

# Ottica nel mondo reale

Scuola Estiva A.I.F.

Assergi, 30 luglio – 4 agosto 2001

## RACCOLTA di PROBLEMI

### Premessa

Quello che segue è un insieme di testi che, anche a prima vista, appare abbastanza eterogeneo: semplici esercizi, problemi, proposte di attività, spunti di riflessione o discussione, il tutto volutamente compreso in un'accezione ampia del termine *problema*.

In effetti, anziché frazionare la raccolta a seconda della tipologia degli enunciati o del loro possibile utilizzo, rischiando una classificazione minuta e talvolta opinabile, si è preferito limitarci a suddividere le proposte secondo i temi trattati nella Scuola Estiva.

Si potranno trovare quindi, qui di seguito e in ordine casuale, applicazioni o complementi di quanto presentato nella Scuola Estiva, ad uso dei partecipanti, così come proposte non compiutamente definite ma che potranno essere riprese ed elaborate in situazioni adeguate, fino a testi che, invece, sono direttamente o indirettamente il frutto della sperimentazione relativa al progetto didattico che ha animato questa esperienza ("Progetto Cascina" – 1976) e che sono stati e sono effettivamente utilizzati in classe dai docenti collaboratori.

Per sottolineare questa importante peculiarità, questi ultimi *problemi* sono evidenziati con il simbolo © alla destra dell'intestazione, per una loro immediata individuazione.

Inoltre, nei casi in cui i testi presentati non siano originali, sempre sul margine destro è riportata la fonte da cui è stata tratta l'idea, anche quando l'enunciato non sia stato ripreso testualmente o completamente, ma rielaborato per adattarlo meglio a questa presentazione.

All'ideazione, alla raccolta e alla selezione dei problemi hanno contribuito: R. Bagnolesi, M. Coluccini, E. Fabri, C. Madella, U. Penco. La stesura definitiva è di UP.

---

*Nota preliminare: le grandezze fotometriche citate nei testi dei problemi (luminanza e illuminanza) sono definite in appendice 5 del testo.*

---

---

## 1. – OMBRE E PENOMBRE

### 1.A– Propagazione rettilinea: Ombre

---

#### Problema 1.A.1 – Ombre e proporzioni

Discutere l'enunciato di questo problema:

“Proietto l'ombra della mano sullo schermo. Se la mano misura 16 cm, la sua distanza dalla sorgente è 1 m e quella dallo schermo 50 cm, quanto sarà più grande l'ombra?”

Il problema può essere utilizzato in questa forma o richiede precisazioni?

---

#### Problema 1.A.2 – Ombre e proporzioni

© [Progetto Cascina]

Un'automobile con un solo faro acceso proietta la mia ombra sul muro. L'auto è a 100 m dal muro, io a 2 m.

Se la mia testa è alta 20 cm, quanto è alta la sua ombra? Se l'auto si porta a 200 m dal muro, quanto misura l'ombra della mia testa? E se va a 500 m?

---

#### Problema 1.A.3 – Ombre, uguaglianza, similitudine

Discutere in che senso si può dire che un oggetto e la sua ombra prodotta da una sorgente puntiforme sono “simili”, oppure sono “uguali”, se la sorgente è molto lontana?

Cosa hanno in comune e in che cosa differiscono l'oggetto e l'ombra?

---

#### Problema 1.A.4 – Ombre sul muro

Si vogliono studiare le ombre prodotte su un muro da oggetti vari quando sono illuminati dal fascio di luce di una sorgente puntiforme posta a distanza nota dal muro.

Quali sono le condizioni necessarie e sufficienti perché un disco produca la stessa ombra di una sfera di uguale raggio?

Quali oggetti possono formare un'ombra indistinguibile da quella di cubo disposto con due facce parallele al muro?

Si può dunque riconoscere un oggetto dalla sua ombra?

---

**Problema 1.A.5 – Ombre e proporzioni**

©

Maria è in gita a Volterra durante una splendida giornata di sole; alle ore 14 osserva sulla piazza principale le ombre gettate dal palazzo municipale e dalla torre; queste misurano rispettivamente 20 m e 28 m. Contemporaneamente nella stessa piazza una colonnina alta 0.9 m proietta un'ombra di 0.6 m.

Spiega come Maria può ragionevolmente calcolare l'altezza della torre e del palazzo.

---

**Problema 1.A.6 – Propagazione rettilinea oppure no**

© [Progetto Cascina]

Se anche il suono, come la luce, si propagasse soltanto in linea retta, accadrebbero molte cose curiose. Tra gli esempi che seguono, alcuni sono scelti bene, altri non c'entrano niente. Decidi tu quali.

- a) Non si potrebbe sentire il fischio d'un treno che non si vede.
  - b) Non potrebbe esistere la radio senza la televisione.
  - c) Al buio saremmo tutti sordi.
  - d) Sarebbe perfettamente inutile suonare agli incroci.
  - e) Non si potrebbe parlare al telefono.
  - f) Sarebbe più difficile sentire la campanella alla fine della lezione.
- 

**Problema 1.A.7 – Propagazione rettilinea con sorgente a grande distanza**

Una chiesa ha due campanili di uguale altezza le cui punte distano 30 m. Esse proiettano la loro ombra sulla piazza e la distanza tra le punte dei campanili e le corrispondenti ombre è di 80 m.

Quanto distano esattamente le ombre delle due punte?

Note:

- trattare il Sole come sorgente puntiforme;
- trascurare gli errori di misura (i dati numerici sono da considerare esatti);
- si supponga di utilizzare un calcolatore con 9 cifre decimali per avere il risultato numerico.

Dato: Distanza Terra-Sole: 150 milioni di km.

**Problema 1.B.1** – A che altezza un aereo non fa più ombra?

Date le dimensioni di un aereo (si può cercare di fare una stima ragionevole della larghezza di un'ala o alle dimensioni della fusoliera), e fissata la posizione del Sole in cielo, dire a quale altezza la dimensione della zona d'ombra a terra si annulla.

---

**Problema 1.B.2** – L'ombra di un campanile

Il campanile di una chiesa, alto circa 20 m, è sormontato da una croce. Tuttavia, quando la mattina il Sole è a  $25^\circ$  d'altezza, all'estremità dell'ombra del campanile proiettata sull'ampio piazzale di fronte alla chiesa, non appare l'ombra della croce.

Che deduzione (anche quantitativa) se ne può trarre?

E se, verso mezzogiorno (il Sole è adesso a  $60^\circ$  sull'orizzonte), si intravede una traccia di ombra della croce, che informazione ulteriore se ne può trarre?

---

**Problema 1.B.3** – Studio dell'ombra dello spigolo di un palazzo

Studiare come varia la dimensione della zona di penombra prodotta al sole dallo spigolo di un palazzo, man mano che ci si allontana dalla base.

---

**Problema 1.B.4** – Ombre “lunghe” al tramonto

In analogia al caso del palazzo, quando il Sole è basso e le ombre sono molto allungate, l'ombra della testa di una persona appare notevolmente sfumata.

Perché l'ombra della “propria” testa appare ugualmente nitida indipendentemente dall'altezza del Sole?

---

**Problema 1.B.5** – Sezioni di un fascio di luce

La luce di una sorgente estesa di forma sferica viene intercettata da un diaframma di forma circolare, a distanza  $D$  dalla sorgente; il piano del diaframma è perpendicolare al raggio che passa per il suo centro. Siano note le dimensioni della sorgente (raggio  $R$ ) e del diaframma (raggio  $r$ ).

Determinare le dimensioni della zona in luce e di quella in penombra che si producono su uno schermo perpendicolare all'asse del fascio e posto a distanza  $d$  dal piano del diaframma.

Esprimere il risultato in funzione dell'angolo  $\alpha$  che rappresenta il semiangolo angolare della sorgente vista dal centro del diaframma, nell'ipotesi che tale angolo sia "piccolo".

Analizzare i casi  $d \ll D$  e  $d \gg D$ , interpretando il risultato.

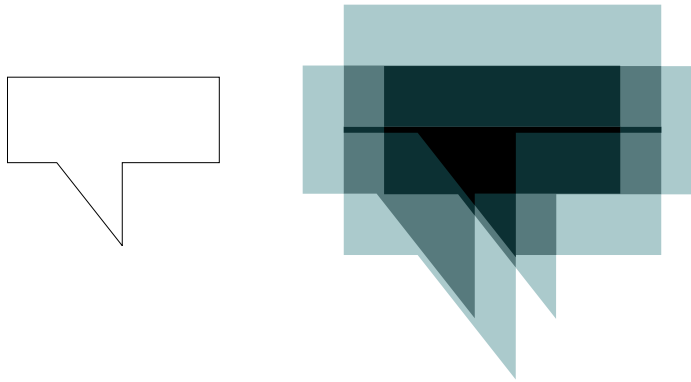
Come si descrive qualitativamente il comportamento di un diaframma di forma quadrata di lato  $2r$ ?

Studiare (in modo analitico o grafico) la forma dell'area illuminata su uno schermo, al variare della distanza  $d$  tra diaframma e schermo.

---

### Problema 1.B.6 – Indagine sulla sorgente

La figura a destra rappresenta la fotografia dell'ombra ottenuta ponendo la sagoma di cartoncino rappresentata a sinistra a distanza di 50 cm dallo schermo.



Dall'osservazione delle zone di ombra e di penombra determinare le caratteristiche della sorgente che è stata usata (posizione, dimensione, forma ...).

---

### Problema 1.B.7 – Gnomone verticale

Nel cortile di una scuola si vuole piantare un palo verticale da adibire a gnomone, per determinare come varia l'altezza e l'azimut del Sole durante il giorno e durante l'anno.

Fissato il rapporto tra altezza e diametro del palo, discutere che problemi potrebbe dare un palo troppo alto (ovvero che tipo di errori di misura ci si deve aspettare).

E usando invece un paletto troppo basso?

---

### Problema 1.B.8 – Eclisse di Sole

Calcolare il raggio dell'ombra prodotta dalla Luna sulla Terra (durante un'eclisse totale di Sole), nel caso più favorevole e con l'ipotesi semplificativa che i centri di Sole e Luna siano allineati.

---

**Problema 1.B.9** – Eclisse da diversi punti di vista

Durante un'eclisse di Sole, se il diametro apparente della Luna è circa uguale a quello del Sole, la durata della fase di totalità è trascurabile rispetto alla durata complessiva dell'eclisse che, in una certa località sia, ad esempio, di circa 4 ore.

Come varia nel tempo l'illuminanza sul terreno prima e dopo la fase di totalità?

In un'altra località in cui la stessa eclisse sia parziale e il Sole oscurato per l'80% del suo diametro, l'effetto potrebbe non essere notato per nulla.

Che rapporto di illuminanza c'è tra la fase di massima eclisse e la condizione normale?

Dati: *Si facciano due ipotesi semplificative:*

- *luminanza uniforme dei vari punti della superficie solare;*
- *altezza costante del Sole sull'orizzonte.*

1.C– Altro

---

**Problema 1.C.1** – Velocità della luce

Capita talvolta di leggere su un giornale o sentire alla televisione che la luce viaggia alla velocità di 300 000 km/h.

Se questo fosse vero come potremmo accorgercene? Quali fatti, situazioni, esperienze comuni sarebbero vistosamente alterati?

---

**Problema 1.C.2** – Rifrazione atmosferica

Sapendo che la rifrazione atmosferica a 45 deg di altezza è circa 1' d'arco, e assumendo che lo spessore dell'atmosfera sia trascurabile rispetto al raggio della Terra, dedurre il valore dell'indice di rifrazione dell'aria al suolo.

---

**Problema 1.C.3** – Rifrazione atmosferica vista dalla Luna (1)

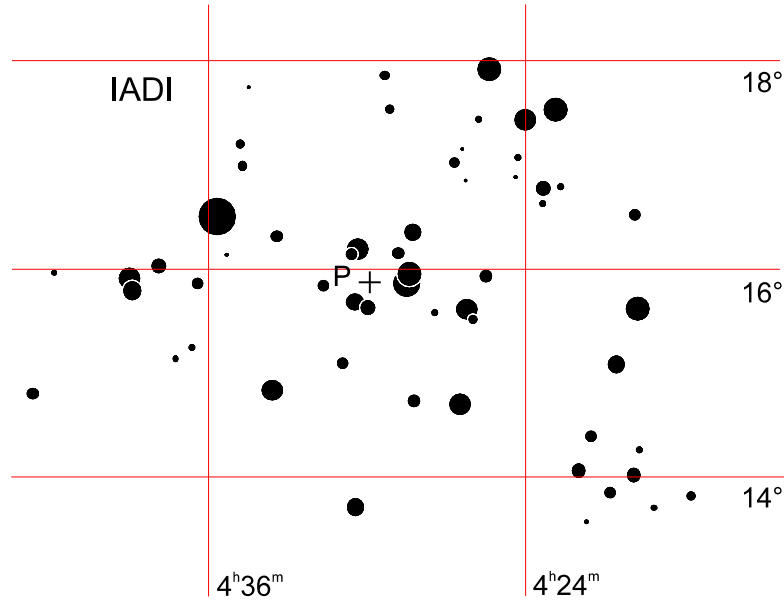
Un astronauta, mentre si trova sulla superficie lunare, osserva la Terra che occulta una stella "centralmente" (la traiettoria apparente del centro della Terra passa esattamente davanti alla stella).

Tenendo conto della presenza dell'atmosfera terrestre (ma potendone trascurare l'assorbimento), per quanto tempo la stella risulterebbe ancora visibile a causa della rifrazione?

---

**Problema 1.C.4 – Rifrazione atmosferica vista dalla Luna (2)**

Nelle stesse condizioni, come si vedrebbe l'ammasso delle Iadi (mostrato in figura) mentre la Terra, passandoci davanti, si trova col suo centro nel punto P?



---

**Problema 1.C.5 – Rifrazione atmosferica vista dalla Luna (3)**

Ancora nelle stesse condizioni, supponiamo che l'astronauta osservi dalla Luna quella che sulla Terra chiamiamo "eclisse di Luna".

Dopo aver rappresentato in un diagramma in scala la Terra e il Sole, determinare quale parte di atmosfera viene vista illuminata, in funzione della distanza angolare tra i centri della Terra e del Sole.

---

**Problema 1.C.6 – Occultazione di Venere.**

©

Tommaso e Ambra leggono sul giornale che il 12 luglio 1996 Venere sarà occultata dalla Luna e poiché si interessano di astronomia, decidono di osservare e fotografare questo fenomeno che è piuttosto raro. Il giornale riporta l'ora di inizio dell'occultazione per alcune città italiane, a Lucca essa inizierà alle ore 9.52.

Purtroppo dopo alcuni giorni nessuno dei due si ricorda se l'occultazione avverrà alle 9.52 di mattina o di sera. Ambra consulta il calendario e dal fatto che il 15 luglio la Luna è nuova conclude che l'occultazione avverrà al mattino.

Ha ragione?

P-7

---

**Problema 1.C.7** – Occultazione di Venere

©

Prima dell'occultazione, Venere appariva, osservata al telescopio, come una piccola Luna, aveva infatti la forma a gobba come la Luna.

Ricordi da che parte aveva la gobba?

Galileo ha scoperto (1610) che Venere ha le fasi come la Luna. Da cosa dipendono le fasi di Venere?

Venere è, a volte, visibile al mattino, altre volte alla sera. Dove ha rivolta la parte lucente quando è visibile al mattino? e quando è visibile alla sera?

---

**Problema 1.C.8** – Eclisse di Luna e longitudine.

©

Fenomeni come l'occultazione di Venere o un'eclisse possono essere utilizzati per calcolare la differenza di longitudine tra due luoghi. Galileo descrive, nel brano riportato di seguito, come sia possibile calcolare la differenza di longitudine tra Venezia e le isole Canarie osservando un'eclisse di Luna.

*“... Si cerca la longitudine di Venezia: occorre questa sera l'eclissi della Luna, la quale oscurazione in Venezia comincia dieci ore dopo mezo giorno: si osserva la medesima oscurazione nell'isole Fortunate, ed aviamo, dalle relazioni fatteci, che il suo principio fu otto ore dopo mezo giorno: adunque il Sole arriva al nostro meridiano due ore avanti che al meridiano delle isole Fortunate; dal che è manifesto, tali meridiani esser fra loro distanti quanto importa il moto del Sole in due ore ...”*

Servendoti di quello che scrive Galileo, calcola la differenza di longitudine tra Venezia e le isole Canarie.

---

**Problema 1.C.9** – Transito di Venere.

Che “penombra” produce sulla Terra un transito di Venere, in termini di dimensioni e di variazione d'illuminanza al suolo?

Quanto dura il fenomeno se il transito avviene centralmente?

Dati: *Trattare i moti come circolari uniformi e complanari;*

- *il semiasse dell'orbita di Venere è di 0.72 unità astronomiche;*
- *il diametro apparente di Venere alla congiunzione è circa 1/60 di quello solare.*

P-8



---

**Problema 1.C.10** – Calcoli relativi ad un satellite di Giove

Si vogliono stimare le durate (approssimate) dei tempi di transito, occultazione, eclisse, transito dell'ombra di un satellite di Giove.

Quali dati occorre procurarsi per rispondere a questo problema?

Tenuto conto che la distanza da Giove è diversa per ciascun satellite, le fasi citate sopra sono sempre tutte possibili?

---

---

2. – OTTICA ALL'APERTO

2.A– Arcobaleno e altro

---

**Problema 2.A.1** – Arcobaleno in laboratorio

Per riprodurre l'arcobaleno in laboratorio si pu "simulare" una goccia usando un recipiente di vetro (di forma sferica o cilindrica) contenente acqua.

Discutere l'errore introdotto dalla presenza del vetro, e darne una stima in funzione dei parametri del recipiente (raggio  $r$ , spessore  $s$ , indice di rifrazione del vetro  $n$ ).

Studiare il caso particolare in cui  $r = 10$  cm,  $s = 2$  mm,  $n = 1.50$ , ricordando che per l'acqua  $n_a = 1.33$ .

---

**Problema 2.A.2** – Un bicchiere di birra

[Stefanini: Quaderno 9, pag.36]

Un bicchiere cilindrico dalle pareti piuttosto spesse appare più sottile, in particolare quando è pieno (per esempio di birra). Siano  $R$  e  $kR$  con  $k < 1$  i raggi esterno e interno del bicchiere.

Determinare lo spessore "apparente" del bicchiere.

---

**Problema 2.A.3** – Legge  $1/r^2$

© [PSSC Volume 3, es.31 pag.471]

Supponete di essere sulla riva di un fiume di notte. Sull'altra riva del fiume, di fronte a voi, c'è un lampione stradale. Avete un fotometro sensibile e un metro rigido.

Come fareste per determinare la distanza del lampione da voi?

---

**Problema 2.A.4** – Misurare il raggio di una stella [Corso di Aggiorn., Pisa 1977]

Si vuole stimare il raggio di  $\alpha$  Centauri (Rigel Kent) attraverso il confronto dell'annerimento prodotto su una pellicola fotografica da questa stella e quello prodotto dal Sole in opportune condizioni; l'ipotesi è che l'annerimento dipenda (sia pure in modo complicato . . .) solo dell'energia incidente per unità di superficie, raccolta durante l'intera esposizione.

Indipendentemente, con misure di parallasse trigonometrica è noto che la distanza della stella è di  $2.7 \times 10^5$  UA (un'Unità Astronomica corrisponde alla distanza media Terra-Sole), mentre l'analisi spettrale della luce mostra che la stella e il Sole hanno all'incirca la stessa temperatura superficiale.

Si fotografa dapprima il Sole usando un tubo lungo 1 m alla cui estremità è stato praticato un forellino di  $\frac{1}{2}$  mm di diametro con il minimo tempo di posa pari a 0.001 s. Successivamente si monta sulla macchina fotografica un obiettivo da 135 mm di focale e 48 mm di apertura (diametro) e si procede in questo modo:

- si regola l'obiettivo in modo da rendere sfocata l'immagine della stella, con un diametro pari a  $\frac{1}{10}$  di quella del Sole;
- si fanno diverse riprese a tutta apertura, variando il tempo di posa;
- si sceglie il fotogramma in cui l'immagine (sfocata) della stella presenta lo stesso annerimento dell'immagine del Sole. Il tempo di posa corrispondente è di 13 s.

Quale stima si potrà avere del raggio di  $\alpha$  Centauri?

---

**Problema 2.A.5** – Sempre  $1/r^2$  . . . ?

Il piano di un tavolo luminoso, costituito da un vetro smerigliato di larghezza  $L$ , è illuminato dal basso da un lungo tubo fluorescente disposto parallelamente al lato più lungo e centrato rispetto a quello più corto.

A che altezza, sotto il piano, si dovrebbe disporre il tubo per fare in modo che l'illuminanza sul piano sia uniforme entro il 10%?

---

**Problema 2.A.6** – Diffusione

© [Progetto Cascina]

È sempre vero che un corpo illuminato diffonde luce in tutte le direzioni? Sapresti trovare un esempio in cui le cose vanno diversamente?

---

**Problema 2.A.7 – Diffusione**

Se ogni punto della superficie di un oggetto sferico emettesse luce solo entro un piccolo angolo (per es.  $1^\circ$ ) attorno alla normale, come apparirebbe l'oggetto visto a grande distanza?

Se ne potrebbe stimare il raggio, se si conoscesse la distanza?

---

**2.B– Galileo e la Luna**

---

**Problema 2.B.1 – Aspetto di una Luna speculare: dimensione e posizione dell'immagine del Sole**

Assumendo che la superficie lunare sia perfettamente speculare, determinare la posizione e la grandezza dell'immagine del Sole, come sarebbe vista dalla Terra, in fase di Luna Piena.

Quante e quali stelle e pianeti si potrebbero vedere riflessi sulla Luna?

In queste condizioni quando e come si vedrebbe la Luna dalla Terra?

*Dato: Il corpo celeste più luminoso, dopo il Sole e la Luna, è Venere che arriva a magnitudine  $-4.6$*

---

**Problema 2.B.2 – Confronto tra uno specchio piano e sferico**

Con il Sole basso, visibile poco sopra un muro, si riflette la luce solare sul muro stesso usando uno specchio convesso il cui asse è all'incirca perpendicolare alla parete.

Calcolare l'illuminanza media prodotta sulla parete dallo specchio, in funzione delle dimensioni e del raggio di curvatura dello specchio (molto maggiore del diametro dello specchio) e della distanza tra lo specchio e il muro.

Ricavare come caso particolare quello di uno specchio piano e confrontare i risultati.

---

**Problema 2.B.3 – Gli specchi di Archimede**

Stimare l'illuminanza media prodotta su un piano a una data distanza (dell'ordine di 200 m) da uno specchio convesso (di circa 1 m di diametro) esposto al Sole, in funzione del raggio di curvatura (ovvero della focale).

Quanto vale il raggio di curvatura "ottimale", cioè quello che permette di concentrare più luce su una minore superficie?

---

### Problema 2.B.4 – Una giornata (lunare) sulla Luna ...

Esercitazione sui cambiamenti di sistema di riferimento, sulle orme delle argomentazioni di Galileo: descrivere cosa vedrebbe un “abitante” della Luna durante un’intera giornata lunare.

Che cosa cambia a seconda della posizione dell’osservatore sulla Luna (per es. al centro della faccia visibile dalla Terra, o sul bordo, o in una zona intermedia)?

*Nota: Dire in particolare come e dove l’osservatore vedrebbe il Sole, la Terra, le stelle, le costellazioni, al passare del tempo.*

### 2.C– Letture da Galileo: un’esperienza didattica

*Introduzione di Massimo Coluccini (Liceo Sc. Vallisneri, Lucca)*

Qui di seguito è riportata una scheda proposta a studenti di prima liceo scientifico. La scheda comprende esercizi e piccole attività introdotte da brani di Galileo tratti dal *Sidereus Nuncius*.

La scelta a favore del *Sidereus Nuncius*, anziché del *Dialogo sui Massimi Sistemi*, per introdurre le osservazioni di Galileo sulla Luna, è dovuta alla maggiore semplicità sia per quanto concerne la lingua — la traduzione di Maria Timpanaro Cardini del 1948 cerca di imitare, in forma più moderna, lo stile di Galileo —, sia per i contenuti: il *Sidereus Nuncius* è infatti il resoconto di una serie di osservazioni astronomiche. Sono comunque presenti le linee essenziali dell’argomentare di Galileo: l’importanza dei fatti, la capacità di osservare un fenomeno da più punti di vista e l’estrema chiarezza nell’esposizione.

#### GALILEO E LA LUNA

Nel 1609 giunge a Galileo “... la voce che un certo Fiammingo aveva fabbricato un occhiale, mediante il quale gli oggetti visibili, per quanto molto distanti, dall’occhio dell’osservatore, si vedevano distintamente come fossero vicini; e di questo effetto, davvero mirabile, si raccontavano alcune esperienze, alle quali chi prestava fede, chi la negava ...”

Galileo riesce a procurarsi un esemplare del cannocchiale, lo studia, e ne costruisce dei modelli progressivamente perfezionati. Poi l’idea cui nessuno aveva pensato: usare il cannocchiale per le osservazioni astronomiche. Passa l’inverno 1609-1610 a guardare il cielo; il risultato delle sue osservazioni è il *Sidereus Nuncius*, pubblicato a Padova il 12 marzo 1610. Un piccolo libro, che contiene però numerose grandi scoperte: i monti della Luna, le fasi di Venere, la Via Lattea fatta di stelle, i satelliti di Giove, e altre cose ancora.

Negli esercizi che seguono, esamineremo alcuni brani del *Sidereus Nuncius*.

---

**Problema 2.C.1 – Aspetto della Terra dallo spazio**

©

*“ ... io ho sempre ritenuto per certo che del globo terrestre, veduto da lontano quando sia illuminato dai raggi solari, le terre emerse si mostrerebbero più luminose, le acque invece più scure ... ”*

In altre parole Galileo sostiene che una parete a calce, una strada asciutta, se illuminate risultano più luminose di una specchio o di una strada bagnata.

Discuti questa affermazione utilizzando gli esempi proposti.

Hai mai osservato la luce emessa dai fari della tua macchina su una strada bagnata e su una asciutta? In quale caso è più facile vedere la strada? Perché?

---

**Problema 2.C.2 – Luce cinerea**

©

Molti astronomi dell'antichità avevano tentato di spiegare il fenomeno della luce cinerina della Luna, ossia di quel chiarore che appare nella parte della Luna non illuminata dal Sole, quando la Luna è in forma di falce. Osserva Galileo:

*“ ... se uno si collochi in tal modo, che da un tetto o un camino o qualche altro ostacolo posto tra la sua vista e la Luna (ma lontano dall'occhio) vengano occultati i soli corni lucenti, mentre la rimanente parte del globo lunare resti esposta al suo sguardo, allora si accorgerà che anche questa plaga della Luna, quella cioè priva della luce solare, splende di luce non esigua; e ciò soprattutto, se già la tenebra notturna sia profonda per l'assenza del Sole ... Questo mirabile fulgore ha suscitato non poca meraviglia negli studiosi; e per addurne la causa chi propose una spiegazione, chi un'altra. E alcuni dissero posseder la Luna un suo proprio e naturale splendore; altri che fosse impartito da Venere; altri da tutte le stelle; altri dal Sole, il quale coi suoi raggi attraverserebbe la profonda solidità della Luna ... ”*

Galileo controbatte tutte queste osservazioni e fornisce una spiegazione del fenomeno assai più semplice. La luce cinerina non è che la luce del Sole riflessa dalla Terra:

*“ ... in breve: con giusto e grato ricambio la Terra rende alla Luna una illuminazione pari a quella che essa stessa riceve per quasi tutto il tempo nelle tenebre più profonde della notte ... ”*

Utilizzando una torcia, una pallina da ping-pong e una palla da tennis, che rappresentano rispettivamente il Sole, la Luna e la Terra, sapresti prevedere quando si può osservare meglio il fenomeno (quando la Luna è quasi piena o poco dopo la Luna nuova?).

Possono essere messe in relazione le fasi della Terra vista dalla Luna con quelle della Luna vista dalla Terra? Ossia: quando la Terra è piena, come è la Luna? Quando la Terra è crescente, la Luna cresce o decresce?

---

**Problema 2.C.3** – Altezza dei monti della Luna

©

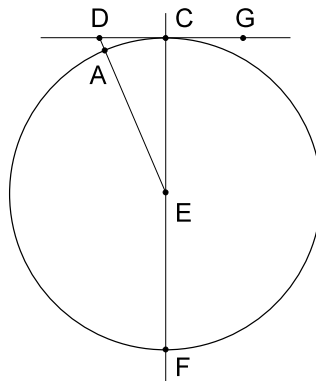
Galileo osserva la Luna con il cannocchiale e scopre delle macchie chiare nella parte non illuminata dal Sole e delle macchie scure nella parte lucente. Da questo fatto deduce che la Luna non è

*“... affatto liscia, uniforme e di sfericità esattissima, come di essa Luna e degli altri corpi celesti una numerosa schiera di filosofi ha ritenuto, ma al contrario, diseguale, scabra, ripiena di cavità e di sporgenze, non altrimenti che la faccia stessa della Terra, la quale si differenzia qua per catene di monti, là per profondità di valli ...”*

Quando Galileo parla di macchie, non si riferisce a quelle grandi osservate fin dall'antichità e che sono osservabili anche quando la Luna è piena, ma a piccole macchie che scompaiono man mano che la Luna cresce. Osservando le piccole macchie, Galileo riesce a valutare l'altezza delle montagne della Luna. Vediamo di capire il suo ragionamento:

*“Avevo io più volte osservato, in posizioni via via diverse della Luna rispetto al Sole, che alcuni vertici centro la parte tenebrosa della Luna, ancorché abbastanza remoti dal confine della luce, apparivano illuminati; paragonando la loro distanza all'intero diametro della Luna, trovai che questo intervallo supera a volte la ventesima parte del diametro della Luna ...”.*

Utilizzando questa osservazione e la figura qui sotto, e tenendo conto che per la grandissima distanza del Sole dalla Luna il cerchio illuminato dal Sole coincide praticamente con il cerchio massimo, sai calcolare AD?



Dati:

- Come hai letto sopra,  $CD$  è valutato da Galileo  $1/20$  del diametro lunare. La figura è tratta dal *Sidereus Nuncius*.
- Il diametro della Luna ( $CF$ ) è circa 3480 km.

P-14

---

---

### 3. – IMMAGINI

#### 3.A– Camera oscura

---

##### **Problema 3.A.1** – Immagine in camera oscura © [Compito 1.liceo]

Giulia pone una sorgente puntiforme di luce di fronte a una camera oscura lunga 20 cm, con un diaframma di 9 mm di diametro.

Trovare la distanza tra la lampada e il diaframma in maniera che la macchia sullo schermo abbia un diametro di 27 mm.

---

##### **Problema 3.A.2** – Immagine in camera oscura © [Progetto Cascina]

In un esperimento con la camera oscura, Stefano ha usato una lampadina col filamento rettilineo lungo 1 cm, disposto parallelamente al piano dello schermo. Le distanze lampada-foro e foro-schermo sono 30 cm. Il diametro del foro è 4 mm.

Disegna con le misure esatte la macchia che Stefano vede sullo schermo.

---

##### **Problema 3.A.3** – Immagine in camera oscura © [Progetto Cascina]

Tina ha la finestra esposta a Sud. La copre con un cartone in cui c'è un solo forellino di 1 mm, e guarda la macchia di luce che il Sole produce sul pavimento. Si meraviglia molto di vedere che la macchia è molto più grande di 1 mm, addirittura di qualche centimetro!

Se Tina avesse usato un foro di  $\frac{1}{2}$  mm, la macchia sarebbe stata grande la metà, il doppio o circa uguale?

---

##### **Problema 3.A.4** – Immagine in camera oscura © [Compito 1.liceo]

Gabriele ha sostituito l'obiettivo di una macchina fotografica con un tubo che porta in cima un diaframma di diametro 0.2 mm. Ha fotografato un paesaggio ben soleggiato con un'esposizione di 2 s, ma la foto è risultata un po' scura e leggermente sfocata. Ha sostituito il diaframma con un altro da 1 mm e ha fotografato lo stesso paesaggio sempre con un'esposizione di 2 s, e la foto è risultata più chiara ma anche più sfocata.

Aiutandoti con un disegno spiega perché.

*Nota: Sarebbe stato possibile chiedere una risposta in termini quantitativi a questo problema?*

---

**Problema 3.A.5** – Camera oscura.

Supponi che una camera oscura, che usa un forellino per formare l'immagine, riprenda due oggetti uguali tra loro ma posti a distanze differenti. Il fatto che l'oggetto più lontano appare nell'immagine come più piccolo dell'altro, fa parte della nostra esperienza di tutti i giorni e perciò ci pare ovvio; tuttavia si può spiegare in base al funzionamento della camera oscura. Prova a spiegarlo:

- a) con una figura in cui, segnando la propagazione dei raggi di luce, fai vedere la formazione delle due immagini sullo schermo (poi scrivi un rigo di commento, che sottolinei almeno quale parte della figura si deve guardare per vedere la risposta).
  - b) usando la relazione che abbiamo imparato su distanze e dimensioni. Allo scopo fai un esempio scegliendo i valori delle distanze etc.; oppure prova a ragionare sulle lettere: chiama  $D_1$  la distanza dell'oggetto più vicino,  $D_2$  la distanza dell'altro,  $A$  l'altezza di ciascuno dei due,  $d$  la profondità della camera oscura,  $a_1$  e  $a_2$  le altezze delle immagini dei due oggetti (che si devono calcolare). Scritte le espressioni che danno  $a_1$  e  $a_2$ , confrontale fra loro ricordando che  $D_1 < D_2$ .
- 

**Problema 3.A.6** – Il Sole, sorgente estesa e lontana

©

Patrizia e Roberta decidono di misurare il diametro del Sole conoscendo la distanza Terra-Sole. Utilizzano, allo scopo, un tubo lungo 1 m e di diametro 5 cm. Il tubo ha, ad un'estremità, un diaframma con un forellino di 1 mm di diametro e dall'altra parte uno schermo costituito da un foglio di carta traslucida.

Patrizia appoggia l'estremità del tubo, quella con il diaframma, su una palizzata e, guardando l'ombra del tubo stesso, cerca di puntare il Sole. Appena puntato, compare sullo schermo una macchia di luce di cui Roberta misura il diametro che risulta di circa 10 mm.

A Patrizia viene un dubbio: se i raggi del Sole sono paralleli, perché sullo schermo compare una macchia più grande del forellino? Roberta osserva che avremmo sullo schermo una macchia grande quanto il forellino se il Sole fosse una sorgente puntiforme. Ma il Sole è una sorgente estesa, come si può capire, per esempio, osservando l'ombra dello gnomone, che non è netta. Come convinceresti Patrizia che la comparsa della macchia sullo schermo e la penombra dello gnomone sono compatibili col parallelismo dei raggi solari?

Prima di rispondere fai i seguenti calcoli.

- a) Sia A un punto del Sole, valuta l'angolo BAC con B e C punti diametralmente opposti dell'equatore della Terra, in modo che BC sia perpendicolare alla direzione del Sole. È misurabile tale angolo con un goniometro?

P-16



In realtà, l'angolo che entra in gioco, per esempio nell'esperimento di Eratostene o in altre situazioni in cui si sfrutta il parallelismo dei raggi solari è notevolmente più piccolo.

- b) Con i dati forniti precedentemente, la lunghezza del tubo e il diametro della macchia, calcola l'ampiezza angolare del Sole.

Ora puoi rispondere a Patrizia.

---

### **Problema 3.A.7** – Immagine invertita prodotta da un circoletto oscuro

Un circoletto nero (opaco) disegnato su un foglio trasparente può essere visto come un oggetto “complementare” del forellino di una camera oscura.

Data una sorgente luminosa ben contrastata, avente una forma specifica (per esempio una “L”), che aspetto avrà l'immagine prodotta dal circoletto?

Perché è necessario che la sorgente sia ben contrastata?

### *3.B– Lenti, Specchi e Visione*

---

### **Problema 3.B.1** – Lente d'ingrandimento come obbiettivo.

Una lente forma su un muro l'immagine di una lampada abbastanza lontana che appare sul muro stesso come un punto luminoso.

Si fissa un piccolo pezzo di nastro adesivo opaco a forma di triangolo scaleno sulla lente d'ingrandimento cosicché ne copra parzialmente la superficie.

- a) Come influisce sull'immagine il triangolino, se l'immagine stessa è a fuoco? Fai una figura, in cui mostri il percorso di alcuni dei raggi che formano l'immagine e, tratteggiandoli, alcuni di quelli che . . . mancano.
- b) Come influisce il triangolino su ciò che si vede, se l'immagine non è a fuoco perché la lente è troppo vicina al muro? Fai una figura c.s.
- c) Che cosa cambia se la lente è troppo lontana?
- d) Fai la prova sperimentale, e cerca di spiegare eventuali differenze fra ciò che vedi e ciò che hai previsto (analizza quali precauzioni è opportuno prendere quando sfocati per vedere meglio l'effetto).

---

**Problema 3.B.2** – Immagini di uno specchio piano © [PSSC Vol.3, Pr.27, pag.447]

Collocate uno specchio piano (va bene uno specchio alto circa  $30 \div 40$  cm) con il centro all'incirca all'altezza dell'occhio. Tenete un metro rigido verticalmente accanto a un occhio, con il centro del metro rigido all'altezza dell'occhio; ponetevi davanti allo specchio rivolti verso di esso.

- a) Avvicinatevi e allontanatevi dallo specchio. Il vostro moto fa variare la lunghezza del tratto di metro rigido che riuscite a vedere nello specchio?
- b) Formulate una regola generale che metta in relazione la lunghezza del tratto di metro rigido che riuscite a vedere e l'altezza dello specchio. Servendovi della costruzione grafica dei raggi, dimostrate che questa regola è valida per tutte le distanze dallo specchio.
- c) Nei negozi di abbigliamento ci sono specchi che scendono fino al pavimento, per permettere a un cliente di osservarsi da capo a piedi. È necessario, per questo scopo, che lo specchio sia lungo fino al pavimento?
- d) Se il cliente più basso ha gli occhi a un'altezza di 150 cm, quale deve essere l'altezza massima dello specchio dal pavimento se devono essere visibili i piedi del cliente?

---

**Problema 3.B.3** – La stella dietro il prisma

Mentre sto fissando una stella, faccio passare su e giù, davanti all'occhio, un prisma perfettamente trasparente, di piccola ampiezza (dell'ordine di  $10^\circ$ ), tenendolo con la mano destra dalla parte più sottile (la parte più spessa si trova quindi a sinistra), con lo spigolo verticale.

Che effetto (o che effetti) vedo guardando la stella?

---

**Problema 3.B.4** – Un pesce nell'acquario

Siamo di fronte alla grande vasca di un acquario; la parete è piana e verticale e lo spessore del vetro è trascurabile. Sia  $h$  la distanza tra noi e il vetro.

Quando un pesce (sia  $2l$  la sua lunghezza) si dispone parallelamente al vetro e vicino a questo ci appare nelle sue giuste dimensioni; se invece si porta a distanza  $h$  dal vetro (sempre parallelamente a questo) ci appare più vicino, più grande o entrambe le cose?

Mostrare che risposta darebbero le leggi dell'ottica geometrica e discutere se questo riproduce quello che effettivamente si vede.

Note:

- dato che la vasca è molto grande, non ci sono altri oggetti “di confronto” vicino al pesce;
- per semplicità mettersi in approssimazione di piccoli angoli.

---

**Problema 3.B.5 – Visione**

Su un occhio “normale” (*emmetrope*) incide un fascio di raggi convergenti uscenti dall’oculare di un binocolo; i prolungamenti dei raggi si incontrano in un punto a circa 1 metro dietro la testa.

La visione appare:

- a) nitida senza alcuno sforzo di accomodamento;
- b) nitida forzando un accomodamento;
- c) sfocata in ogni caso.
- d) impossibile (non si vede nulla).

---

**Problema 3.B.6 – Visione distinta**

[PSSC Vol.3, Pr.44, pag.451]

Discutere la seguente proposta:

“Avvicinate e allontanate da voi questo libro, con un occhio chiuso o coperto. Quando il libro ha appena raggiunto il punto in cui lo stampato appare confuso, chiedete a qualcuno di misurare la distanza del libro dal vostro occhio. Ripetete l’esperimento con alcune persone di differenti età e registrate i risultati insieme all’età.

- a) Esiste un limite alla capacità dell’occhio di adattarsi alla visione distinta?
- b) Questo limite è lo stesso per tutte le persone, o per i due occhi della stessa persona?
- c) Questo limite varia, in generale, con l’età della persona? Confrontate le vostre risposte con quelle trovate da altri studenti della classe.”

---

**Problema 3.B.7 – Ottica geometrica e ... numeri relativi**

Impostare il seguente problema in forma generale, ricavando tutte le soluzioni possibili da un’unica equazione:

“Per ottenere un’immagine della Luna piena si dispone di due lenti,  $L_1$  e  $L_2$ . La lente  $L_1$  è divergente con una lunghezza focale  $f_1 = -5$  cm; la lente  $L_2$  invece è convergente ed ha una lunghezza focale  $f_2 = 8$  cm.

Determinare in quante e quali disposizioni possono essere collocate le due lenti per ottenere un’immagine nitida della Luna piena su uno schermo, con la condizione che la distanza tra la prima delle due lenti e lo schermo sia  $\ell = 45$  cm.

Calcolare il diametro  $D$  dell’immagine della Luna piena sullo schermo, per ciascuna delle varie disposizioni determinate precedentemente.”

**Dato:** *Il diametro angolare della Luna piena vista dalla Terra sia  $1800''$ .*

**Problema 3.C.1** – Riflessione e immagini multiple

La fiamma di una candela viene vista, di notte all'aperto, fino ad una distanza  $D$ . Se la candela viene accesa al centro di una galleria larga  $2L$  le cui pareti opposte sono coperte da grandi specchi si osservano da ciascuna parte numerose immagini della candela.

Quante fiammelle si potranno contare al massimo?

Se il numero di fiammelle effettivamente visibili è inferiore a quello previsto, cosa se ne può dedurre (anche quantitativamente)?

Suggerimento: *tracciare un disegno riportando le posizioni delle immagini virtuali dovute alle riflessioni multiple sui due specchi.*

---

**Problema 3.C.2** – Riflessione e immagini multiple [S. Pugliese: "Fisica", p.2, pag.165]

Una stanza ha le pareti a specchio e ha dimensioni  $2L \times L$ . Dal centro della stanza si invia un fascettino luminoso contro la parete più larga in modo che formi un angolo di incidenza di  $60^\circ$ .

Il raggio, continuando a riflettersi, potrà ripassare dal punto di partenza?

Che differenza c'è tra un approccio puramente matematico e quello fisico a questo problema?

---

---

4. – STRUMENTI OTTICI

4.A– Macchina fotografica

---

**Problema 4.A.1** – Smontando e rimontando...

In una macchinetta fotografica molto economica l'obbiettivo è costituito da una semplice lente. Un ragazzo smonta la macchina ma, nel rimontarla, la lente non va nella giusta posizione.

Quale effetto diverso si avrebbe nei seguenti casi?

- a) la lente è posta nel piano giusto, ma leggermente fuori asse;
- b) la lente è centrata correttamente, ma leggermente inclinata rispetto all'asse ottico della macchina.

---

**Problema 4.A.2 – Fotografie di stelle**

Uno studente fotografa una stella, con una posa prolungata e tenendola sempre nel centro del fotogramma. L'obiettivo ha una focale di 200 mm e un diametro utile di 5 cm. Sbaglia la messa a fuoco di una distanza di 2 mm.

Qual è il diametro dell'immagine della stella sul negativo?

E se l'errore fosse stato di 4 mm?

Sapendo che l'annerimento del negativo fotografico dipende dalla quantità di energia luminosa raccolta durante l'esposizione, ci si aspetta che nei due casi l'annerimento sia uguale o diverso?

---

**4.B– Proiettori**

---

**Problema 4.B.1 – Un proiettore “semplificato” ...**

In una versione semplificata di proiettore, si considera una sorgente puntiforme, la diapositiva  $24 \times 36$  (mm) posta a 8.5 cm dalla sorgente e lente sottile con funzione di obbiettivo, di focale  $f = 85$  mm e diametro  $d = 26$  mm. Si proietta su una parete posta a circa 3 metri di distanza.

Quanto dovrebbe essere grande l'immagine della diapositiva sulla parete e che porzione se ne potrà vedere effettivamente?

Cosa cambia se, invece della sorgente puntiforme si schematizza la lampadina come un dischetto luminoso di 6 mm di diametro?

---

**Problema 4.B.2 – Un proiettore più realistico ...**

Mantenendo i dati del problema precedente, si aggiunge al proiettore una seconda lente (condensatore) tra la sorgente e la diapositiva, tale da formare un'immagine della sorgente sul piano della lente-obbiettivo e grande quanto quella (... perché?)

Determinare la focale e la posizione della lente-condensatore e stimarne il diametro in modo che adesso l'intera diapositiva sia visibile.

Potrà essere una “lente sottile”?