

פרופ' יהודה ייבין ד"ר ניר שביב
מכון רקח לפיזיקה
טלפון פנימי: 84521 85807

מבחן מועד ב' בחשמל וגלים לתלמידי ביולוגיה (77304) (תשס"ג).

- המבחן מחולק לשני חלקים. בחלק א' יש לענות על 2 מתוך 3 שאלות (60 נק').
- בחלק ב' יש לענות על 8 מתוך 12 השאלות (40 נק').
- משך המבחן 2.5 שעות ומותר להשתמש בשני דפי נוסחאות (4 עמודים) ומחשבוני. בהצלחה!

חלק א'

יש לענות על שתיים מתוך שלוש השאלות. ערכם של הסעיפים מופיע בצדם.

שאלה מס' 1

- (8) (א) שלושה מטענים חיוביים נמצאים בקודקודי משולש שווה-שוקיים, שבסיסו $2a$ וגובהו z . המטענים הצמודים לבסיס שווים וערכם q , והמטען בקודקוד הנגדי הוא q' . מה הכוח \vec{F} הפועל על המטען q' ?

- (7) (ב) הערכים המספריים של נתוני השאלה הינם:-

$$a = 30 \text{ cm}, \quad z = 40 \text{ cm}, \quad q = 20 \frac{5}{6} \mu\text{C}, \quad q' = 8 \frac{1}{3} \mu\text{C} .$$

מה עוצמת הכוח הפועל על המטען q' ?

ומה עוצמת השדה החשמלי שמשרים שני המטענים q בנקודה שבה נמצא המטען q' ? בשתי התשובות המספריות יש לציין את היחידות !

- (6) (ג) ארבעה מטענים שווים, כל אחד ערכו q , נמצאים בקודקודי ריבוע שצלעו $a\sqrt{2}$.

מה עוצמת השדה במרכז הריבוע ?

על-סמך התוצאה בסעיף ב', ובלי כל חישוב נוסף, אפשר לקבוע את עוצמת השדה החשמלי במרחק z ממישור הריבוע, לאורך הניצב למישור העובר דרך מרכזו. מכל מקום, כך או אחרת, יש לקבוע את עוצמת השדה המבוקשת.

- המשך השאלה בעמוד הבא -

(6) (ד) דנים בטבעת מעגלית מוליכה שרדיוסה a והנושאת מטען Q . על-סמך התוצאה בסעיף ג', יש לקבוע את עוצמת השדה החשמלי שהטבעת משרה לאורך ציר הטבעת, לאמור הישר הניצב למישור הטבעת ועובר דרך מרכזה.

(3) (ה) על-סמך התוצאה בסעיף ד', יש להוכיח שעוצמת השדה החשמלי לאורך הציר של דיסקה שרדיוסה R והטעונה בצפיפות משטחית אחידה σ , היא

$$E(z) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left[1 - \frac{z}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right],$$

מקום אשר z הוא המרחק מהדיסקה לאורך הציר.

רמז: האינטגרל הדרוש לצורך הפתרון הוא - $\int \frac{r dr}{(r^2 + z^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}}$

שאלה מס' 2

(11) (א) דנים במוליך ישר אינסופי שזורם בו הזרם I . המוליך מתלכד עם הציר x . מה צריך להיות הזרם I , כדי שבמרחק 20 ס"מ מהמוליך יתקבל שדה מגנטי שעוצמתו 1 מילי-טסלה? יש לציין את יחידות הזרם. (תזכורת: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$). מה הם רכיבי השדה המגנטי בנקודה $(x, y, z) = (0, 0.2 \text{ m}, 0)$, אם הזרם זורם במגמה החיובית של הציר x ?

(10) (ב) בשני מוליכים ישרים אינסופיים מקבילים זורם אותו זרם I . שני המוליכים נמצאים במישור (x, y) ומקבילים לציר x : האחד מתלכד עם הישר $y = a$, והאחר עם $y = -a$. מהו השדה המגנטי המושרה לאורך הציר z , אם שני הזרמים זורמים באותה מגמה? יש לציין במפורש את שלושת רכיבי השדה.

(5) (ג) מה רכיבי השדה המגנטי לאורך הציר z , אם הזרמים בשני המוליכים זורמים במגמות נגדיות?

(4) (ד) ברור שהשדה המגנטי שחושב בסעיף ב' מתאפס עבור $z = 0$ וגם עבור $z = \infty$, נשאלת השאלה עבור איזה ערך של z (בקונפיגורציה של סעיף ב') מתקבל השדה המירבי? ומה עוצמת השדה המירבית?

שאלה מס' 3

נתון שריג התאבכות המורכב משני סדקים דקים המרוחקים זה מזה ב- $d=0.01\text{mm}$. על הסדקים מוקרן אור בתדירות של 10^{15} הרץ, מכיוון הניצב למישור הסדקים (A בציור). בצידו השני של מישור זה, ישנו לוח, המקביל למישור הסדקים והנמצא במרחק של $L=3\text{m}$ מהמישור. על הלוח מתקבלת תמונת התאבכות. (הניחו שמהירות האור בקירוב $3 \cdot 10^8$ מטר לשניה וקירוב של זוויות קטנות היכן שסביר להניח זאת).

א. (2 נק') מהו אורך הגל של האור המוקרן?

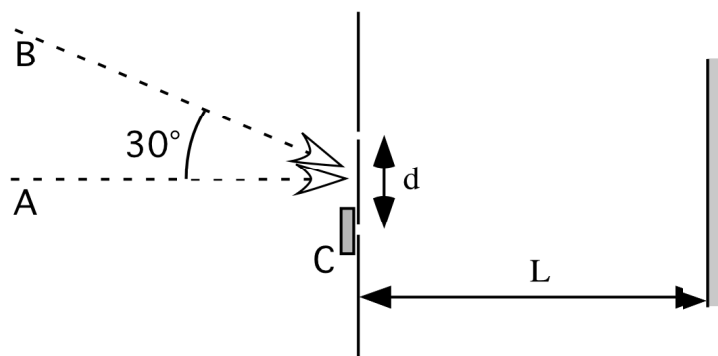
ב. (6 נק') מה יהיה המרחק בין השיא הראשון (השיא הראשי מול הסדקים) לבין השיא השלישי?

ג. (6 נק') אם מסיטים את מקור האור ב- 30° מעלות מהכיוון הניצב למישור הסדקים (B בציור), היכן על הלוח יופיע השיא הראשון?

ד. (6 נק') על הקונפיגורציה הבסיסית (עם מקור אור מכיוון A), שמים מסיט פאזה המגדיל את פאזה הגל העובר בסדק התחתון ב- 90° מעלות (C בציור). היכן על הלוח יופיע השיא הראשי?

ה. (6 נק') מבצעים את הניסוי בתוך מים בהם מהירות האור קטנה בפקטור 1.3. מה תהיה התשובה לסעיפים א' וב' כעת?

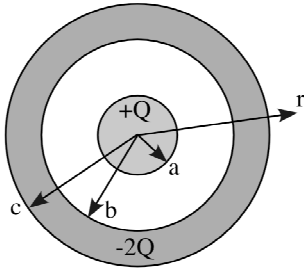
ו. (4 נק') ציירו איכותית כיצד תראה תמונת ההתאבכות אילו לשריג (עם מקור אור מכיוון A) היו שישה סדקים במקום שנים.



חלק ב'

יש לרשום תשובה סופית במשבצות הנתונות. ניתן לרשום תשובה מלאה במחברת ולקבל ניקוד חלקי במידה והתשובה הסופית שגויה. יש לענות על 8 מתוך 12 השאלות. ערכה של כל שאלה 5 נקודות. (יש לציין יחידות וכיוונים אם רלוונטי!)

נתונים שני מולכים כדורים טעונים כבציור.

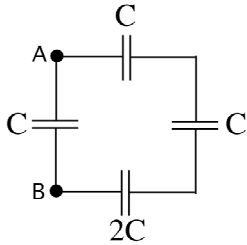


1. מהי עוצמת השדה החשמלי ברדיוס r הגדול מ- c ? ומהו

כיוונו? גודל: כיוון:

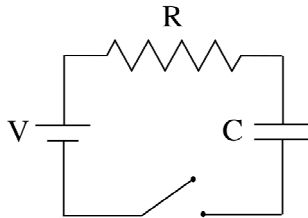
2. מהו הפרש הפוטנציאל בין הנקודה a לבין הנקודה c ?

תשובה:



3. מהי הקיבולת השקולה של הקבלים, בין הנקודות A ו-B?

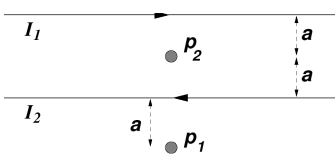
תשובה:



4. ב- $t < 0$ המעגל המתואר בציור פתוח והקבל מרוקן. ב- $t = 0$ נסגר

המעגל. מהי כמות המטען על הקבל בזמן $t = RC \ln 4$?

תשובה:



5. נתונה מערכת כבציור. התיל התחתון נושא זרם של $I_2 = 2A$

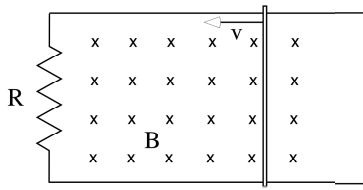
בכיוון שמאל. כמו כן, נתון שהשדה המגנטי בנקודה P_1

שווה בגודל ובכיוון לשדה בנקודה P_2 . מהו הזרם בתיל

העליון?

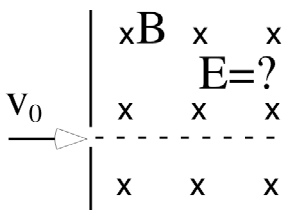
(חיובי = ימינה בכיוון החץ, ושלילי = בכיוון הפוך לחץ)

תשובה:



6. נתונה המערכת בציור: שדה מגנטי הפונה לתוך הדף, מוט חסר התנגדות החופשי לנוע, מסגרת מוליכה בעלת צלע שמאלית באורך L עם התנגדות R . כמו כן, המוט נע במהירות v שמאלה. מהו קצב איבוד החום בנגד? מהו כיוון הכוח על המוט?

הספק חום: כיוון:



7. חלקיק בעל מסה m ומטען $+q$ נע במהירות v_0 נתונה. הוא עובר דרך חריץ בקיר, נכנס לאזור עם שדה מגנטי B ושדה חשמלי E לא ידוע, וממשיך לנוע בקו ישר. מה גודלו וכיוונו של השדה החשמלי E ?

גודל: כיוון:

8. העריכו מהו כושר ההפרדה הזוויתי המקסימלי של לווין ריגול באור נראה (אורך גל של

500nm), בעל מראה ראשית בקוטר 1 מטר. תשובה:

9. הלווין חג בגובה של 300 ק"מ מעל פני הקרקע. מהו גודל הפרטים הקטנים ביותר בהם יכול

להבחין הלווין באופן תיאורטי? תשובה:

10. נתון שריג עקיפה בעל צפיפות של 20 סדקים למ"מ. קרן ליזר באורח גל של 500nm

מוקרנת דרך הסדקים ומופיע פס התאבכות בונה "הראשונה" מול הסדקים בזווית של $\theta = 0$ (דהיינו סדר 0). מה תהיה הזווית θ בה תופיע ההתאבכות הבונה הרביעית (דהיינו סדר 3)? (הניחו קירוב של זוויות קטנות).

תשובה:

11. ארבעת הגלים הבאים נשלחים דרך מיתרים בעלי אותה מתיחות. מיינו את הגלים לפי הצפיפות האורכית (מסה ליח' אורך) של המיתרים נושאי הגלים (1 צפיפות גבוהה 4 נמוכה).

צפיפות:

$$y_1 = (1 \text{ mm}) \sin(4x - t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$y_2 = (4 \text{ mm}) \sin(2x - t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$y_3 = (3 \text{ mm}) \sin(x - 3t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$y_4 = (2 \text{ mm}) \sin(x - 2t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

12. מהו הפרש הפאזה בין שני גלים זהים (פרט לפאזה) אם סכומם נותן גל עם אמפליטודה

הקטנה פי 2 מכל גל בנפרד?

הפרש במעלות:

הפרש באורכי גל: