

# Ottica geometrica e Onde. Quesiti e problemi II livello

Nota bene : la presentazione contiene alcuni dei problemi e quesiti forniti in un file a parte ai partecipanti al corso, dove per tutti è indicato anche l'anno in cui sono stati proposti.

Per ritrovare testi e soluzioni «ufficiali» : <https://www.olifis.it/index.php/problemi-olifis/problemi-di-secondo-livello>

Per contattare chi ha curato questa presentazione : [mc7612@mclink.it](mailto:mc7612@mclink.it)

## Argomenti affrontati

Specchi

Lenti semplici e composte

Sovrapposizione di onde ed energia associata

Onde stazionarie in acqua e in aria

Fenomeni di interferenza e diffrazione

### Per non perdersi tra i problemi:

- eseguire una buona schematizzazione grafica
- rifarsi il più possibile ai principi fondamentali

Ottica geometrica e Onde. Quesiti e problemi II livello

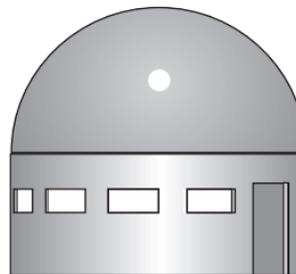
Q5

La figura rappresenta un edificio metallico fotografato a grande distanza con un teleobiettivo puntato in direzione orizzontale.

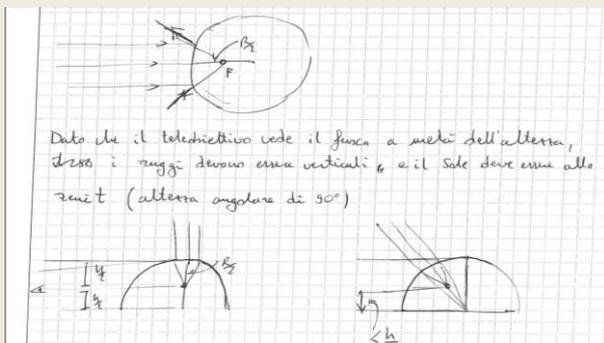
A metà altezza della grande cupola emisferica appare l'immagine del Sole.

- Qual era l'altezza angolare del Sole sull'orizzonte in quell'istante?

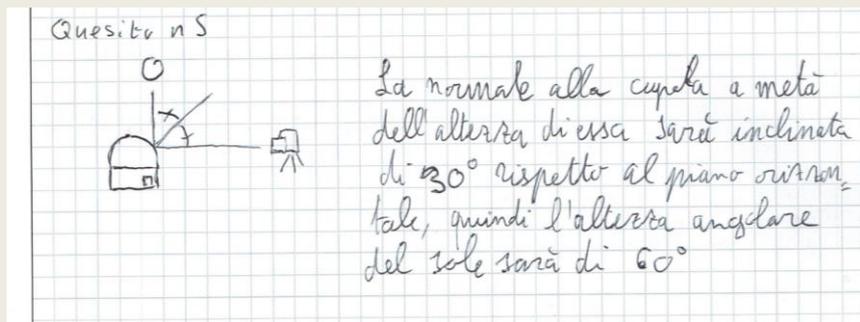
NOTA: In realtà il Sole apparirebbe sulla cupola come un piccolo punto luminoso; in figura è stato ingrandito per renderlo ben visibile.



2022



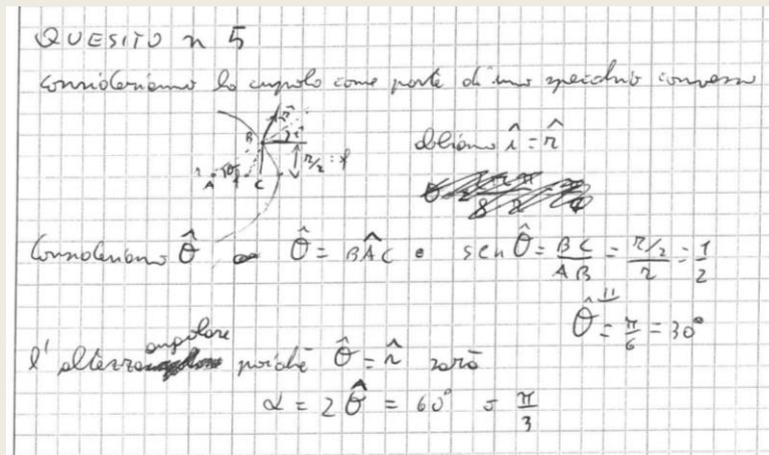
Dato che il teleobiettivo vede il fianco a metà dell'altezza, stesso i raggi devono essere verticali e il Sole deve essere allo zenit (altezza angolare di  $90^\circ$ )



La normale alla cupola a metà dell'altezza di essa sarà inclinata di  $30^\circ$  rispetto al piano orizzontale, quindi l'altezza angolare del sole sarà di  $60^\circ$

Che cosa serve davvero?

Le leggi della riflessione, un disegno ragionevole, un po' di geometria



QUESITO n 5

Consideriamo la cupola come parte di uno specchio convesso

Definiamo  $\hat{i} = \hat{n}$

Concludiamo  $\hat{\theta} = \hat{\theta} = \hat{BAC} = \text{sen } \hat{\theta} = \frac{BC}{AB} = \frac{r/2}{r} = \frac{1}{2}$

L'altezza angolare  $\alpha = 2\hat{\theta} = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$

Ottica geometrica e Onde. Quesiti e problemi II livello

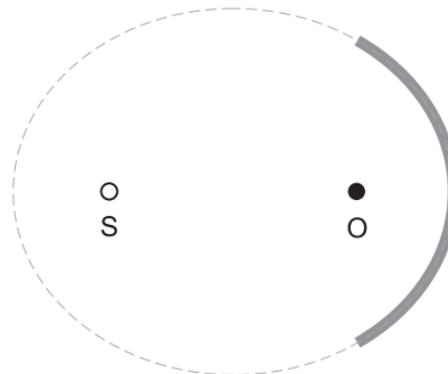
Q 10

2020

Uno specchio flessibile, disposto verticalmente, viene sagomato seguendo un arco di ellisse; in figura lo specchio è mostrato a destra, visto dall'alto.

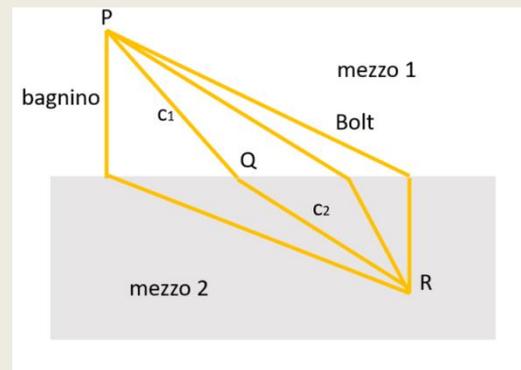
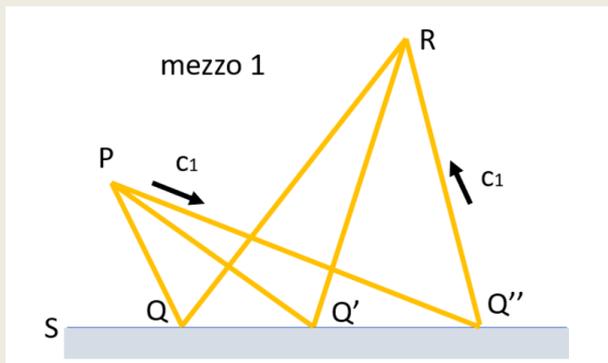
Una sorgente puntiforme isotropa viene fissata nel punto S, in corrispondenza di uno dei fuochi dell'ellisse, mentre un osservatore si posiziona nel punto O, in corrispondenza dell'altro fuoco, alla stessa altezza della sorgente e guarda verso lo specchio.

- Come viene vista dall'osservatore la sorgente nello specchio?



Teoria:

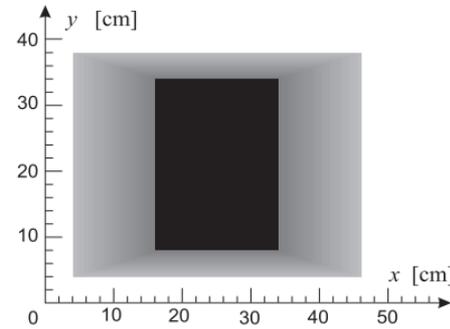
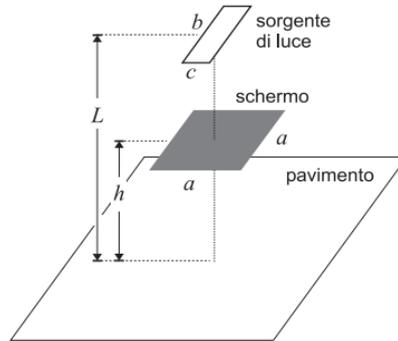
Le leggi della riflessione e la geometria dell'ellisse. Di supporto: Il principio di Fermat, sempre valido e sempre utile in fisica classica



# P 1 – Giochi d'ombra

[Punti 10]

Una sorgente di luce rettangolare, di lati  $b$  e  $c$  con  $b > c$ , è fissata al soffitto di una stanza di altezza  $L = 3.00$  m. Uno schermo opaco quadrato di lato  $a = 10$  cm, disposto orizzontalmente, è collocato sotto la lampada ad un'altezza  $h$  rispetto al pavimento (v. figura a sinistra). I lati della sorgente sono paralleli a quelli dello schermo.



La figura a destra mostra schematicamente la forma e le dimensioni dell'ombra gettata dallo schermo sul pavimento della stanza, costituita da un'ombra vera e propria circondata da una zona di penombra; per motivi di chiarezza, i confini tra le varie zone sono stati rappresentati in maniera molto più netta di quanto appaiano nella realtà.

1. Determinare le dimensioni della sorgente di luce,  $b$  e  $c$ , e l'altezza  $h$  dello schermo.
2. Specificare l'orientazione della lampada chiarendo se il suo lato lungo ( $b$ ) è parallelo all'asse  $x$  o a quello  $y$  della figura a destra.

**Teoria:**

La propagazione rettilinea della luce, cioè... Il principio di Fermat.  
E geometria

## Ottica geometrica e Onde. Quesiti e problemi II livello

Q<sup>2</sup>

Due lenti, una prima convergente, A, di focale  $f_A = 25$  cm e una seconda divergente, B, di focale  $f_B = -10$  cm, hanno l'asse ottico in comune. Un fascio di raggi paralleli a quest'asse incide su A. All'uscita da B i raggi risultano ancora paralleli all'asse ottico.

- Quanto vale la distanza  $d$  tra le lenti?

2017

Q

1

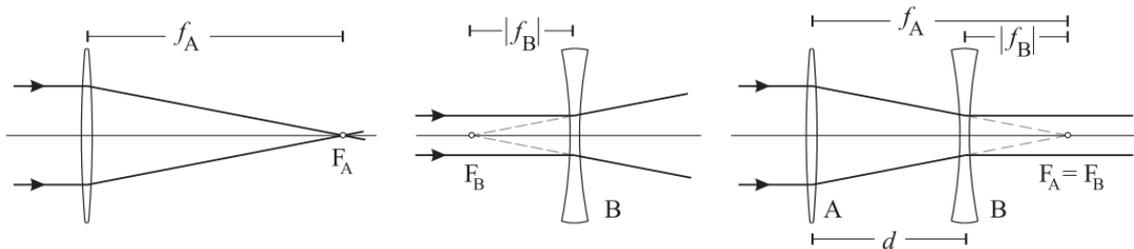
In questi giorni, 450 anni fa, nasceva a Pisa Galileo Galilei (15.02.1564 – 08.01.1642) universalmente riconosciuto come padre della scienza moderna. Nel *Sidereus Nuncius* egli racconta così la storia del cannocchiale astronomico:

*“Circa dieci mesi fa ci giunse notizia che era stato costruito da un certo Fiammingo un occhiale, per mezzo del quale gli oggetti visibili, pur distanti assai dall'occhio di chi guarda, si vedevan distintamente come fossero vicini; (...) Preparai dapprima un tubo di piombo alle cui estremità applicai due lenti, entrambe piane da una parte, e dall'altra una convessa e una concava; posto l'occhio alla parte concava vidi gli oggetti abbastanza grandi e vicini, tre volte più vicini e nove volte più grandi di quanto non si vedano a occhio nudo...”*

Un cannocchiale galileiano per osservazioni astronomiche è dunque realizzato con due semplici lenti sottili, una convergente (detta *obiettivo*) e l'altra divergente (*oculare*). Si supponga che la distanza focale dell'obiettivo sia 1 m e quella dell'oculare  $-5$  cm (ricordiamo che per convenzione la distanza focale di una lente divergente viene assunta negativa). Per un occhio normale, una corretta visione si ha quando l'immagine del sistema ottico si forma all'infinito.

- Quale deve essere – in questo caso – la distanza fra le due lenti?

2014



Teoria:

La rifrazione della luce applicata alle lenti (convergenti e divergenti) e la reversibilità dei cammini ottici

## Ottica geometrica e Onde. Quesiti e problemi II livello

AIF – Olimpiadi di Fisica 2021

Gara di 2° livello – 1° Marzo 2021

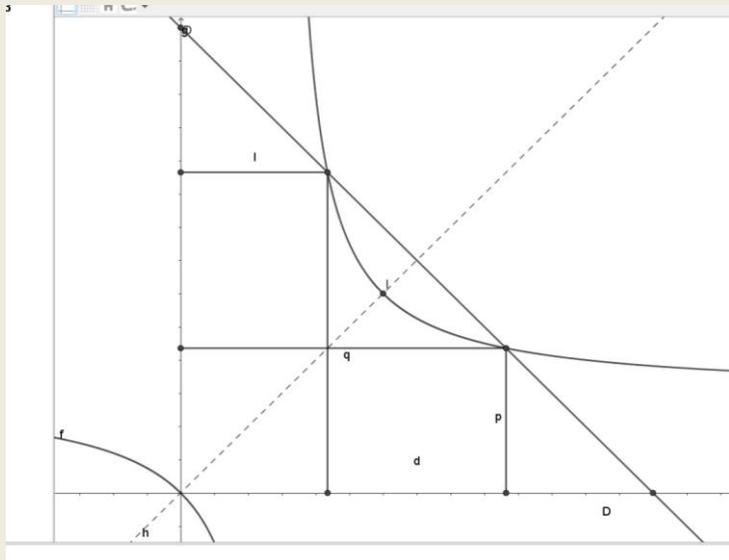
Q3

Si supponga di voler misurare la distanza focale di una lente convergente.

Per fare questo si fissano su un banco ottico la lente, una sorgente luminosa e uno schermo in modo che su questo l'immagine della sorgente sia a fuoco; si misura la distanza  $D$  tra sorgente e schermo.

Detta  $A$  la posizione della lente, si osserva che, spostando solo la lente in una diversa posizione  $B$  l'immagine della sorgente è ancora a fuoco sullo schermo; sia  $d$  la distanza misurata tra le posizioni  $A$  e  $B$ .

- Si esprima la distanza focale della lente in termini di  $D$  e  $d$ .



$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$q = \frac{pf}{p-f}$$

Si tratta di un'iperbole equilatera con asintoti

$$p = f \quad q = f$$

Dall'intersezione con la retta di equazione  $p+q=D$  e conoscendo i valori di  $D$  e  $d$  ....

**Teoria:**

La geometria delle lenti convergenti, la reversibilità dei cammini ottici e geometria analitica (iperbole)

AIF – Olimpiadi di Fisica 2016

> 30<sup>a</sup> Edizione <

Gara di 2° Livello – 16 Febbraio 2016

**P** |

Una lente allo specchio

Punti 20

Su un banco ottico ci sono una lente sottile convergente di lunghezza focale 20 cm e un oggetto di altezza  $h$ , collocato a 32.9 cm dalla lente.

Si fissi un sistema di riferimento lungo l'asse ottico della lente con origine nella posizione della sorgente, orientato in modo che la lente si trovi sul semiasse  $x > 0$ .

1. Qual è, nel sistema di riferimento scelto, la posizione dell'immagine dell'oggetto? È reale o virtuale? Diritta o capovolta? Qual è l'ingrandimento?

Sullo stesso banco ottico, ad una distanza  $d = 30$  cm dalla lente e dalla parte opposta rispetto all'oggetto, viene posto uno specchio piano, rivolto verso la lente. Lo specchio è perpendicolare all'asse ottico della lente.

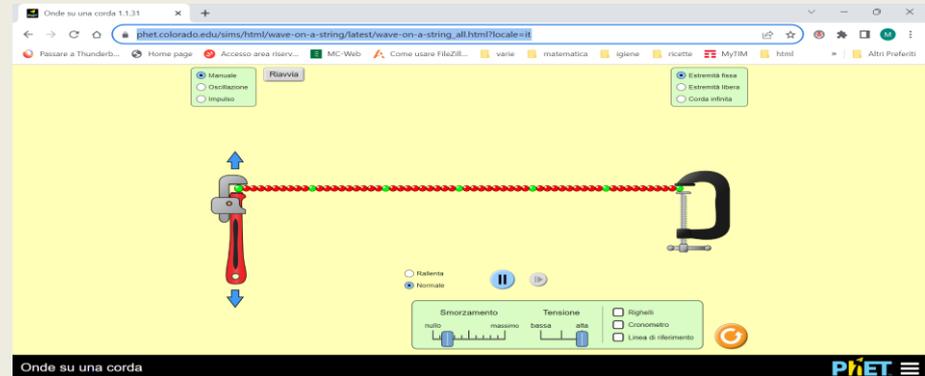
Il sistema lente+specchio forma ora due immagini dell'oggetto. Una prima è quella formata dai raggi riflessi dallo specchio piano.

2. Qual è, nel sistema di riferimento scelto, la coordinata  $x_1$  di questa prima immagine? È reale o virtuale? Diritta o capovolta?

Questa prima immagine costituisce a sua volta una sorgente per la lente, che ne fornisce una seconda.

3. Qual è la coordinata  $x_2$  della seconda immagine? È reale o virtuale? È diritta o capovolta (rispetto all'oggetto)? Qual è il suo ingrandimento (sempre rispetto all'oggetto)?
4. Si vuole ottenere la prima di queste due immagini, nella stessa posizione e con le stesse caratteristiche, con un unico specchio sferico. Dev'essere concavo o convesso? Quale dev'essere il suo raggio di curvatura?

[https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string\\_all.html?locale=it](https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=it)



Q

7

Un cilindro stretto, alto 1 m e aperto in cima, è parzialmente riempito d'acqua. La colonna d'aria nel cilindro risuona con una nota a 880 Hz quando è alta 48.4 cm. Aggiungendo altra acqua poco per volta, si trova la successiva risonanza alla stessa frequenza quando la colonna d'aria è alta 29.2 cm.

- Determinare la velocità del suono in aria nelle condizioni dell'esperimento.

*Nota: I tubi sonori si comportano come se avessero una lunghezza efficace leggermente maggiore della loro lunghezza effettiva. Qui si trascuri questo fatto che peraltro non influisce sulla soluzione.*

2015

L'importanza delle analogie, tra tutti i tipi di onda: cosa cambia tra l'estremità aperta del tubo e l'estremità chiusa (confronto con l'impulso sulle corde).

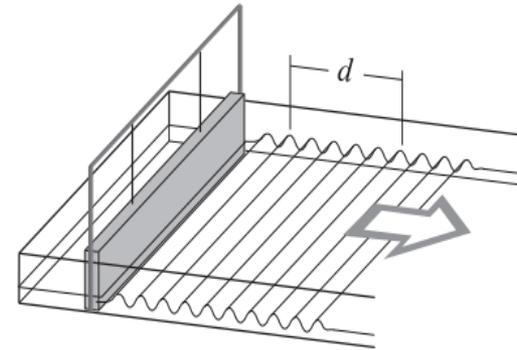
Il principio di sovrapposizione e ancora l'importanza della rappresentazione grafica

**Q 10**

Si usa una vaschetta per mostrare la formazione delle onde stazionarie; un dispositivo (generatore di onde) viene fatto vibrare con una frequenza  $f = 3.33 \text{ Hz}$ . La figura mostra la parte della vaschetta dove sono generate le onde e i punti di massimo delle onde che si stanno formando e si propagano verso la parete di fondo della vaschetta; la distanza  $d$  è di 60 cm.

Per osservare le onde stazionarie in tutta la vaschetta occorre attendere  $t = 6 \text{ s}$  di tempo dalla messa in moto del generatore.

- Qual è la distanza tra il generatore di onde e la parete di fondo della vaschetta?



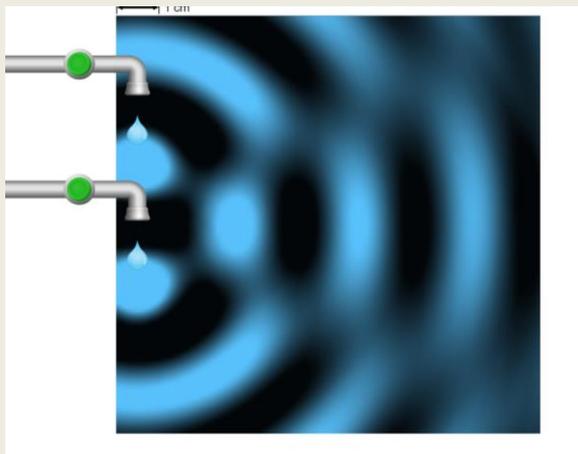
2019

Ancora onde stazionarie, ma diverse. L'importanza delle conoscenze di base

Q4

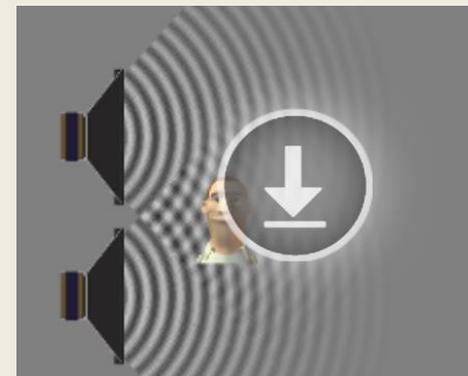
Due altoparlanti, separati da una distanza di 3 m, emettono ciascuno un'onda sonora sinusoidale di potenza 2 W. Le due onde hanno la stessa frequenza e le sorgenti sono in fase.

- Qual è l'intensità dell'onda sonora in un punto M distante 4 m da entrambi gli altoparlanti?



<https://phet.colorado.edu/it/simulations/wave-interference>

<https://phet.colorado.edu/it/simulations/sound>



Il principio di sovrapposizione. Un problema di fondo: come si distribuisce l'energia nella propagazione di un'onda? Cosa si intende per intensità? E che relazione c'è con l'ampiezza?

Ancora  
fenomeni  
diversi,  
formule  
diverse, ma gli  
stessi principi.  
La  
sovrapposizio  
ne e il  
principio di  
Fermat

AIF – Olimpiadi di Fisica 2017

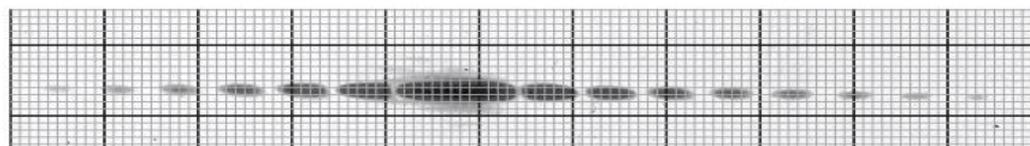
Gara di 2° Livello – 16 Febbraio 2017

IP2

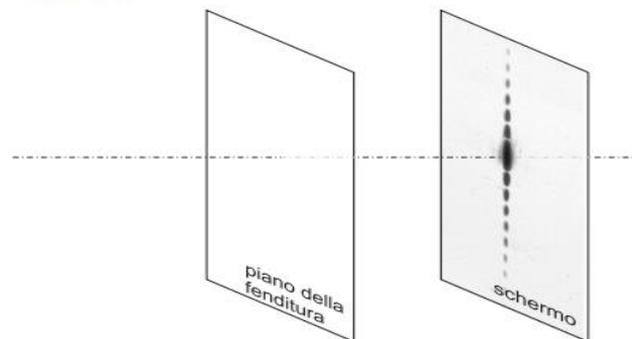
Laser e fenditura

Punti 20 punti

Si pone una fenditura di larghezza  $a$  davanti a un laser a He-Ne che emette un fascio, sottile e collimato, di luce monocromatica di lunghezza d'onda  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ . Su di uno schermo ortogonale al fascio del laser e posto ad una distanza  $D = 1.5 \text{ m}$  dalla fenditura si osserva una figura di diffrazione come quella qui riprodotta, per comodità, a colori invertiti. Si tenga presente che la scala del disegno è tale che la quadrettatura minore è di  $1 \text{ mm}$ , quella maggiore di  $1 \text{ cm}$ .



1. Lo schema seguente illustra parzialmente il montaggio sperimentale con cui si è ottenuta la figura di diffrazione, riportata sopra, orizzontalmente. Dopo aver copiato sul foglio lo schema, completarlo con gli elementi essenziali che mancano.



2. Fissato un sistema di riferimento sulla figura di diffrazione data, determinare le posizioni dei minimi e riportarle in un grafico in funzione del numero d'ordine. In base a tale grafico, fornire la migliore stima per il valore della distanza tra due minimi adiacenti.
3. Utilizzando il risultato del quesito precedente, determinare la larghezza  $a$  della fenditura.
4. Dimostrare che, nei punti di minimo della figura di diffrazione, la differenza di fase  $\Delta\varphi$  tra i raggi che provengono dai bordi opposti della fenditura è pari a un multiplo intero di  $2\pi \text{ rad}$ .
5. Calcolare il valore della differenza di fase  $\Delta\varphi(P)$  tra i raggi che arrivano nel punto P equidistante dal primo e secondo minimo, provenendo dai bordi opposti della fenditura.



---

**Misura di spessore**

---

**Punti 20**

Si vuole determinare lo spessore  $s$  di una sottile lamina di un materiale trasparente di indice di rifrazione  $n = 1.48$ .

Per far questo si pone la lamina davanti ad una delle due fenditure parallele di un apparato per l'esperienza di Young. Le due fenditure sono a distanza  $d \gg s$  una dall'altra, e su di esse incide una radiazione del medio infrarosso di lunghezza d'onda  $\lambda = 10 \mu\text{m}$ .

1. Determinare l'espressione dello sfasamento temporale con cui le onde emesse dalle fenditure raggiungono perpendicolarmente uno schermo posto a grande distanza,  $D$ .
2. Determinare lo spostamento del massimo centrale della figura di interferenza, rispetto alla posizione che avrebbe in assenza della lamina, indicando anche il verso dello spostamento a seconda di quale fenditura viene coperta dalla lamina.
3. Se tra le due posizioni del massimo centrale (con e senza la lamina) si contano  $N = 12$  massimi di interferenza, determinare lo spessore della lamina.