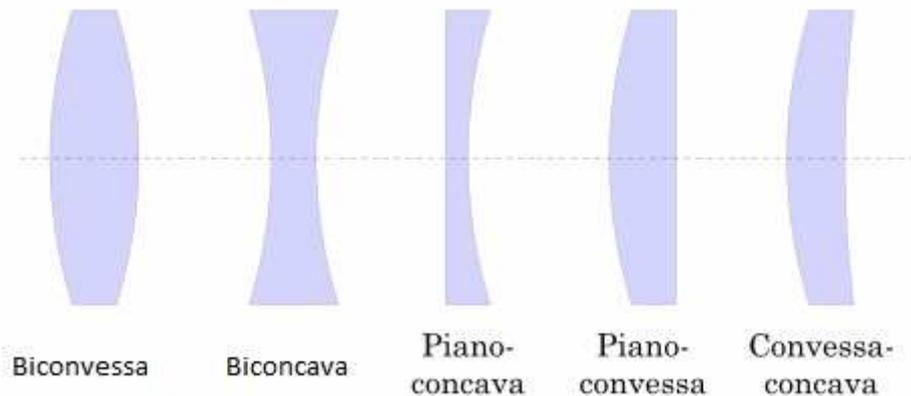
$$G = -150/30 = -5$$

Concludiamo quindi che l'immagine è alta 5*10cm = 50cm.

In definitiva abbiamo che l'immagine è **reale, capovolta e ingrandita**.

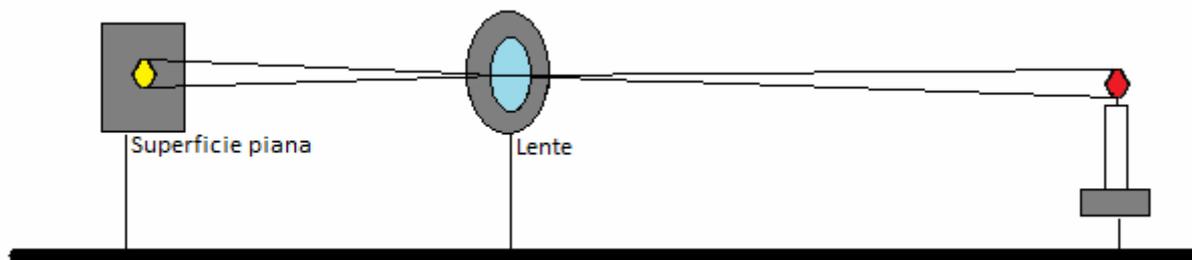
Parliamo ora delle lenti, una lente è un elemento ottico che ha la proprietà di concentrare o di far divergere i raggi di luce. Grazie a questa proprietà può formare immagini, reali o virtuali, esistono diversi tipi di esse:

- ⤴ lente convergente o biconvessa
- ⤴ lente divergente o biconcava
- ⤴ lente piano-concava
- ⤴ lente piano-convessa
- ⤴ lente concavo-convessa



Per quanto riguarda la terminologia adottiamo gli stessi simboli utilizzati per gli specchi, avremo quindi p , q e f ; Ci sono però delle differenze, abbiamo due fuochi e quindi un f positivo e uno negativo, in generale q e f sono positivi se stanno a destra della lente mentre p è positivo se sta a sinistra. Anche per le lenti vale la legge dei punti coniugati e l'ingrandimento (G) è dato ugualmente dal rapporto negativo di q e p .

Illustro ora il supporto usato nell'esperienza.

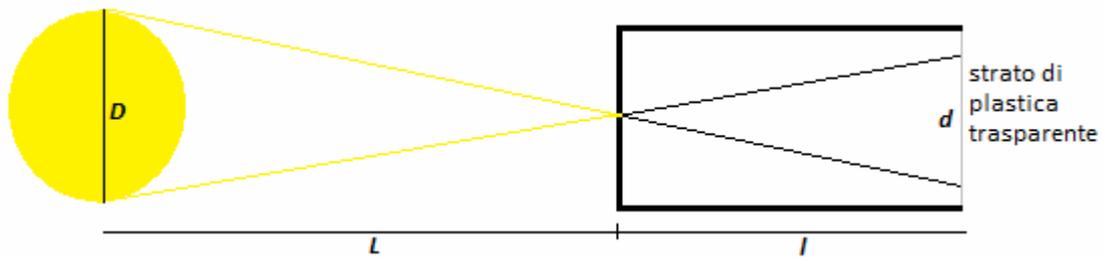


A destra abbiamo la candela cioè la nostra sorgente luminosa, al centro è presente una lente biconvessa, cambiamo sempre il valore di q (distanza superficie-lente) e di p (candela-lente) in modo da ottenere risultati diversi da poter confrontare, facciamo la media dei risultati ottenuti per avere un dato più preciso.

In questa parte dobbiamo evidenziare alcuni errori che hanno falsato calcoli e misurazioni:

- ⤴ soggettività della messa a fuoco dell'immagine che spinge l'allievo a muovere la candela a seconda di come vede l'immagine lui stesso
- ⤴ luce esterna che rende difficile capire se l'immagine è a fuoco oppure no
- ⤴ per fare le misurazione abbiamo dovuto tenere in mano l'asta millimetrata e quindi si può spostarla involontariamente.

Nella seconda parte utilizziamo una camera oscura "fatta in casa" il cui procedimento per costruirla sarà spiegato successivamente, con questo strumento calcoliamo il diametro del sole, la formula è stata ricavata nel seguente modo:



Si formano quindi due triangoli simili, due triangoli si dicono simili quando hanno gli angoli che li compongono sono rispettivamente congruenti, abbiamo quindi la relazione:

$$D : d = L : l \quad \text{da cui} \quad D = (d * L) / l$$

Un ulteriore caso di questo fenomeno è la formazione delle immagini nell'occhio, in modo analogo alla nostra camera oscura: i raggi entrano dalla pupilla e si formano capovolte sulla retina, qui in nervo ottico manda le informazioni al cervello che provvede a girare le immagini.

Anche in questa parte evidenziamo degli errori che contribuiscono al fallimento dell'esperimento:

- ⤴ il buco da cui passano i raggi del sole dovrebbe essere il più piccolo possibile ma durante la costruzione si potrebbe sbagliare nel farlo
- ⤴ anche in questo caso la luce esterna ha un ruolo rilevante, infatti quella che viene da dietro rende difficile misurare la proiezione del diametro solare
- ⤴ il fenomeno dell'aberrazione: in ottica l'aberrazione è un difetto che rende l'immagine sfocata, questo è dovuto dalla diversa rifrazione dei raggi attraverso l'obiettivo (lente nel nostro caso)

Applichiamo la semidispersione e lo scarto percentuale per calcolare gli errori della media e del valore finale trovato

Dividiamo ora la relazione in due parti per maggior comprensione

Parte 1 :

Svolgimento:

1. Prendiamo in mano la candela per aver più mobilità e quindi più combinazioni
2. Mettiamo a fuoco l'immagine proiettata dal fuoco della candela sulla superficie piana
3. Misuriamo il valore di q e di p e registriamo il dato trovato
4. Spostiamo la candela e la lente e rifacciamo le misurazioni
5. Ripetiamo gli ultimi passaggi più volte per avere più valori da confrontare
6. Cambiamo lente e eseguiamo gli stessi passaggi

Dati e loro elaborazione:

Riporto la tabella con i risultati della prima lente(distanza focale +15):

| Misurazione | p | q | f |
|-------------|------------------|------------------|----------|
| 1 | 560 mm = 56 cm | 285 mm = 28,5 cm | 18,57 cm |
| 2 | 590 mm = 59 cm | 236 mm = 23,6 cm | 16,85 cm |
| 3 | 602 mm = 60,2 cm | 245 mm = 24,5 cm | 17,41 cm |
| 4 | 585 mm = 58,5 cm | 350 mm = 35 cm | 21,89 cm |
| 5 | 640 mm = 64 cm | 215 mm = 21,5 cm | 16,09 cm |

Media dei valori di f: **18,162 cm**

Semidispersione = $(21,89 - 16,09)/2 = 2,935$

Errore percentuale = $(2,935/18,162)*100 = 16,10\%$

Valore finale trovato = (18,162 ± 2,935)cm

Valore riportato sulla lente = **15 cm**

Scarto percentuale = $(18,162 - 15)/18,162 = 17,41\%$

Riporto la tabella con i risultato della seconda lente:

| Misurazione | p | q | f |
|-------------|----------------|----------------|-------|
| 1 | 470 mm = 47 cm | 150 mm = 15 cm | 11,37 |
| 2 | 400 mm = 40 cm | 90 mm = 9 cm | 7,35 |
| 3 | 210 mm = 21 cm | 90 mm = 9 cm | 6,30 |
| 4 | 460 mm = 46 cm | 60 mm = 6 cm | 5,77 |
| 5 | 230 mm = 23 cm | 55 mm = 5,5 cm | 4,44 |

Media dei valori di f: **7,046 cm**

Semidispersione = $(11,37 - 4,44)/2 = 3,465$

Errore percentuale = $(3,465/7,046)*100 = 49,17\%$

Valore finale trovato = (7,046 ± 3,465)cm

Valore riportato sulla lente = **5cm**

Scarto percentuale = $[(7,046 - 5)/7,046]*100 = 29,03\%$

Conclusione:

In seguito all'esperienza effettuata e ai calcoli possiamo concludere che:

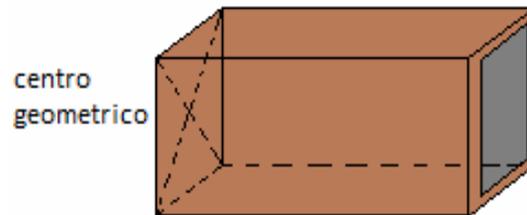
- ✦ con la prima lente siamo riusciti a calcolare sperimentalmente la distanza focale ma abbiamo riscontrato errori non indifferenti: la media ha un errore 16,10% mentre il valore da noi trovato differisce da quello "vero" del 17,41%
- ✦ nel secondo caso gli errori sono stati piuttosto elevati in quanto la media ha un errore del 49,17% mentre il valore differisce del 29,03%, in seguito a questi errori possiamo dichiarare la seconda parte non del tutto riuscita.

Parte 2

Svolgimento:

Costruzione della camera oscura:

1. Prendiamo una scatola
2. Ritagliamo un rettangolo in una faccia (preferibilmente una faccia piccola)
3. Applichiamo sul buco uno strato di plastica usata per ricoprire i libri
4. Nella faccia opposta a quella con la plastica pratichiamo un piccolo foro con uno spillo



Come calcolare il diametro del sole:

1. Puntiamo il foro verso il sole
2. Misuriamo il diametro della proiezione del sole
3. Eseguiamo i calcoli

Dati e loro elaborazione:

Misura rilevata = **0,0038m**

$$D = (d * L) / l = (0,0038 * 1,49 \times 10^{11}) / 0,355 \text{m} = \mathbf{1,595 \times 10^9}$$

Diametro reale del sole: **$1,391 \times 10^9 \text{ m}$**

$$\text{Scarto percentuale} = \{[(1,595 - 1,391) \times 10^9] / 1,391 \times 10^9\} \times 100 = \mathbf{32,53\%}$$

Conclusione:

In seguito all'esperienza siamo riusciti a calcolare il diametro del sole, anche se abbiamo riscontrato un errore del 32,53%.