

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

מבחן מועד א' 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 בצד.

שאלה מס' 1

- א. (6) אנו דנים בגליל אינסופי שרדיוסו R . פני הגליל טעונים בצפיפות האחידה σ קולון למ"ר. מה ערכו של השדה החשמלי בנקודה מחוץ לגליל שמרחקה מציר הגליל הוא r ? מה כיוונו של השדה?
- ב. (4) מהו המתח (לאמור הפרש הפוטנציאלים) בין נקודה מחוץ לגליל במרחק r מציר הגליל לבין פני הגליל?
- ג. (5) נדון עתה בקבל גלילי שאורכו L . הרדיוס החיצוני של הגליל המוליך הפנימי הוא R_1 , והרדיוס הפנימי של הקליפה הגלילית החיצונית הוא R_2 . אורך הקבל גדול מאוד בהשוואה לרדיוס R_2 , ועל כן אפשר לטפל בקבל כאילו הוא אינסופי. מה המטענים אותם נושאים הגלילים, אם המתח על-פני הקבל הוא V ?
- ד. (2) מהו הקיבול של הקבל המוגדר בסעיף ג'?
- ה. (3) ומה האנרגיה האצורה בו (כפונקציה של המתח על-פניו)?
- ו. (6) הקבל שבו נדון עתה מורכב מתיל דק שקוטרו 40 מיקרון (מיקרון $= 10^{-6}$ מטר) המתוח לאורך הציר של גליל חלול שרדיוסו הפנימי 2.192 ס"מ ואורכו 40 ס"מ. מהו קיבולו של קבל זה? יש לציין את היחידות! (רמז-עזר: $e^7 \approx 1096$)
- ז. (2) טוענים את הקבל הנדון בסעיף ו' עד שהמתח על-פניו מגיע לערך 100 וולט. מה המטען שנושאת כל אלקטרודה של הקבל? ומה עוצמת השדה החשמלי על-פני התיל במרכז הקבל?
- ח. (2) לקבל הטעון (מהסעיף הקודם) מחברים במקביל קבל (שאינו טעון) זהה לקבל הנתון, פרט לכך שאורכו 20 ס"מ. כיצד מתחלק המטען בין שני הקבלים?

שאלה מס' 2

- א. (6) ההשראות (העצמית) L של סליל, שרדיוסו r הוא 5 ס"מ ואורכו ℓ הוא מטר, היא 1.011 מילי-הנרי. מה מספר הכריכות בסליל? (הסליל ארוך דיו ומוצדק לטפל בו כבסליל אינסופי).
- ב. (5) מה עוצמת השדה המגנטי B שהסליל הזה משרה כאשר מזרימים דרכו זרם I בשיעור קילו-אמפר?
- ג. (6) מה ההתנגדות R , במילי-אוהם, של לולאת תיל מעגלית שרדיוסה r_1 הוא 25 ס"מ, רדיוס התיל r_2 הוא 0.5 מ"מ, והתיל עשוי מנחושת? ההתנגדות הסגולית ρ של נחושת היא 1.7×10^{-8} אוהם-מטר.
- ד. (5) לולאת הנחושת המוגדרת בסעיף ג' מקיפה את הסליל שהוגדר בסעיף א'. מהו השטף המגנטי Φ דרך הלולאה כאשר הזרם I בסליל הוא קילו-אמפר?
- ה. (4) אם הזרם בסליל גדל בשיעור קילו-אמפר לשניה, מה המתח V המושרה סביב הלולאה? ומה הזרם I' הזורם בה?
- ו. (4) מה עוצמת השדה המגנטי B' שהזרם I' בלולאה משרה אז על-פני התיל?

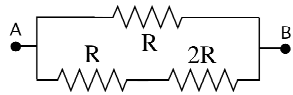
שאלה מס' 3

- א. (10) נתונה ממברנה מלבנית ("גומי דו-מימדי") בה מהירות הגלים הרוחביים היא v . הראו שהפונקציה $z(x, y, t) = A \sin(k_x x) \sin(k_y y) \sin(\omega t)$ פותרת את משוואת הגלים הדו-מימדית, הנתונה על-ידי:
- $$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$$
- כאשר $z(x, y, t)$ הינה ההסחה מעלה או מטה של הממברנה בנקודה (x, y) ובזמן t . מהו הקשר בין k_x, k_y ו- ω ?
- ב. (5) מהם התנאי על k_x, k_y הנדרש על-מנת לקבל פתרון של גלים עומדים, אם ממברנה זו היא חלק מתוף שאורכו L_x ורוחבו L_y ?
- ג. (5) נתון $L_y = (2/3)L_x$. מהם שלושת התדרים הנמוכים ביותר במערכת?
- ד. (5) כמו כן, נתון $v = 100$ m/s, $L_x = 15$ cm ו- $L_y = 10$ cm. מה ערכן של שלושת תדירויות אלו? ציירו איכותית כיצד נראים מודים אלה.
- ה. (5) תחת הקירוב שמהירות הקול היא 1000 קמ"ש. מה תהיה התדירות הנמוכה ביותר שנוכל לשמוע מהמערכת, אם זו מתרחקת מאתנו במהירות של 100 קמ"ש?

שם הסטודנט: _____ מספר זהות: _____

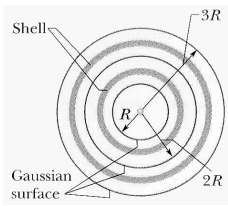
חלק ב'

יש לרשום תשובה סופית במשבצות הנתונות (או להקיף תשובה נכונה אם השאלה "אמריקאית"). ניתן לרשום תשובה מלאה גם במחברת ולקבל ניקוד חלקי במידה והתשובה הסופית שגויה. יש לענות על 8 מתוך 12 השאלות. ערכה של כל שאלה 5 נקודות.



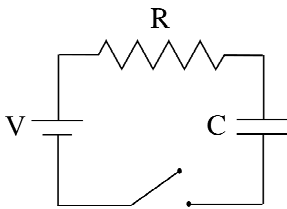
1. מהי ההתנגדות השקולה של הנגדים, בין נקודות A ו-B?

תשובה: _____



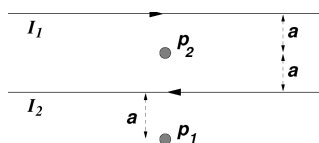
2. נתונה מערכת המורכבת מכדור מוליך הטעון במטען Q , קליפה הטעונה במטען $3Q$ וקליפה גדולה יותר, הטעונה במטען $5Q$. כמו כן נתונים 3 משטחי גאוס כדוריים בעלי רדיוס של R , $2R$ ו- $3R$ כמתואר בציור. המערכת והמשטחים בעלי סימטריה כדורית. מיינו את משטחי גאוס לפי עצמת השדה החשמלי שעל פניהם. (רשמו את רדיוס המשטחים).

שדה חזק: _____ שדה בינוני: _____ שדה חלש: _____



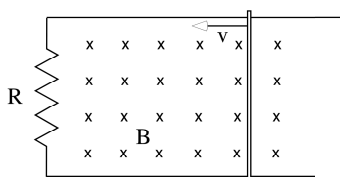
3. ב- $t < 0$ המעגל המתואר בציור פתוח והקבל מרוקן. ב- $t = 0$ נסגר המעגל. תוך כמה זמן תגיעה כמות המטען על-פני הקבל לכדי שליש מערכה ב- $t \rightarrow \infty$?

תשובה: _____



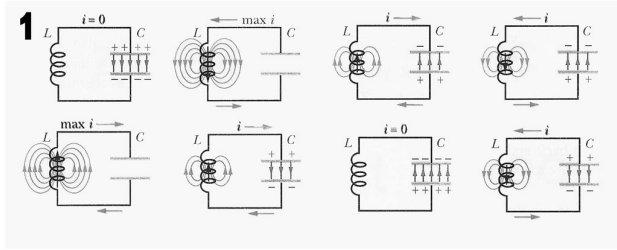
4. נתונה מערכת כבציור. התיל התחתון נושא זרם של $I_2 = 4A$. התיל העליון נושא זרם בכיוון ההפוך. כמו כן, נתון שהשדה המגנטי מתאפס בנקודה P_1 . מהו הזרם בתיל העליון?

תשובה: _____

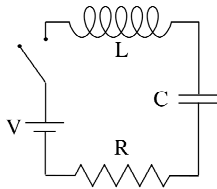


5. נתונה המערכת בציור: שדה מגנטי הפונה לתוך הדף, מוט חסר התנגדות החופשי לנוע, מסגרת מוליכה בעלת צלע שמאלית באורך L עם התנגדות R . כמו כן, המוט נע במהירות v שמאלה. מהו הזרם במעגל, ומה כיוונו?

תשובה: _____ כיוון: _____



6. סדרו את מצבי המעגל לפי הסדר הכרונולוגי המתאים. (רשמו 2 עד 8 ליד הציורים המתאימים).



7. נתון המעגל RLC המתואר בציור. המעגל נסגר לאחר שהיה פתוח זמן רב (כך שהקבל מפורק ממטען). אילו מהמשפטים הבאים נכונים? (הקיפו בעיגול את התשובה הנכונה)

א. ברגע שהמעגל נסגר, המתח על הסליל שווה למתח על פני הסוללה.

נכון לא נכון

ב. ברגע שלאחר סגירת המעגל, המתח על הקבל שווה למתח על פני הסוללה.

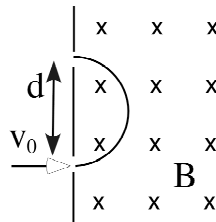
נכון לא נכון

ג. זמן רב לאחר סגירת המעגל, המתח על פני הקבל שווה למתח על פני הסוללה.

נכון לא נכון

ד. זמן רב לאחר סגירת המעגל, הזרם דרך הנגד שווה לאפס.

נכון לא נכון



8. חלקיק בעל מסה m ומטען $+q$ נע במהירות v_0 לא ידועה. הוא עובר דרך חריץ בקיר, נכנס לאזור עם שדה מגנטי B , ויוצא מחריוץ נוסף הנמצא במרחק d מהחריץ הראשון. מהי מהירותו ההתחלתית של החלקיק?

תשובה: _____

9. העריכו מהו כושר ההפרדה הזוויתי המקסימלי של טלסקופ הבל (Hubble) באור נראה (אורך גל של 5000 אנגסטרומ), בעל מראה ראשית בקוטר 2 מטר. (רצוי לתת תשובה בשניות קשת). תשובה: _____

10. נתונים שני סדקים במרחק של 0.2mm זה מזה. קרן ליזר באורך 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 השלישית (דהיינו סדר 2)? (הניחו קירוב של זוויות קטנות). תשובה: _____

11. ארבעת הגלים הבאים נשלחים דרך מיתרים בעלי אותה צפיפות אורכית (מסה ליח' אורך). סדרו את הגלים לפי מתיחות המיתר (1 מתיחות גבוהה 4 נמוכה).

מתיחות:

$$y_1 = (3 \text{ mm}) \sin(x-3t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$y_2 = (6 \text{ mm}) \sin(2x-t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

$$y_3 = (1 \text{ mm}) \sin(4x-t) \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

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

12. מהו הפרש הפאזה בין שני גלים זהים (פרט לפאזה) אם סכומם נותן גל עם אמפליטודה הגדולה פי 1.5 מכל גל בנפרד?

הפרש במעלות: _____ הפרש באורכי גל: _____