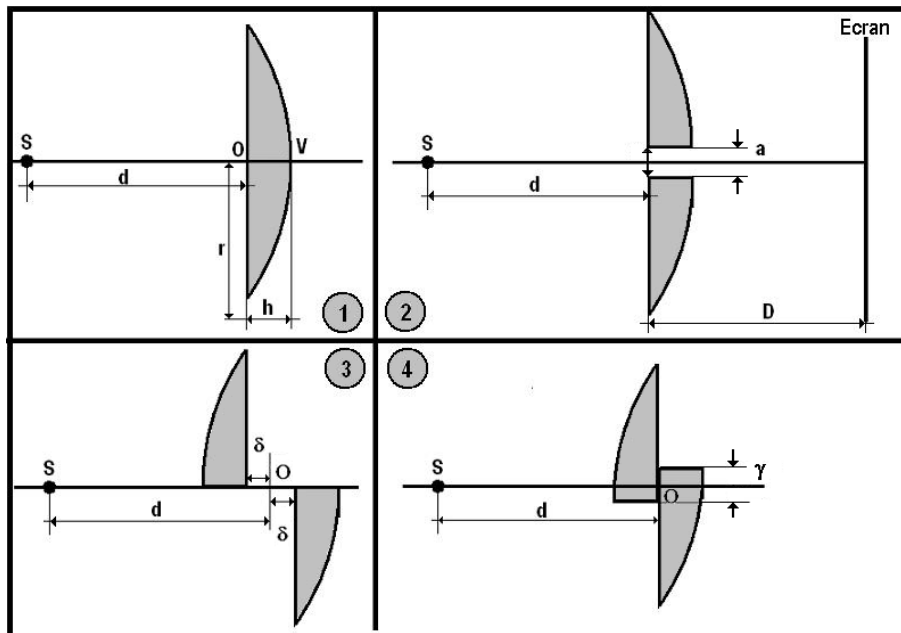


I. *Optică pe bucăți de lentilă (14 puncte)*

În toate calculele numerice operează cu două cifre semnificative.

a. Dintr-o sferă confecționată din sticlă ($n_{\text{sticlă}} = 1,5$) cu raza $R = 2,5 \times 10^{-1} m$ se taie o calotă cu înălțimea $h = 1,5 \times 10^{-3} m$, obținându-se o lentilă, ca cea ilustrată în imaginea 1 din figura de mai jos. La distanța $d = 1 m$ de centrul feței plane a lentilei se plasează o sursă punctiformă de lumină. Lentila și sursa de lumină sunt situate în aer ($n_{\text{aer}} \approx 1$). Determină raza calotei sferice, distanța focală a lentilei și poziția imaginii sursei S față de lentilă.



b. Lentila este tăiată în două bucăți identice printr-un plan care conține vârful calotei și axul său optic principal, orizontal. Cele două bucăți se depărtează simetric față de axul optic astfel încât fețele plane ale „semilentelelor” rămân coplanare și perpendiculare pe axul optic, ca în imaginea 2 din figură. Determină distanța dintre imaginile formate de sistemul optic, dacă distanța dintre diametrele fețelor semicirculare ale „semilentelelor” este $a = 1 \times 10^{-3} m$, iar distanța de la sursa de lumină la planul fețelor plane ale „semilentelelor” rămâne $d = 1 m$.

c. Se așează „semilentele” de-a lungul axului optic, simetric, la distanțele δ față de punctul O, ca în imaginea 3 din figura de mai sus. Distanța de la sursa de lumină la punctul O rămâne $d = 1 m$. Determină valoarea deplasării δ pentru ca distanța dintre imaginile date de acest sistem să aibă aceeași valoare cu aceea dintre imaginile produse de sistemul prezentat la punctul b.

d. Se suprapun cele două „semilentele” pe lungimea $\gamma = 4 \times 10^{-3} m$, ca în imaginea 4 din figura de mai sus. Fețele plane sunt în contact, diametrele fețelor semicirculare sunt paralele și deplasate fiecare cu $\gamma/2$ față de axul optic. Dacă distanța de la sursa punctiformă de lumină la punctul O rămâne $d = 1 m$, determină pozițiile imaginilor furnizate de sistem.

e. Pentru situația prezentată în imaginea 4 din figura de mai sus, se înnegresc fețele plane ale lentilelor în regiunea în care nu sunt suprapuse și se plasează un ecran perpendicular pe axul optic. La ecran ajunge numai lumina care trece prin zona de suprapunere a lentilelor. Estimează raportul dintre iluminarea determinată în centrul ecranului în această nouă situație și iluminarea determinată în centrul ecranului, în absența lentilei, de către sursa punctiformă aflată la distanța $D + d = 4 m$ de ecran.

f. Ansamblul celor două „semilente” prezentat în imaginea 2 din figura de mai sus este iluminat de la o fantă foarte fină situată în planul prin care s-au secționat lentilele, perpendicular pe axul optic al sistemului. Mijlocul fantei este situat în punctul S de pe axul optic ($SO = d$). Sursa emite lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 650 \times 10^{-9} \text{ m}$. Ansamblul astfel descris este un sistem interferențial care produce o imagine de interferență pe un ecran aflat la distanța $D = 3 \text{ m}$ de planul fețelor plane ale „semilentelelor”. Determină starea de interferență în punctul de pe ecran aflat pe axul optic, lărgimea interfranței sistemului și lărgimea câmpului de interferență.

II. Camera Digitală (8 puncte)

„CCD charge-coupled device” este un senzor de imagine care constă dintr-un circuit integrat ce conține șiruri de condensatori, cuplați, sensibili la lumină, fiecare putând capta „un pixel” din imagine. CCD se utilizează în aparatele digitale de fotografiat și în alte dispozitive de detecție a luminii.



Consideră o cameră digitală ce are ca detector un cip CCD pătrat de latura $L = 35 \text{ mm}$, care conține $N_p = 5 \text{ Mpix}$ ($1 \text{ Mpix} = 10^6 \text{ pixeli}$). Pe lentila cu distanța focală $f = 38 \text{ mm}$ a camerei digitale este notată secvența de numere (2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22), ce se referă la așa numitul număr F (notat $F\#$). El este definit ca raportul dintre distanța focală și diametrul D al deschiderii lentilei

$$F\# = f / D \quad (1)$$

Deschiderea lentilei este acea suprafață a lentilei pe care cade lumina. Cu cât deschiderea este mai mare cu atât imaginea este mai luminoasă; cu cât deschiderea este mai mică cu atât imaginea este mai clară.

Aminteșteți că la trecerea luminii printr-o deschizătură apare fenomenul de difracție, datorită căruia imaginea este înconjurată de „franje” alternative luminoase și întunecoase și că din cauza acestor franje, imaginile a două puncte pot să nu mai fie distincte.

Rezoluția unghiulară θ_{rezolvat} (unghiul dintre razele provenite de la două puncte care dau imagini distincte) este limitată de difracție și are expresia

$$\theta_{\text{rezolvat}} = 1,22 \frac{\lambda}{D} \quad (2)$$

În relația (2), cunoscută sub numele de **criteriul Rayleigh**, λ reprezintă lungimea de undă a luminii folosite, D este diametrul deschiderii, iar factorul 1,22 este specific orificiilor circulare.

a. Determină rezoluția spațială Δx_{min} , cea mai bună cu putință a cipului unei camere digitale, așa cum este ea limitată de lentilă. Exprimă rezultatul în funcție de lungimea de undă λ și de numărul și calculează valoarea sa numerică pentru $\lambda = 500 \text{ nm}$.

b. Determină numărul N de Mpix, pentru care cipul CCD are rezoluția spațială optimă, determinată la punctul a.

c. Știind că ochiul uman are o rezoluție unghiulară aproximativă de $\phi = 2''$ (secunde de arc) și că o imprimantă foto obișnuită are o rezoluție de cel puțin 300 dpi (dots per inch - puncte pe inch), determină distanța minimă z față de ochi la care trebuie ținută pagina imprimată, astfel încât să nu se distingă punctele individuale.

Date 1 inch = 25,4 mm

1'' (secunde de arc) = $2,91 \times 10^{-4} \text{ rad}$

III. Casa solară (8 puncte)

O „casă solară” este alimentată cu energie electrică și termică provenită de la Soare. Pentru aceasta, acoperișul „casei solare” este placat cu panouri solare electrice și cu panouri solare termice.

Soarele trimite normal pe suprafața Pământului, în fiecare secundă și pe fiecare metru pătrat energia $p = 1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Un panou solar electric este un ansamblu de celule solare ce transformă energia solară în energie electrică. O celulă solară, cu aria $A = 4 \text{ cm}^2$ este un dispozitiv echivalent cu o baterie având tensiunea electromotoare $E = 0,48 \text{ V}$,

rezistența internă neglijabilă și randamentul $\eta_E = \frac{\text{Energia electrică}}{\text{Energia solară}} = 20\%$.

Un panou solar termic transformă energia solară în energie termică, încălzind apă ($c_{\text{apa}} = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) de la 15°C la 60°C cu randamentul $\eta_T = \frac{\text{Energia termică}}{\text{Energia solară}} = 50\%$.

Consumatorii electrici din casă (conectați în paralel) funcționează la o tensiune nominală $U = 12 \text{ V}$. Casa are nevoie de o putere electrică de 1200 W în fiecare dintre cele $t = 12 \text{ ore}$ ale zilei și respectiv de 2400 W în fiecare dintre cele $t = 12 \text{ ore}$ ale nopții. Energia electrică poate fi stocată – cu pierderi neglijabile - ziua pentru consumul de noapte.

a. Precizează o configurație funcțională de celule pentru panourile solare care furnizează energia electrică necesară casei solare.

b. Determină masa maximă de apă fierbinte, la 60°C pe care o pot furniza ziua panourile solare termice, dacă suprafața totală a acoperișului este $\Sigma = 40 \text{ m}^2$.

c. Determină cât ar trebui să fie valoarea raportului dintre ariile panourilor solare electrice și termice, dacă noaptea energia termică este furnizată din încălzire electrică și dacă se dorește un nivel constant de furnizare a energiei termice utilizate în casa solară, pe parcursul zilei și al nopții. Calculează valoarea acestei energii termice.

Presupune că nivelul consumului aparatelor electrice din casă (altele decât cele pentru încălzire) rămâne cel descris în enunț și că energia electrică este convertită fără pierderi în energie termică.



Subiecte propuse de:

Prof. Drd. Delia Davidescu – Inspector de Fizică – Serviciul Național de Evaluare și Examinare – MEEdC – București

Prof. Dr. Adrian Dafinei – Facultatea de Fizică – Universitatea București

Prof. Sorin Trocaru - Inspector General de Fizică – MEEdC – București