

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" BUCUREȘTI  
CATEDRA DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE OPTICĂ  
BN - 121**

**INTERFERENȚA ȘI POLARIZAREA  
UNDELOR ELECTROMAGNETICE**

# INTERFERENȚA ȘI POLARIZAREA UNDELOR ELECTROMAGNETICE

## 1. Scopul lucrării

Evidențierea aspectului ondulatoriu al radiației electromagnetice prin analiza fenomenelor de interferență și de polarizare a undelor electromagnetice din gama undelor ultracurte.

## 2. Teoria lucrării și descrierea instalației experimentale

**2.1. Interferența** este fenomenul de suprapunere a unor unde coerente, în urma căruia rezultă maxime și minime de intensitate ale unde rezultante.

Schema de principiu a instalației folosită în studiul interferenței în lucrarea noastră este indicată în figura 1.

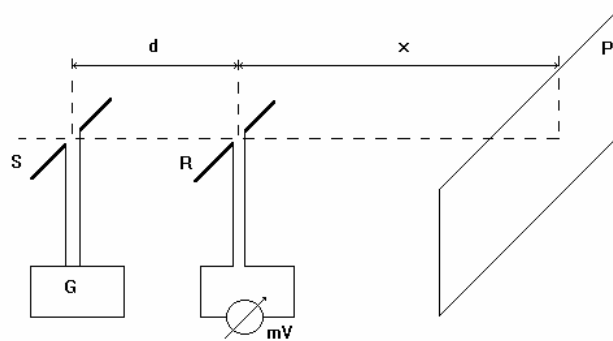


Fig. 1

În dispozitivul de recepție R (antena dipol), se suprapun atât unda venită de la antena dipol emițătoare S alimentată de generatorul G, cât și unda plecată din S, reflectată pe panoul P. În urma reflexiei pe panoul P unda reflectată va suferi o pierdere de fază de  $\pi$  sau, exprimată în lungimi de undă, diferența de drum va fi micșorată cu  $\lambda/2$ . Unda rezultată în urma interferenței va fi detectată, intensitatea sa fiind indicată de aparatul de măsură V. Componenta electrică a unei electromagnetice plecată din S spre R se scrie sub forma:

$$e_1 = E_1 \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{d}{\lambda} \right) \right] \quad (1)$$

unde  $E_1$  este amplitudinea componentei electrice a unei electromagnetice, iar  $d$  este distanța dintre S și R ( $d = 12$  cm în lucrare). Componenta electrică a unei electromagnetice reflectată pe panoul P va avea în punctul R expresia:

$$e_2 = E_2 \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{d + 2x - \frac{\lambda}{2}}{\lambda} \right) \right] \quad (2)$$

unde  $x$  este distanța dintre P și R. În ceea ce privește  $E_2$ , el va avea valori diferite în funcție de  $x$ . Aceasta se explică prin faptul că la o mărire a distanței dintre P și R se va reflecta spre R o parte mai mică a frontului de undă, corespunzătoare unghiului solid mai mic sub care este văzut panoul din R. Restul frontului de undă va trece pe lângă panou și va conduce la un semnal parazit (neglijabil în lucrarea noastră) generat de unda care după reflexia pe pereții încăperii a ajuns în R. Amplitudinea undei rezultate prin interferență va fi:

$$E = \left( E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \Delta\Phi \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

sau

$$E = \left( E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2 \cos \frac{4\pi x}{\lambda} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Minimele de amplitudine vor fi obținute pentru valori  $x_m$  date de relația:

$$x_m = \frac{m\lambda}{2}; \quad m \in \mathbb{N} \quad (5)$$

iar maximele pentru valori  $x_M$  date de:

$$x_M = (2m+1) \frac{\lambda}{4}; \quad m \in \mathbb{N} \quad (6)$$

Distanța dintre două maxime sau două minime de amplitudine consecutive este:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} \quad (7)$$

**2.2. Polarizarea** caracterizează undele electromagnetice (care sunt unde transversale) din punct de vedere al direcției de oscilație a vectorului intensitate a câmpului electric (sau a vectorului intensitate a câmpului magnetic). Starea de polarizare a undei electromagnetice este definită de relația dintre amplitudinile și fazele celor două câmpuri transversale independente,  $\vec{E}$  și  $\vec{H}$ . În unda electromagnetică, vectorii intensitate a câmpului electric  $\vec{E}$ , vectorul intensitate a câmpului magnetic  $\vec{H}$  și versorul direcției de propagare formează un triedru drept (vezi fig. 2).

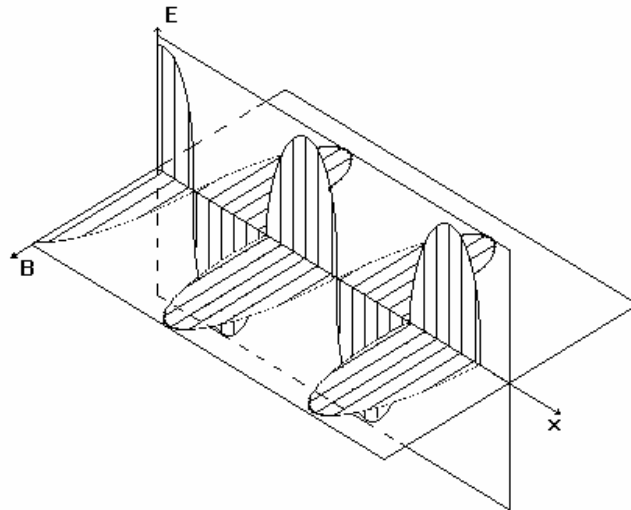


Fig. 2

Vom numi direcție de polarizare direcția de oscilație a vectorului câmp (electric sau magnetic) și plan de polarizare planul care conține vectorul câmp (electric sau magnetic) și direcția de propagare. Spunem că unda electromagnetică este :

- *liniar polarizată* (sau plan polarizată) dacă locul geometric al vectorului câmp este o dreaptă;

- *circular polarizată* dacă locul geometric al vectorului câmp este un cerc;

- *eliptic polarizată* dacă locul geometric al vectorului câmp este o elipsă.

Folosind ca generator de unde electromagnetice un dipol S, unda emisă  $\vec{E}$  rezultă a fi plan polarizată, planul de polarizare fiind determinat de axa dipolului S și de direcția de propagare a undei (dreapta ce unește S cu R). Dipolul receptor R, folosit ca analizor, a cărui axa face unghiul  $\alpha$  cu axa lui S, va capta semnalul:

$$E_R = E \cdot \cos\alpha \quad (8)$$

Deoarece răspunsul detectorului este proporțional cu intensitatea undei, care este direct proporțională cu pătratul amplitudinii intensității câmpului electric, rezultă că mărimea semnalului indicat de aparat  $V_R$  va fi:

$$V_R = V_0 \cdot \cos^2\alpha \quad (9)$$

unde  $V_0$  este semnalul indicat pentru  $\alpha = 0$ . Dependența  $V_R = V_R(\alpha)$  exprimă legea lui Malus, care va fi verificată în această lucrare.

### 3. Modul de lucru

a) După conectarea instalației la rețeaua electrică se așteaptă circa un minut pentru stabilizarea funcționării generatorului.

b) Panoul reflector P (având planul perpendicular pe direcția SR) este deplasat dinspre capătul cel mai depărtat de R spre dipolul receptor. Din 2 în 2 cm se măsoară tensiunea indicată de aparat, notând tabelul de valori  $V = V(x)$ . Distanța  $x$  este măsurată folosind rigla prezentă în instalație. Tabelul de valori  $V(x)$  va fi obținut de trei ori, prezentând în final pentru fiecare valoare a lui  $x$  media tensiunilor măsurate.

c) Pentru verificarea legii lui Malus, se plasează inițial panoul cât mai departe de receptor. Se alcătuieste tabelul de valori  $V(\alpha)$  unde unghiul  $\alpha$  dintre axele dipolilor va fi:

$$\alpha = 90^\circ - \alpha_R \quad (10)$$

unde  $\alpha_R$  este unghiul măsurat de raportor. Tabelul va fi alcătuit pentru  $\alpha_R \in [0, 90^\circ]$ , pentru  $\alpha_R$  luându-se valori din  $5^\circ$  în  $5^\circ$ .

#### **Observații importante:**

Rotirea dipolului R se face cu atenție, punând mâna pe suportul de pexiglas și NU pe dipolul propriu-zis. Pentru a evita fenomenele parazite care apar datorită recepției suplimentare în R și a undei reflectate pe corpul studentului, se va avea grijă ca după deplasarea panoului P

sau după rotirea receptorului R, mâna să fie retrasă. Pentru a introduce o eroare constantă, este de dorit ca observatorii să stea în cursul lucrării în poziții fixe, cât mai departe de dipoli.

#### 4. Indicații pentru prelucrarea datelor experimentale

4.1. Se construiește graficul mediei tensiunilor  $V$  în funcție de  $x$ . Măsurând din grafic distanța dintre două maxime respectiv dintre două minime de intensitate, calculăm lungimea de undă și frecvența generatorului:

$$v = \frac{c}{\lambda} \quad \left( c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad (11)$$

4.2. Se trasează graficele  $V = V(\alpha)$  și  $V = V(\cos^2 \alpha)$ . Din analiza graficelor se vor trage concluzii referitoare la verificarea legii lui Malus.

#### 5. Întrebări

1. Explicați de ce înălțimile maximelor obținute pe graficul de la punctul 4.1. nu sunt egale.
2. Indicați câțiva din factorii care produc erori asupra rezultatelor măsurătorilor.