

סמסטר א', מועד ג', תש"ע

תאריך הבחינה: 16.04.2010

המרצים: פרופ' ברוך הורוביץ, פרופ' יגאל מאיר

### מבחן בפיסיקה 3, מסלול רגיל (203.1.2111) ומורחב (203.1.2121)

משך הבחינה: 2.5 שעות. למסלול המורחב 3 שעות.

על תלמידי פיסיקה 3 מורחב לענות על 4 שאלות מתוך 5. על שאר הסטודנטים לענות על 3 מארבע השאלות הראשונות. לכל שאלה אותו משקל. שים לב: לשאלה 4 יש 30 נק', לכל אחת משאר השאלות יש 25 נק'. מותר להשתמש בדף נוסחאות אחד בגודל A4 (ללא ספרים) ובמחשבון כיס (ללא תכנות).

#### שאלה 1

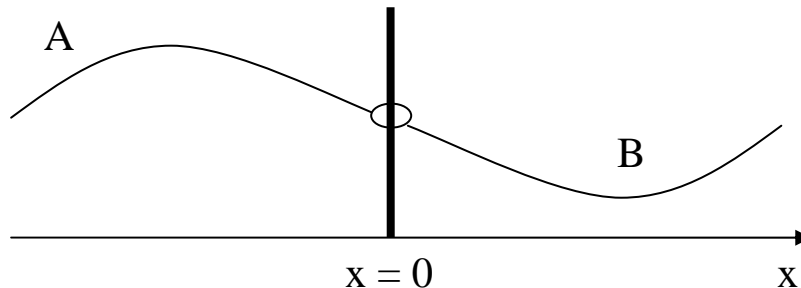
שני מיתרים A ו-B ארוכים קשורים לטבעת החופשית ב-  $x = 0$  לנוע לאורך מוט אנכי. העכבה (אימפדנס) של המיתר A הינו  $Z_A$ . גל הרמוני בתדירות  $\omega$  ואמפליטודה  $a$  נשלח מהקצה השמאלי  $(-\infty)$ . כתוצאה מכך הטבעת מתנדדת ונמדדת

בה אמפליטודה  $\frac{a}{2}$ . הטבעת היא חסרת מסה ונעה ללא חכוך.

א. (6 נק') רשמו את צורת הגל עבור  $x > 0$  ועבור  $x < 0$  וזהה את המקדמים.

ב. (7 נק') מצאו את העכבה  $Z_B$  של המיתר B.

ג. (12 נק') חשבו את הספק האנרגיה המגיעה, ההספק בגל החוזר וההספק בגל המועבר ( $x > 0$ ). הכוונה להספק שהוא ממוצע בזמן על מחזור אחד. בדוק שימור אנרגיה.



#### שאלה 2

ממברנה מישורית (במישור x-y) במתיחות אחידה T וצפיפות  $\rho$  ליחידת שטח יכולה להתנדוד בכיוון האנכי. ההעתקה ממצב שיווי המשקל נתונה ע"י  $\psi(x, y, t)$ . הממברנה אינסופית בכיוון y ושפותיה לאורך הקווים  $x = 0$  ו-  $x = L$ .

$$\text{חופשיות. משוואת הגלים היא } T \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + T \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \rho \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}.$$

א. (12 נק') רשמו פתרון כסכום של שני גלים נוסעים בעלי וקטור גל  $(\pm k_x, k_y)$  ומצא את אופני התנודה של הממברנה.

ב. (13 נק') מצאו את יחס הנפיצה וחשב את מהירות הפאזה והחבורה לגלים המתקדמים בכיוון y, כתלות ב  $\theta$ , כאשר

$$k_y = k \cos \theta, \quad k_x = k \sin \theta$$

מהו התדר המינימלי שעבורו יהיו גלים נוסעים?

### שאלה 3

אור שמקורו בקרן לייזר במספר גל  $k$  עובר דרך סדק שרוחבו  $d$  בכוון  $y$  והוא ארוך בכוון  $x$ . חציו של הסדק מכוסה ע"י זכוכית. כתוצאה מכך נוצר הפרש פאזה  $\phi$  בין שני החצאים כך שמקור האור מהסדק הוא ( $f_0$  קבוע)

$$f(y) = \begin{cases} f_0 e^{-i\phi/2}, & -d/2 < y < 0 \\ f_0 e^{i\phi/2}, & 0 < y < d/2 \end{cases}$$

- א. (10 נק') מצא ביטוי לעוצמת האור המתקבלת על המסך מול הסדק בזווית  $\theta$  ( $\theta$  היא הזווית מציר  $z$  במישור  $y, z$ ).
- ב. (5 נק') בדוק את המקרים המיוחדים  $\phi = 0$  ו-  $\phi = \pi$ : מהי עוצמת האור במרכז המסך ( $\theta = 0$ ) בכל אחד מהמקרים? הסבר את ההבדל.
- ג. (10 נק') נתונה טבעת דקה ברדיוס  $R$  כך שמקור האור שהיא נותנת הוא  $f_0 e^{i\alpha}$  כאשר  $\alpha$  היא הזווית שעל פני הטבעת. חשב את עוצמת האור המתקבלת כתלות בזווית הפזור  $\theta$ ,  $\theta$  היא הזווית מהאנך לטבעת. (אין צורך לחשב את האינטגרל). הראה שהעוצמה מתאפסת בכוון הקדמי  $\theta = 0$ .

### שאלה 4 (30 נק')

א. (8 נק') נתון קו תמסורת בעל אימפדנסים  $Z_1$  ב  $x < 0$  ו-  $Z_2$  ב-  $x > 0$ . ע"י רציפות הזרם והמתח הראה שמקדמי

$$R_E = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}, \quad T_E = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \text{הם } (x < 0)$$

[ להמשך השאלה: העצמה של גל אלקטרומגנטי היא שטף האנרגיה ליח' שטח  $S = (c/4\pi Z)E_0^2$  בתווך בעל אימפדנס  $Z$ ,

כאשר  $E_0$  היא אמפליטודת השדה החשמלי. אלומת אור מקוטב מעגלית בכוון הפגיעה ( $\hat{z}$ ) בעל עוצמה  $S_0$  פוגעת מהוקום בניצב על משטח זכוכית בעל מקדם שבירה  $n$ .

ב. (5 נק') מהי עוצמת האור המוחזר?

ג. (5 נק') מהו קיטוב האור המוחזר?

ד. (5 נק') הראה כי סכום העוצמות של האור המוחזר והאור העובר בזכוכית שווה  $S_0$ .

ה. (7 נק') הראה שלחץ הקרינה הוא  $\frac{S_0}{c} \frac{2(n-1)^2}{(n+1)^2}$ .

### שאלה 5



א. (7 נק') כמה ניוטרונים נפלטים בתהליך? מהו המספר האטומי  $z$  של Cs?

ב. (6 נק') נתונות המסות של הגרעינים:

$$M(n) = 0.0167 \times 10^{-22} \text{ g}, \quad M({}^{235}\text{U}) = 3.9184 \times 10^{-22} \text{ g},$$

$$M({}^{90}\text{Rb}) = 1.4925 \times 10^{-22} \text{ g}, \quad M({}^{144}\text{Cs}) = 2.3892 \times 10^{-22} \text{ g}$$

כמה מסה "נעלמת" בתהליך?

ג. (6 נק') כמה אנרגיה משוחררת בתהליך?

ד. (6 נק') כמה אנרגיה תשתחרר אם כל גרעין בחצי קילוגרם של אורניום יעבור ביקוע? (לשם השוואה, בפיצוץ של אלף

טון TNT משתחררים  $4.2 \times 10^{12} \text{ J}$ ).