

# פיזיקה 2 חשמל ומגנטיות

פרק 21 - משוואות מקסוואל

תוכן העניינים

1. המשוואות והמעברים ..... 1

## המשוואות והמעברים:

רקע:

משוואות מקסוול:

| הערות                                                      | הצורה האינטגרבילית                                                                                                      | הצורה הדיפרנציאלית                                                                   |   |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|
| חוק גאוס                                                   | $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho dV$                                                      | $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$                             | 1 |
| השטף המגנטי על משטח סגור תמיד = מתאפס = אין מטען מגנטי     | $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$                                                                                      | $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$                                                     | 2 |
| מהמשוואה ניתן לקבל את חוק פארדי $\epsilon = -\dot{\phi}_B$ | $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{s}$                                              | $\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{d\vec{B}}{dt}$                                | 3 |
| חוק אמפר והתיקון של מקסוול (שנקרא גם זרם העתקה)            | $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot d\vec{s} + \mu_0 \int \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} d\vec{s}$ | $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$ | 4 |

## שאלות:

## (1) שדה מגנטי רדיאלי והיקפי מתאפסים

באזור מסוים במרחב נתון כי ישנו שדה מגנטי בכיוון ציר  $z$  בעל סימטריה גלילית. כמו כן נתון כי אין זרמים באזור זה. הראו כי  $B_r$  ו- $B_\theta$  מתאפסים.

## (2) מסגרת נעה בשדה מגנטי

שדה מגנטי בתחום המרחבי:  $x > 0$  נתון בביטוי:

$$\vec{B}(x, y, z) = 4A\mu_0 \frac{z\hat{x} - (x+2l)\hat{z}}{(x+2l)^2 + z^2}$$

כאשר  $A$  קבוע נתון. מסילה ריבועית שאורך הצלע שלה  $l$  מונחת במישור:  $z = 0$ . ב- $t = 0$  מרכז המסילה נמצא בנקודה  $(2l, 0, 0)$ . ההתנגדות החשמלית של המסילה היא  $R$ . מושכים את המסילה במהירות קבועה  $v$  בכיוון החיובי של ציר ה- $x$ .

א. חשבו את צפיפות הזרם במרחב בתחום:  $x > 0$ .

ב. חשבו באופן מפורש את  $\nabla \cdot \vec{B}$ , האם התוצאה שקיבלתם הגיונית?

ג. מהו גול וכיוון הזרם במסילה כפונקציה של הזמן?

## תשובות סופיות:

(1) הוכחה בסרטון.

(2) א. 0, ב. כן, דיב  $B$  שווה אפס לפי המשוואה השנייה של מקסוול

ג. עם השעון, 
$$\frac{4l^2 A\mu_0 V}{\left(Vt + \frac{9}{2}l\right)\left(Vt + \frac{7}{2}l\right)R}$$