

מבחן סיום

משך הבחינה: שלוש שעות

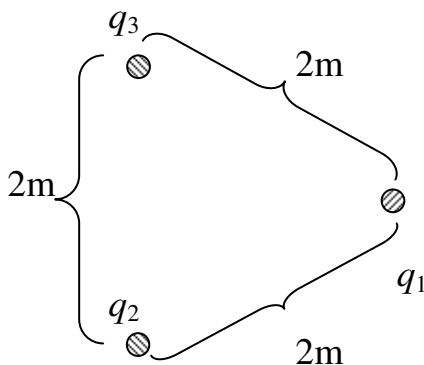
בחינה בחומר פתוח (ניתן להשתמש במחברות)

ענו על ארבע מתוך שש השאלות הבאות

(אם עניתם על יותר מארבע שאלות, ציינו אילו שאלות אתם מגישים לבדיקה)

בהצלחה!

1. ביליארד חשמלי



שלושה כדורים קטנים נמצאים בקודקודים של משולש שווה צלעות שאורך הצלע שלו $2m$. הכדורים טעונים במטענים הבאים: $q_1 = -1 \mu C$, $q_2 = q_3 = 1 \mu C$. לכדור בעל המטען q_1 מסה של 90 גרם.

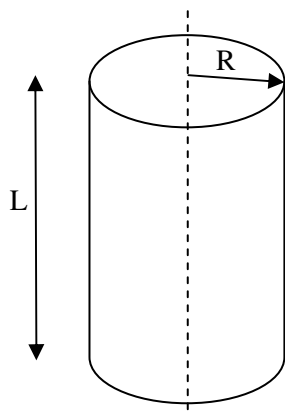
א. **חשבו** מהו הכוח הפועל על הכדור q_1 במצב זה. **צינו** עוצמה וכיוון.

ב. הכדור q_1 משוחרר מאחיזתו בעוד ששני האחרים תפוסים במקומם (לא זזים). הוא מתחיל לנוע בהתאם לכוח שחישבתם בסעיף א'. **מצאו** מהי המהירות המקסימאלית שאלה יגיע הכדור q_1 . **נסחו בבירור** את השיקול הפיסיקאלי שעליו התבססתם בתשובתכם.

ג. **הסבירו במילים בלבד** (אין צורך לחשב מספרים מדויקים): אם ערכיהם של שלושת המטענים היו $q_1 = -1 \mu C$, $q_2 = 1.9 \mu C$, $q_3 = 0.1 \mu C$, איך היה משתנה כיוון הכוח שחישבתם בסעיף א' ו- (2) האם המהירות המקסימאלית שחישבתם בסעיף ב' הייתה גדלה או קטנה?

2. גליל טעון

נתון גליל מחומר מבודד בעל אורך L , רדיוס R וצפיפות מטען ליחידת נפח $\rho(r) = \rho_0 \frac{r}{R}$ כאשר r הוא המרחק מהציר המרכזי של הגליל.



א. **חשבו** מהו סך המטען המצוי בגליל (כפונקציה של ρ_0 ו- L).

ב. **מצאו** את צפיפות המטען בגליל **ליחידת אורך** בכיוון L .

ג. **חשבו** את השדה החשמלי במרחב, הן מחוץ לגליל והן בתוכו כפונקציה של המרחק r ממרכז הגליל. הניחו סימטריה גלילית (כלומר – הניחו ש- L גדול מאוד).

ד. **המשיכו וחשבו**: מהי העבודה הדרושה בכדי להביא מטען חיובי q משפת הגליל ($r=R$) למרכז הגליל ($r=0$)? **וודאו (הסבירו במילים)** שקיבלתם את הסימן הנכון (חיובי או שלילי).

3. ריקוד הצלופחים

נניח כי ניתן לתאר צלופח באופן מקורב כגליל באורך של מטר אחד ורדיוס של חמישה סנטימטרים, שזרם בו זרם כולל של 1A (כיוון הזרם – מהזנב לראש). כמוכן, נניח שהפרמיאבילות של מים ושל גופו של הצלופח שווה לזו של ריק, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$.

א. השדה המגנטי של כדור הארץ הוא בעל עוצמה של 10^{-4} T ומכוון מדרום לצפון. **מצאו מהו הכוח** (עוצמה וכיוון) הפועל על צלופח שמפעיל את הזרם שלו בעת שהוא שוחה ממזרח למערב (הזניחו את מהירות השחיה של הצלופח).

ב. נניח שהזרם בצלופח מפוזר באופן אחיד בכל גופו. **חשבו את השדה המגנטי בצלופח** כשהוא מפעיל את הזרם שלו כפונקציה של המרחק r ממרכז הגוף (מרכז=ציר באמצע הגליל מראשו של הצלופח לזנבו).

ג. הצלופח מזהה צלופחית שוחה לידו ומנסה להתיידד עימה. הוא שוחה במקביל אליה במרחק של מטר אחד בין המרכזים שלהם. **חשבו**: אם יפעיל את הזרם שלו בדיוק כשהיא תפעיל את שלה, מה יהיה הכוח ביניהם? (אין צורך להתחשב בעובי של הצלופחים).

ד. **מצאו** פי כמה גדול הכוח שחישבתם עבור השדה המגנטי של כדור הארץ (סעיף א') מהכוח בין הצלופחים. **הסבירו במילים** כיצד יחס זה משתנה אם כיוון השחיה של הצלופחים איננו דווקא ממזרח למערב.

4. העטלף והעש

עטלפים מנווטים ומוצאים את הטרף שלהם בעזרת שידור גלי קול וקליטת ההחזרים שלהם. נבחן עטלף המעופף במערה במהירות של 17m/sec ומשדר את גלי הקול שלו בתדירות של 83kHz. הניחו להלן שמהירות הקול באוויר היא 340m/sec.

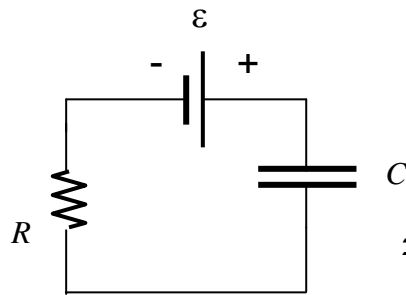
א. **מצאו** איזו תדירות יקלוט גלאי שהתקין חוקר עטלפים על קיר המערה, אם העטלף עף לכיוון הקיר.

ב. **מצאו גם** באיזו תדירות יקלוט העטלף את גלי הקול החוזרים אליו מהקיר.

ג. העטלף מזהה עֲשִׂים במעופם לפי שינוי התדירות של גלי הקול החוזרים מהם. אם עש עף במהירות של 4m/sec, **חשבו** מהי התדירות שיקלוט העטלף מעש מעופף אם הם עפים זה כלפי זה?

ד. האם התדירות של **גלי הקול הפוגעים בעש** הייתה זהה או שונה אם העטלף היה עף ב-4m/sec והעש ב-17m/sec? **הסבירו במילים** מדוע קיים הבדל בין המקרים, אם הוא קיים.

5. תכונות של מעגל RC



נתון מעגל RC כמתואר בציר. הערכים במעגל הם $\varepsilon=12V$, $R=120\Omega$, ו- $C=5\mu F$. ברגע $t=0$ סוגרים את המפסק כאשר אין מטען על הקבל.

א. **חשבו:** מהו המטען הצפוי להצטבר על הקבל לאחר זמן רב מאוד (טעינה מלאה)?

ב. **מצאו** מהי האנרגיה הפוטנציאלית שאגורה בקבל במצב זה.

ג. **הראו** בעזרת השוואה בין שתי נוסחאות כי אנרגיה זו היא בדיוק חצי מהאנרגיה שסיפקה הסוללה עד לטעינת הקבל.

ד. **הסבירו** במילים לאן נעלמה המחצית השנייה של האנרגיה שהפיקה הסוללה. **הוכיחו** זאת בעזרת אינטגרציה פשוטה.

$$\text{רמז: שני קשרים מועילים הם} \quad \int_{t_1}^{t_2} e^{-Bt} dt = \frac{-1}{B} (e^{-Bt_2} - e^{-Bt_1}) \quad ; \quad (e^{-At})^2 = e^{-2At}$$

6. דבורה במראה



א. **אפינו במילים** את דמותה של הדבורה במראה בזמן $t=0$: ממשיית או מדומה? ישרה או הפוכה? ומוקטנת או מוגדלת?

ב. **מצאו** את מיקומה של הדמות (המרחק ממרכז המראה) לאחר שניה אחת.

ג. **חשבו** מה היא המהירות של דמות הדבורה בזמן זה. זכרו –

$$\frac{d(1/y)}{dx} = -\frac{1}{y^2} \frac{dy}{dx}$$

ד. **מצאו** גם מה היה מקום הדמות (סעיף ב') אילו המראה הייתה קמורה ולא קעורה?