

## PERCORSO DIDATTICO SULL'OTTICA

Leonardo Barsantini

### Propagazione della luce

Accendete una candela in una stanza parzialmente oscurata e ponete le seguenti domande:

**1. In quali direzioni è inviata la luce prodotta dalla candela?**

**La luce della candela raggiunge gli oggetti presenti e le pareti della stanza?**

Gli studenti non dovrebbero avere difficoltà a indicare che la luce è inviata in tutte le direzioni; si può qui introdurre il termine propagazione della luce. Si illumini adesso la stanza con luce intensa di altre sorgenti, ad esempio la luce esterna, in modo da eliminare le ombre prodotte dalla candela.

**2. La luce prodotta resta attorno alla candela o anche in questo caso raggiunge gli altri oggetti?**

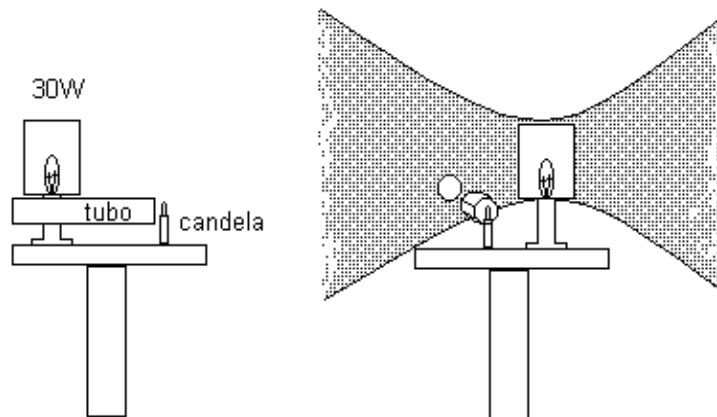
Adesso non è più detto che per tutti gli studenti la luce della candela continui a propagarsi fino alle pareti. Ricerche condotte sulle concezioni degli studenti hanno messo in evidenza che per molti di loro la luce di una sorgente si propaga molto più di notte (o al buio), che non di giorno (si veda a cura di N. Grimellini e G. Segrè, *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti*, La Nuova Italia, 1991)

Diminuite gradatamente l'intensità delle altre sorgenti, in modo da mettere sempre più in evidenza la luce che si propaga dalla candela. Ripetete il passaggio dalla luce al buio, sempre con la candela accesa, alcune volte.

### 3. Con la stanza ben illuminata la luce prodotta dalla candela non sembrava potersi propagare fino agli altri oggetti. E' vero questo? Cosa pensi che accada?

Gli studenti dovrebbero essere in grado di ipotizzare che anche in presenza di luce esterna intensa, la luce della candela raggiunge gli altri oggetti e le pareti della stanza anche se questa non è più visibile perché sovrastata dalla luce esterna.

Si può anche proporre agli studenti l'esperienza riportata in figura. In una stanza sono presenti su un tavolo, posto vicino a una parete bianca, una lampada e una candela. Quando la lampada è accesa, la luce della candela non si nota più. Se però avviciniamo alla candela, posta a circa 30 cm dalla parete, un tubo (quelli di cartone per la carta o l'alluminio che si usa in cucina vanno bene) del diametro di circa 5 cm, nella zona d'ombra proiettata sulla parete dal paralume si osserva un debole cerchio luminoso proveniente dalla candela. La luce della candela che con la lampada accesa non si riesce a osservare, è invece messa in evidenza per mezzo del tubo. Se si avvicina molto la candela alla parete si riesce a vedere il chiarore prodotto anche con la lampada accesa, ma il tubo serve a far comprendere che questo "chiarore" è presente anche quando la candela non è così vicina alla parete. Quanto visto può allora essere l'occasione per parlare della capacità dell'occhio di rilevare deboli segnali luminosi, o piccole variazioni di luminosità in ambienti illuminati; ciò fornisce anche la possibilità di collegare questo percorso a un percorso di biologia sull'occhio.



Gli studenti dovrebbero essere adesso in grado di rispondere correttamente alla seguente domanda.

**4. Si può affermare che la luce della candela si propaga allo stesso modo sia in piena luce, sia al buio?**

Si può adesso passare ad analizzare la propagazione rettilinea della luce. Sempre con una candela e un tubo (ad esempio il tubo di cartone su cui è avvolta la carta da cucina), esplorate lo spazio attorno alla candela in una stanza buia.

Tutti gli studenti dovrebbero essere in grado di dire qualcosa dopo aver effettuato la prova. In ogni caso le osservazioni fondamentali dovrebbero rispondere alle domande:

**5. Cosa si osserva?**

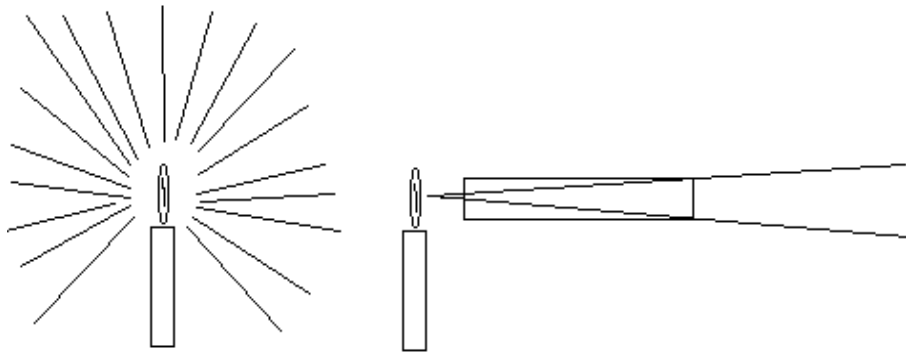
**La luce della candela proiettata dal tubo raggiunge le pareti più lontane?**

**Il cerchio di luce è più intenso sulle pareti vicine o su quelle lontane?**

**Il cerchio di luce è più grande (maggiore o minore diametro), sulle pareti vicine o su quelle lontane?**

Nel caso che gli studenti abbiano difficoltà a rispondere si può far ipotizzare loro una risposta e poi ripetere l'osservazione.

Per raffigurare la luce che esce dalla candela si può ricorrere alla rappresentazione grafica dei raggi che si propagano in modo rettilineo. Prima di proporre tale rappresentazione è opportuno chiedere ai ragazzi di disegnare la candela con la luce che si propaga. Potrebbe essere interessante, per capire cosa pensano gli studenti, chiedere la stessa rappresentazione utilizzando sia una matita nera sia matite colorate. Si può adesso introdurre il termine raggi luminosi.



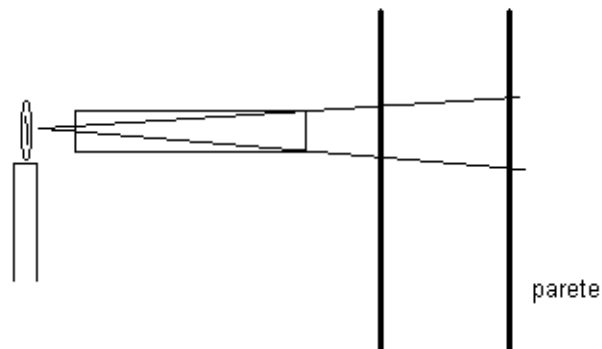
**6. Supponendo, per semplicità, che tutti i raggi partano da un punto centrale della candela, disegna i soli raggi che escono dal tubo.**

Nella parte destra della figura sono rappresentati i soli raggi che escono dal tubo. Gli studenti potrebbero avere difficoltà a realizzare questo disegno. Si può allora chiedere di disegnare attorno alla candela molti raggi e poi sovrapporre al disegno un cartoncino rettangolare che simula il tubo, allo scopo di intercettare i soli raggi utili. A questo punto si può porre la seguente domanda.

**7. Perché il cerchio di luce della candela proiettato dal tubo è più grande sulla parete lontana?**

Si può aiutare gli studenti a rispondere, simulando sul disegno precedente una parete che si allontana o si avvicina alla candela.

**8. Prova ad avvicinare, sul disegno, la parete alla candela. Sei ora in grado di rispondere alla domanda precedente?**



Gli studenti dovrebbero essere in grado di individuare la relazione che intercorre fra la grandezza del cerchio proiettato e la distanza dalla parete.

**9. Si può affermare che i raggi si propagano in modo rettilineo?**

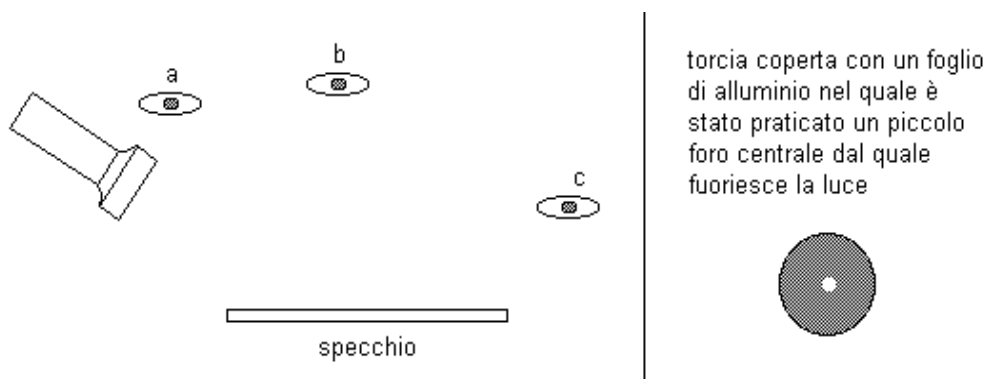
La rappresentazione grafica utilizzata faceva già uso, implicitamente, della propagazione rettilinea, ma è bene che i ragazzi ne diventino coscienti.

**10. Perché il cerchio di luce è più intenso sulle pareti vicine che su quelle lontane?**

Gli studenti dovrebbero essere aiutati a comprendere che la stessa quantità di luce che fuoriesce dal tubo raggiunge sia la parete vicina sia quella lontana: sulla prima è quindi più “concentrata”, sulla seconda è più “diluita”.

**Riflessione della luce**

La parte che segue cercherà di chiarire il rapporto fra visione e riflessione della luce. Si consideri l’esperimento riportato in figura.



La torcia illumina uno specchio attraverso una piccola apertura, come illustrato nella figura; a, b, c sono tre posizioni in cui si trova un osservatore (nella figura sono stati schematizzati degli ovali che rappresentano l'occhio). E' importante che la torcia elettrica non sia sopra lo specchio, altrimenti i raggi che fuoriescono in tutte le direzioni dall'apertura centrale si riflettono anche in a e b. E' anche opportuno eseguire la prova in una stanza oscurata per concentrare l'attenzione sul solo punto luminoso.

### 11. Si vede la luce della torcia riflessa nello specchio dalle posizioni a, b, c?

Per molti studenti la risposta non è scontata. Le ricerche condotte sulle concezioni degli studenti mostrano che a questo tipo di domande si ottengono cinque tipologie di risposte:

1. alcuni studenti ritengono che da tutte le posizioni si veda la luce riflessa (esclusa la parete dove è appeso lo specchio);
2. altri pensano che si debba stare proprio davanti allo specchio;
3. ci sono poi studenti che applicano una sorta di legge della riflessione senza curarsi che l'angolo di incidenza sia uguale a quello di riflessione;
4. alcuni ritengono che l'angolo di riflessione sia sempre perpendicolare a quello incidente;
5. infine vi sono gli studenti che applicano correttamente la legge della riflessione.

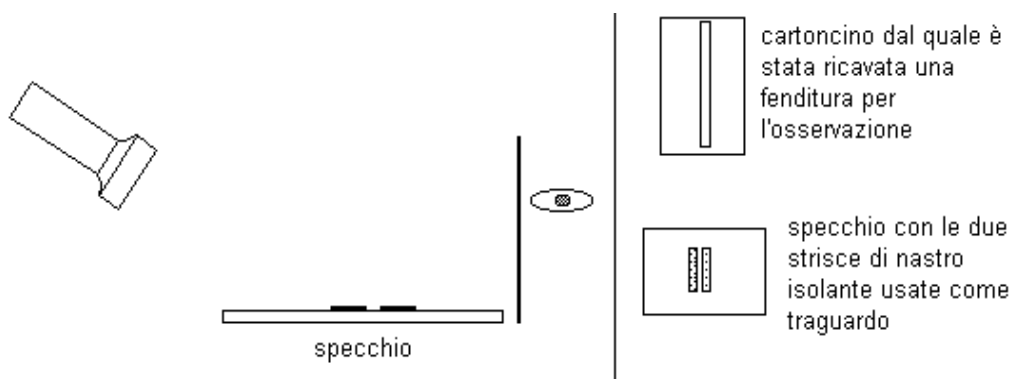
Piaget, studiando le condizioni che applicano i ragazzi per ottenere la riflessione da uno specchio, si era già imbattuto in questi casi.

Dopo aver raccolto le ipotesi dei ragazzi si può eseguire la prova di verifica. Questa dovrebbe portare gli studenti a scartare i primi due tipi di risposte riportate sopra.

Si può adesso mostrare che non solo la luce, ma anche gli oggetti posti a lato dello specchio si vedono riflessi se ci poniamo al lato opposto.

**12. Dove ci dobbiamo porre per vedere riflesso un oggetto posto non davanti allo specchio stesso, ma a lato di esso?**

La parte opposta, però, non è una posizione generica ma un punto preciso. A questo scopo si considera sempre la torcia e lo specchio, ma sullo specchio si determina un punto ben preciso ad esempio con due pezzi di nastro isolante.

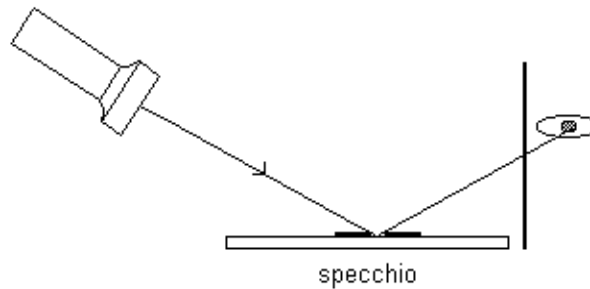


**13. Determina a quale altezza della fenditura deve essere posto l'occhio per vedere la luce riflessa fra le due strisce di nastro isolante.**

Gli studenti che osservano possono farsi aiutare da un compagno per segnare indicativamente l'altezza dell'occhio che osserva rispetto alla fenditura.

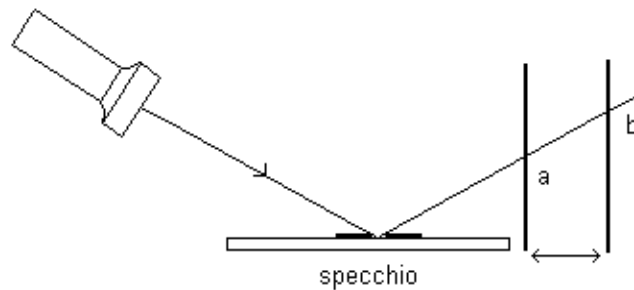
**14. Su uno schema dove hai riportato la torcia elettrica, lo specchio, la fenditura e l'occhio, disegna il cammino percorso dalla luce che si riflette fra i due pezzi di nastro isolante.**

La rappresentazione dello studente non è detto che riporti correttamente l'eguaglianza fra l'angolo di incidenza e quello di riflessione, dovrebbe però riportare in modo chiaro il percorso della luce come in figura.



**15. Allontanando dallo specchio la fenditura rispetto alla quale si osserva, l'occhio deve salire o scendere per osservare l'immagine riflessa fra le due strisce di nastro?**

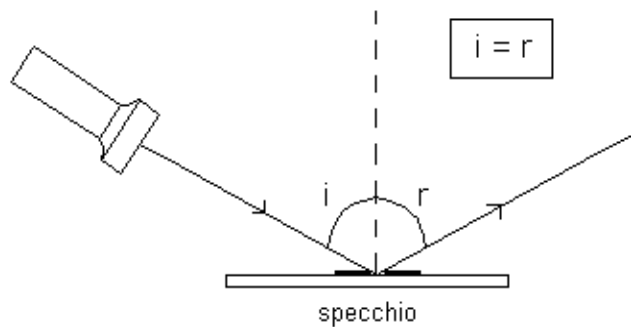
Lo studente dovrebbe essere invitato a rispondere utilizzando la figura precedente, nella quale lasciando invariato il percorso della luce si sposta la fenditura e si ridetermina la posizione dell'occhio.



Nella figura a e b indicano le due posizioni dell'occhio per due posizioni diverse della fenditura. Dopo aver sentito gli studenti è opportuno verificare sperimentalmente le loro congetture. Lo scopo di queste considerazioni è quello di condurli a comprendere la relazione che intercorre fra visione e raggio di luce che incide nell'occhio.



E' adesso possibile, utilizzando un dispositivo da laboratorio per la verifica della legge della riflessione, mostrare che l'angolo di incidenza è uguale a quello di riflessione.



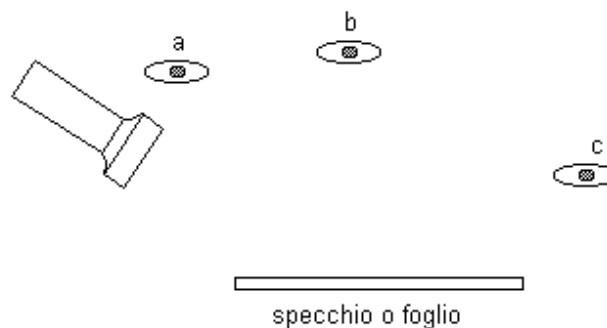
E' opportuno che gli studenti abbiano lavorato sugli angoli anche se il percorso può essere utilizzato proprio per rivedere e rinforzare tali concetti.

### Superfici riflettenti

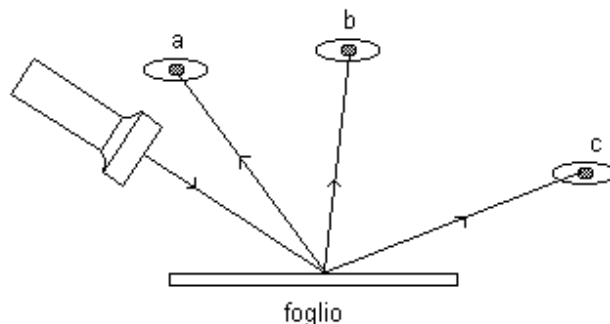
Vogliamo adesso portare gli studenti a fare delle semplici analisi sulle superfici riflettenti.

**16. Se eseguiamo la prova riportata in figura con uno specchio sappiamo già che la luce della lampada è visibile soltanto dalla posizione c; da quale posizione (a, b, c) si vede la luce riflessa se al posto dello specchio mettiamo un foglio di carta bianca.**

Dopo aver sentito le risposte degli studenti si può eseguire la prova che mette in evidenza la sostanziale differenza fra lo specchio e il foglio; in quest'ultimo caso la luce è visibile da tutte le posizioni dell'osservatore.



**17. Realizza una figura che riporti, nel caso del foglio bianco, il percorso dei raggi che arrivano in tutte le posizioni prese in considerazione.**



Gli studenti dovrebbero essere in grado di realizzare facilmente lo schema riportato sopra. Si può allora porre la seguente domanda.

**18. In questo caso potremmo anche supporre che la legge della riflessione non sia più valida, ma cerca una spiegazione del perché la luce va in tutte le direzioni supponendo che la legge della riflessione sia sempre valida. (Poiché l'unica differenza fra le due esperienze sta nell'aver utilizzato un foglio invece che uno specchio, puoi fare ipotesi sul differente tipo di superfici).**

La domanda è indubbiamente difficile e gli studenti possono essere aiutati applicando la legge della riflessione su una superficie liscia che simula uno specchio e su una ruvida che simula il foglio di carta. In ogni caso il lavoro è interessante perché ripropone il cammino che potrebbe percorrere uno scienziato che cerca una risposta a un problema in contraddizione con un principio accettato (in questo caso la riflessione con l'angolo di incidenza uguale a quello di riflessione).



Nel caso del foglio bianco “si salva” la legge della riflessione facendo quindi ipotesi appropriate sulla ruvidità della superficie. In questo caso non si parla più di riflessione ma di diffusione della luce.

Un’ultima esperienza potrebbe essere fatta considerando un foglio di carta nera invece che di carta bianca.

**19. Descrivi la differenza fra la luce diffusa da un foglio di carta bianca e uno di carta nera.**

Lo studente dovrebbe accorgersi che nel secondo caso la luce diffusa è inferiore a quella diffusa dal foglio bianco.

**20. Perché nel caso del foglio nero la luce diffusa è inferiore a quella diffusa dal foglio bianco?**

Quest’ultima domanda introduce l’assorbimento della luce da parte delle superfici e permette all’insegnante, ricapitolando, di porre a confronto la riflessione, la diffusione e l’assorbimento.

Si conclude qui il lavoro sui primi elementi dell’ottica ponendo le basi per un successivo percorso sui colori.

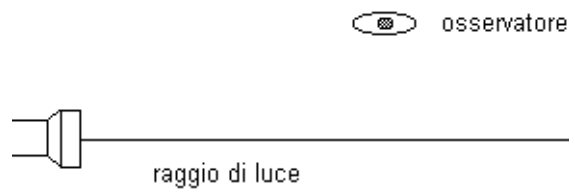
**Prove di verifica**

- 1. In una stanza buia la luce della candela raggiunge le pareti più lontane?**
- 2. La luce è più intensa sulle pareti vicine o su quelle lontane?**
- 3. La luce prodotta da un fiammifero si propaga più facilmente di giorno o di notte?**

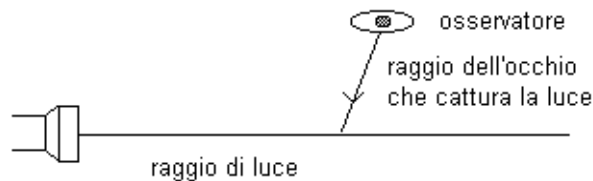
4. E' vero che la luce prodotta da una candela forma un alone (una corona luminosa) che rimane attorno alla candela stessa?
5. E' possibile vedere l'oggetto riflesso nello specchio dalla posizione in cui si trova l'osservatore? Se non è possibile dove porresti l'osservatore per vedere l'immagine riflessa. Disegna il percorso dei raggi luminosi.



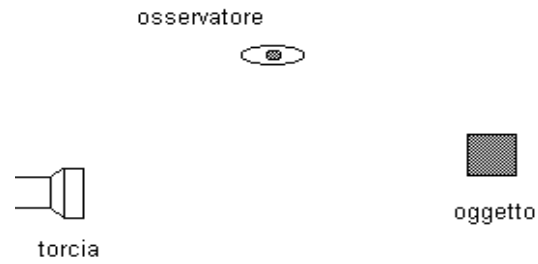
6. L'occhio riesce a vedere il raggio di luce emesso dalla torcia?



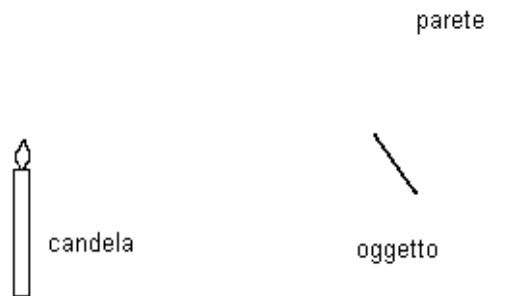
7. Il meccanismo per la visione rappresentato in figura ti pare corretto?



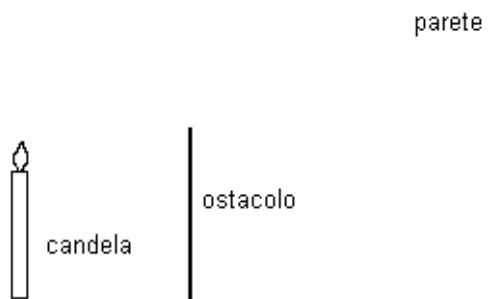
8. Nella figura seguente, disegna il percorso che i raggi luminosi devono compiere per vedere l'oggetto. L'unica sorgente luminosa è la torcia.



**9. Disegna l'ombra proiettata dall'oggetto.**



**10. Da quali punti della parete è possibile vedere la fiamma della candela?**



**11. E' corretta la riflessione riportata in figura? Perché?**

