Politecnico di Bari
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica e dell'Automazione
Fisica dell'Elettromagnetismo e dell'Ottica (M-Z)
28 gennaio 2026 – ore 11.00 – Aula A

tempo svolgimento 75 minuti

Per conseguire la piena valutazione di ciascuna prova è indispensabile indicare ordinatamente ed in modo esauriente tutti i passaggi necessari a ricavare le formule e calcolare le quantità richieste. Si considera superata la prova se si consegue una votazione almeno pari a 18/30. È obbligatorio rispondere ad almeno UN QUESITO TEORICO. In caso di svolgimento della prova sufficiente, ma non esaustivo, il docente si riserva la possibilità di effettuare un colloquio individuale per definire l'esito dell'esame.

Problema 1 *[voto 8/30]*
Un osservatore munito di un rivelatore riceve i segnali che provengono da due sorgenti di onde acustiche che emettono onde di frequenza $f_0=500\ Hz$. Una delle sorgenti si allontana con velocità v_0 e l'altra si avvicina con la stessa velocità. L'osservatore misura che le frequenze percepite differiscono di $\Delta f=12\ Hz$. Determinare v_0 assumendo che la velocità del suono sia $v_s=300\ m/s$.

Problema 2 *[voto 8/30]*
Un oggetto è posto di fronte ad una lente sottile di focale f. Dall'altra parte della lente è posto uno specchio sferico convesso il cui raggio di curvatura è $R=3f$ e il cui vertice dista $d=3f/2$ dalla lente. Sapendo che l'oggetto è posto a distanza $p=2f$, trovare la posizione q dell'immagine fornita dal sistema lente specchio (in funzione di f) e l'ingrandimento complessivo (in modulo). (È richiesta la costruzione GRAFICA dell'immagine del sistema).

Problema 3 *[voto 8/30]*
Un reticolo di diffrazione avente larghezza $L=24\ mm$ contiene $N=16000$ fenditure distanti d, e è illuminato con radiazione di lunghezza d'onda $\lambda = 410\ nm$. Calcolare:

1) la posizione angolare θ dei massimi d'interferenza visibili;
2) la larghezza angolare del massimo centrale;
3) il potere risolutivo R dei primi due ordini;
4) l'intervallo $\Delta\lambda$; risolvibile agli stessi ordini.

Quesito 1 *[voto 2/30]*
Perché due lampadine accese contemporaneamente non producono effetti di interferenza? (argomentare la risposta)

Quesito 2 *[voto 2/30]*
La profondità apparente di un oggetto posto al di sotto della superficie dell'acqua dipende dall'angolo di visuale dell'osservatore?

Quesito 3 *[voto 2/30]*
L'immagine fornita dal cannocchiale di Keplero è reale o virtuale? E quella fornita da quello di Galileo? (spiegare nel dettaglio)

SOLUZIONI dei problemi

Problema n.1

Le frequenze percepite risentono dell'effetto Doppler. Detta f_1 la frequenza della sorgente che si allontana e f_2 quella della sorgente che si avvicina, abbiamo:

$$f_1 = f_0 \frac{v_s}{v_s + v_0}$$

E

$$f_2 = f_0 \frac{v_s}{v_s - v_0}$$

Inoltre, avendo $\Delta f = f_2 - f_1$:

$$f_0 \frac{v_s}{v_s - v_0} - f_0 \frac{v_s}{v_s + v_0} = \Delta f$$

Risolvendo:

$$f_0 \left[\frac{2 v_s v_0}{v_s^2 - v_0^2} \right] = \Delta f$$

Da cui si ottiene l'equazione di secondo grado:

$$\Delta f v_0^2 + 2 f v_s v_0 - \Delta f v_s^2 = 0$$

Risolvendo e scartando la soluzione negativa e quindi non accettabile:

$$v_0 = \frac{f v_s}{\Delta f} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\Delta f}{f} \right)^2} - 1 \right] = \mathbf{3.6} \ \frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{s}}$$

Problema n.2

Immagine della lente:

$$\frac{1}{p_l} + \frac{1}{q_l} = \frac{1}{f} \quad \Longrightarrow \quad q_l = \frac{p_l f}{p_l - f} = \frac{2f^2}{2f - f} = \boldsymbol{2f}$$

Se il vertice dello specchio dista $\boldsymbol{d = \frac{3}{2} f}$ dalla lente, questo vuole dire che l'immagine della lente, che si forma a $\boldsymbol{q_l = 2f}$ si troverà oltre lo specchio, quindi siamo in presenza di un oggetto Calcoliamo $\boldsymbol{p_s}$:

$$p_s = -|q_l - d| = d - q_1 = \frac{\mathbf{3}}{\mathbf{2}} \boldsymbol{f} - \mathbf{2} \boldsymbol{f} = -\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}} \boldsymbol{f}$$

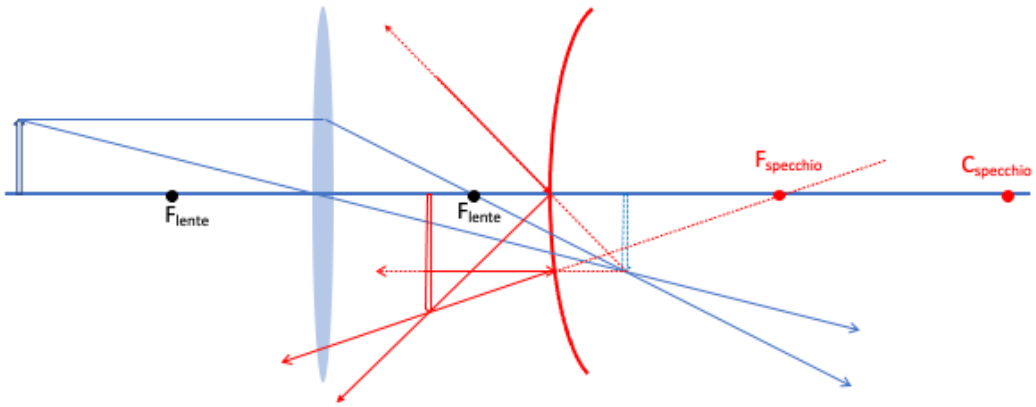
Da cui calcoliamo la posizione dell'immagine generata dallo specchio:

$$\frac{1}{p_s} - \frac{1}{q_s} = -\frac{2}{R} \quad \Longrightarrow \quad q_s = \frac{p_s R}{2p_s + R} = \frac{-\frac{1}{2} f \cdot 3f}{-2\frac{1}{2} f + 3f} = \frac{-\frac{3}{2} f \cdot f}{2f} = -\frac{\mathbf{3}}{\mathbf{4}} \boldsymbol{f}$$

Calcoliamo, in modulo, l'ingrandimento complessivo:

$$I = |I_l \cdot I_s| = \left|\frac{q_l}{p_l} \cdot \left(-\frac{q_s}{p_s}\right)\right| = \left|\frac{2f}{2f} \cdot \frac{-\frac{3}{4}f}{-\frac{1}{2}f}\right| = \frac{3}{4} \cdot 2 = \frac{6}{4} = \mathbf{1.5}$$

Disegniamo ora l'immagine (i percorsi tratteggiati sono i prolungamenti all'indietro dei raggi poiché l'oggetto dello specchio è virtuale):



Problema n.3

Calcoliamo la distanza fra le fenditure:

$$d = \frac{L}{N} = \mathbf{1.5\ \mu m}$$

I massimi, come sappiamo, non dipendono dal numero di fenditure, quindi:

$$d \cdot sen\theta_m = m\lambda \implies \theta_m = arc\ sen\left(\frac{m\lambda}{d}\right)$$

Il numero di massimi visibili è dato, al variare di ***m***, dalla condizione:

$$sen\theta_m = \frac{m\lambda}{d} \leq 1$$

Inserendo i valori si ha che sono visibili solo i massimi corrispondenti a m=-3, -2, -1, 0, 1, 2 e 3.

θ (rad)	*m*
-0.961	-3
-0.578	-2
-0.277	-1
0	0
0.277	1
0.578	2
0.961	3

La larghezza angolare del massimo centrale è data dalla formula:

$$\Delta(\text{sen}\,\theta) = \frac{2\lambda}{ND}$$

Poiché parliamo del massimo centrale possiamo tranquillamente considerare che gli angoli siano piccoli, quindi:

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{ND} = \mathbf{3.42 \times 10^{-5}\ rad}$$

Il potere risolutivo per un reticolo dato da:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} = mN$$

Da cui:

$$R_{m=1} = N = \mathbf{16000}\ \ e\ \ R_{m=2} = 2N = \mathbf{32000}$$

L'intervallo di righe risolvibile sarà:

$$\delta\lambda = \frac{\lambda}{R}$$

Da cui:

$$\delta\lambda_{m=1} = \mathbf{2.56 \times 10^{-2} nm}\ \ \ e\ \ \ \delta\lambda_{m=2} = \mathbf{1.28 \times 10^{-2} nm}$$