

סמסטר א', מועד ג', תשע"א

תאריך הבחינה: 28.4.2011

המרצים: פרופ' ברוך הורוביץ, פרופ' יגאל מאיר

מבחן בפיסיקה 3, מסלול רגיל (203.1.2111) ומרחב (203.1.2121)

משך הבחינה: 3+1/3 שעות, למסלול המורחב 4 שעות. על תלמידי פיסיקה 3 מורחב לענות על 4 שאלות מתוך 5. על שאר הסטודנטים לענות על 3 מארבע השאלות הראשונות. מותר להשתמש בדף נוסחאות אחד בגודל A4 (ללא ספרים) ובמחשבון כיס (ללא תכנות).

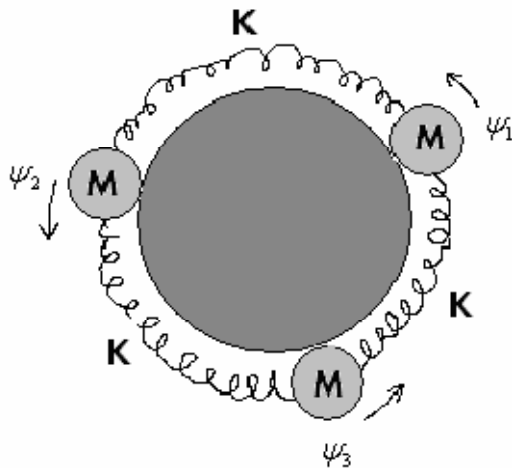
שאלה 1

שלושה גופים נקודתיים בעלי מסה M כ"א מוגבלים לנוע לאורך היקף דיסקה (ראו איור). בגופים מחוברים ביניהם בקפיצים בעלי קבוע קפיץ K כ"א. התעלמו מעקמומיות הקפיצים.

א. (10 נק') זהו את וקטורי אפני התנודה $[a, b, c]$ והתדרים העצמיים לפי שיקולי סימטריה באופן הבא: (i) הזזות זהות לכל המסות, (ii) מסה אחת במנוחה ושתי האחרות נעות זו מול זו. (iii) וקטור הניצב לשני הקודמים.

ב. (10 נק') כתבו את משוואות התנועה ומצאו את התדרים העצמיים כערכים עצמיים.

ג. (5 נק') כתבו את הפתרון הכללי עבור וקטור ההזזות $[\psi_1(t), \psi_2(t), \psi_3(t)]$



שאלה 2

מסה M מחוברת לשני קפיצים בעלי קבוע קפיץ $K/2$ ומחוברת גם למיתר ארוך המתוח בכיוון z במתיחות T ובצפיפות ρ (ראו איור). המסה מחליקה ללא חכוך על מסילה ישרה בכיוון y (אין כוח כובד). תנועת המסה מייצרת גל המתקדם ימינה במיתר.

- א. (8 נק') הראו שהשפעת המיתר על התנועה המסה שקולה לזו של אבר חכוך וזהו את מקדם החכוך Γ במשוואה $\ddot{y} + \Gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = 0$.
- ב. (7 נק') המסה משוחררת ממנוחה בזמן $t = 0$ מגובה $y_0 > 0$. אם $y_0(t)$ הוא פתרון המשוואה בסעיף א' הסבירו מדוע הגל הנוסע במיתר הוא $y(z, t) = y_0(t - z/v)$ (אין הכרח למצוא את $y_0(t)$ במפורש). שרטטו איכותית את צורת המיתר לאחר ש- $y_0(t)$ הופך סימן 4 פעמים. (נתון $\Gamma < 2\omega_0$).
- ג. (10 נק') הסבר מה קורה לאנרגיה האובדת בגלל החכוך הנ"ל. הראו שהאנרגיה שאבדה למסה עד לזמן t היא $\int_0^t \Gamma \dot{y}_0^2(t) dt$. מצאו ביטוי גם לאנרגיה האצורה במיתר בזמן t . האם אנרגיות אלה שוות?



שאלה 3

גל אלקטרומגנטי בתדירות ω מתקדם בתוך מנחה גלים בעל רוחב d , שקירותיו מקבילים לציר \hat{y} . קיר אחד של מנחה הגלים מתכתי והשני עשוי חומר דיאלקטרי כך שמתקיימים תנאי השפה $\vec{E}(x=0, y, t) = 0$, $\frac{\partial \vec{E}}{\partial x}(x=d, y, t) = 0$,

המרכיב החשמלי של הגל בתחום $0 \leq x \leq d$ נתון ע"י $\vec{E}(x, y, t) = \hat{z} E_0 \sin(k_x x) \cos(k_y y - \omega t)$.

- א. (12 נק') מצאו את סידרת הפתרונות $k_x = k_n$ עבורה מתקיימים תנאי השפה, ומכאן את יחס הנפיצה $\omega(k_y)$. מהי תדירות הקיטעון ω_c (הערך המינימלי של ω שעבורו יש גל נוסע)? עבור $\omega < \omega_c$, מצאו ביטוי למרחק הדעיכה δ .
- ב. (13 נק') חשבו את השדה המגנטי בעזרת משוואות מקסוול ואת הוקטור של פוינטינג $\vec{S}(x, y, t)$. הראו שעבור $\omega = \omega_c$, $S_y(x, y, t) = 0$ והסבירו מדוע יש לצפות לתוצאה זו. חשבו את הממוצע של \vec{S} על זמן המחזור. הראו שהממוצע של $S_x(x, y, t)$ מתאפס והסבירו מדוע יש לצפות לתוצאה זו.

שאלה 4

אור שמקורו בקרן לייזר במספר גל k פוגע בניצב בסדק בתחום $-D < y < D$ (הסדק ארוך בכוון x).

הסדק מכיל חומר המוסיף פאזה $\phi(y) = \alpha |y|$, כלומר פונקציית הפיזור היא $f(y) = f_0 e^{i\phi(y)}$

א. (13 נק') מצא ביטוי לעוצמת האור המתקבלת על המסך מול הסדק בזווית θ (היא הזווית מציר z במישור (y, z)). מצא תנאי על α כך שיווצרו שני שיאי פיזור עיקריים המופרדים זה מזה ומצא את כווני שיאים אלו. הסבר את משמעות התופעה.

ב. (12 נק') נתונה טבעת דקה ברדיוס R כך שמקור האור שהיא נותנת הוא $f_0 e^{i\alpha}$ כאשר α היא הזווית שעל פני הטבעת. חשב את עוצמת האור המתקבלת כתלות בזווית הפזור θ , היא הזווית מהאנך לטבעת. (אין צורך לחשב את האינטגרל). הראה שהעוצמה מתאפסת בכוון הקדמי $\theta = 0$.

שאלה 5

- א. (7 נק') הראה שקרן גאמה לא יכולה ליצור זוג אלקטרון-פוזיטרון בחלל ריק.
- ב. (18 נק') זוג אלקטרון-פוזיטרון נוצר על ידי קרן גאמה בתדירות ν שעוברת ליד גרעין בעל מסה M . אם סך כל התנע של הזוג, במערכת המנוחה המקורית של הגרעין, הוא אפס, איזה חלק מהאנרגיה הקינטית של הפוטון נבלע על ידי הגרעין?
- חשב, בתור דוגמא, עבור פוטון גאמה בתדירות $\nu = 10^{18}$ 1/sec, וגרעין זהב בעל מסה 3.27×10^{-25} kg. נתון $h \approx 6.62 \times 10^{-34}$ J·s ו $c = 3 \times 10^8$ m/s.

בהצלחה!