Soluzioni Esercizi Fisica 4F

dott. Stefano Lacaprara lacaprara@pd.infn.it INFN LNL

Esercizio n. 1

a) La pupilla viene investita da due fronti d'onda piani e si comporta come un foro circolare diffusore. L'immagine di ogni fascio luminoso è una figura di diffrazione $\lambda \ll d$. Il primo mimino di diffrazione si ha ad un angolo $\theta = 1.22\frac{\lambda}{d}$. Le due figure di diffrazione si possono dire risolte se il massimo del secondo disco coincide (o è più lontano) con il primo minimo del primo disco: criterio del (lord) Rayleigh.

Quindi i due fari risultano risolti, considerando solo la diffrazione della pupilla, se $\frac{D}{L} > 1.22\frac{\lambda}{d}$, quindi se $L < 10.7\ km$.

Questo risultato è in contrasto con l'osservazione: una prima osservazione è che, data la curvatura terrestre, la distanza dell'orizzonte per una persona i cui occhi siano a circa $1.70\ cm$ da terra risulta essere circa $5\ km$, inferiore alla distanza di risoluzione dei fari secondo il calcolo di prima. Quindi, in una pianura, non appena i fari sono visibili, sono anche risolti: il che è accade.

Il fattore che abbiamo trascurato è la dimensione dei sensori (coni e bastoncelli) sulla retina.

b) La distanza sulla retina delle immagini dei due fari, o meglio, del centro delle rispettive figure di diffrazione, risulta $x = \theta p = \frac{D}{L}$.

Questa va confrontata con la dimensione dei sensori, che è circa di $5\ \mu m$. Perchè le due immagini risultino distinte, devono colpire due sensori non adiacenti, quindi devono distare circa $x > 10\ \mu m$. Il che porta ad un angolo minimo di risoluzione $\theta_m = \frac{x}{p} \sim 4 \cdot 10^{-4}\ rad$. Con questa risoluzione angolare, la distanza minima dovrà essere circa $L \sim 3.2\ km$ che è un valore piu' ragionevole.

Si poteva risalire all'angolo minimo di risoluzione, osservando che alla distanza di visione distinta ($L_d \sim 20\ cm$), l'occhio normale è in gradi di risolvere circa un decimo di mm. $\theta = \frac{0.1}{200} \sim 5 \cdot 10^{-4}\ rad$, in buon accordo con i numeri precedenti.