

פרויקט 2 - שדות וגלים אלקטרומגנטיים

חלק א'

סעיף א'

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} A_p \\ A_s e^{j\delta} \end{pmatrix} e^{j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$$

כפי שראינו בתרגול, כיוון \hat{s} הוא הכיוון בו השדה החשמלי מאונך למישור הפגיעה (TE) וכיוון \hat{p} הוא הכיוון בו השדה החשמלי מקביל למישור הפגיעה (TM).

הקיטוב של הגל הוא סופרפוזיציה של שני הכיוונים האלו, כלומר נפרק את הגל לרכיב בכיוון \hat{p} ולרכיב בכיוון \hat{s} וכך נקבל את השדה בצורה הנתונה, כאשר A_p ו- A_s אמפליטודות הגל בכיוונים המתאימים. האות δ מציינת את ההפרש הפאזות בין שני הגלים בכיוונים שצוינו לעיל.

קיטוב לינארי יתקבל עבור $\delta = 0, \pi$.

קיטוב מעגלי ימני יתקבל עבור $A_p = A_s$ ו- $\delta = -\frac{\pi}{2}$, קיטוב מעגלי שמאלי יתקבל עבור $A_p = A_s$.

$$\delta = \frac{\pi}{2}$$

קיטוב אליפטי יתקבל במקרה הכללי עבור ערכים אחרים.

סעיף ב'

עבור $A = 9$ ו- $B = 4$ נקבל:

$$A_p = A_s = 4, \delta = -\frac{\pi}{2}$$

והשדה יהיה:

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} 4 \\ 4e^{-j\frac{\pi}{2}} \end{pmatrix} e^{j(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$$

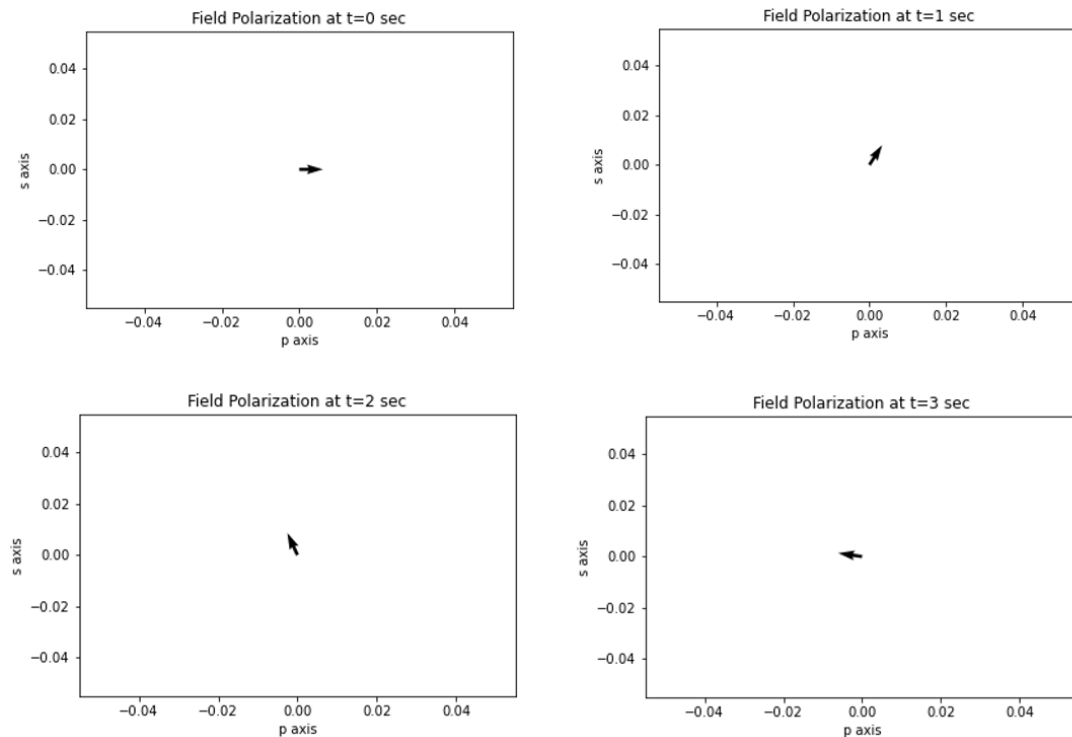
כפי שראינו לעיל, קיבלנו קיטוב מעגלי ימני.

סעיף ג'

```
def fieldDirection(t, w):
    Ep = 4*cos(w*t)
    Es = 4*cos(w*t-math.pi/2)
    return (Ep,Es)
```

סעיף ד'

בבחירת $\omega = 1 \frac{rad}{sec}$ ו- $t \in \{0,1,2,3\} sec$ נקבל:



```
t = 3
w = 1
p = 0
s = 0

Ep, Es = fieldDirection(t,w)

u,v = np.meshgrid(Ep, Es)

fig, ax = plt.subplots()

ax.quiver(p,s,u,v)

plt.title("Field Polarization at t=3 sec")
plt.xlabel("p axis")
plt.ylabel("s axis")

plt.savefig('polar3.png')
plt.show()
```

סעיף ה'

כפי שהראינו בסעיף ב', ציפינו לקבל קיטוב מעגלי ימני. במערכת הצירים שהצגנו בתרגול (עבור הציר האופקי \hat{p} והציר האנכי \hat{s}) נקבל שקיטוב ימני משמעו סיבוב נגד כיוון השעון. עבור $\omega = 1 \frac{rad}{sec}$ נצפה שבכל שנייה הקיטוב יתקדם $radian$ אחד נגד כיוון השעון, כפי שניתן לראות בגרפים שהתקבלו.

חלק ב'

סעיף א'

נסמן, כמו בתרגול:

$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ - קורדינטות מיקום החלון.

$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ - קורדינטות מיקום במישור z אחרי מיקום החלון.

בנוסף, מתקיים:

$$|\mathbf{u}| = \sqrt{u^2 + v^2} \quad |\mathbf{x}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

קיימים שני קירובים לשימוש בנוסחה לעקיפת פראונהופר:

1. הקירוב הפראקסיאלי (קירוב זוויות קטנות) - $\frac{|u|}{z} \ll 1, \frac{|x|}{z} \ll 1$
2. קירוב נוסף של $\sqrt{2\lambda z}$ של $|\mathbf{u}|_{max} \ll \sqrt{2\lambda z}$

סעיף ב'

כפי שראינו בתרגול, הנוסחה לעקיפת פראונהופר היא:

$$E(\mathbf{x}, z) = \frac{j}{\lambda z} e^{-jk_0 z} e^{-\frac{jk_0}{2z} x^2} \int E(\mathbf{u}, 0) e^{j2\pi \frac{\mathbf{x} \cdot \mathbf{u}}{\lambda z}} d^2 \mathbf{u}$$

כמו כן, בשימוש בביטויים המבוקשים:

$$E(\mathbf{x}, z) = \frac{j}{\lambda} E_{sphere}(\mathbf{x}, z) S\left(\frac{\mathbf{x}}{\lambda z}\right)$$

כאשר:

$$E_{sphere}(\mathbf{x}, z) = \frac{1}{z} e^{-jk_0 z} e^{-\frac{jk_0}{2z} x^2}$$

$$S(\mathbf{v}) = \int E(\mathbf{u}, 0) e^{j2\pi \mathbf{v} \cdot \mathbf{u}} d^2 \mathbf{u}$$

סעיף ג'

עבור $A = 9, B = 4$ נקבל:

```
wave_length = 0.649
k = 2*math.pi/wave_length

z_meters = 0.1
z = z_meters * 1e6
```

סעיף ד'

החלון שקיבלנו יהיה עיגול שקוף (פונקציית ההעברה T היא 1 בתוכו), בעל רדיוס 500 מיקרון, ומרכזו בראשית.

סעיף ה'

```
def circle(u,v):  
    R = 500  
    phi = math.arctan(v/u)  
    r = math.sqrt(u**2 + v**2)  
    if (r <= R):  
        return 1  
    else:  
        return 0
```

סעיף ו'

```
for i in range(len(U)):  
    for j in range(len(U[i])):  
        u = U[i][j]  
        v = V[i][j]  
  
        T[i][j] = circle(u,v)
```

סעיף ז'

$$E_{\theta} = 1 * T$$

סעיף ט'

```
for i in range(len(X)):  
    for m in range(len(X[i])):  
        x = X[i][m]  
        y = Y[i][m]  
        E_sphere[i][m] = (1/z) * (cmath.exp(-1j*k*z)) * \  
            (cmath.exp(-1j*k*(x**2+y**2))/(2*z))
```

סעיף י'

$$E = (j/\text{wave_length}) * E_{\text{sphere}} * S$$

סעיף י"ב

