

פתרון בחינה מועד ב' בקורס 77112

שאלה 1

א'. (15 נק') צריך לכתוב ארבע משוואות לפי חוקי קירחוף עבור המעגל. ישנן מספר אפשרויות לבחור כיוון זרמים ולולאות ולכן גם מערכות משוואות שונות, אך התשובה הסופית תהיה זהה. עבור בחירת הזרמים המופיעה בצירור וכן שלוש הלולאות האפשריות שכולן עוברות בנגד R_2 מתקבלות המשוואות הבאות:

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - I_1 R_1 - I_2 R_2 = 0$$

$$\varepsilon_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

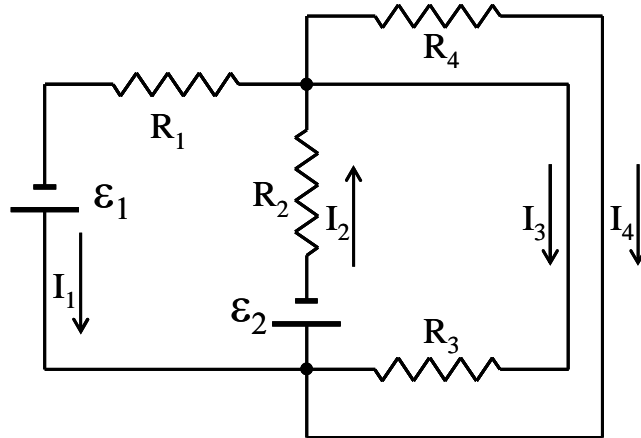
$$\varepsilon_2 + I_2 R_2 + I_4 R_4 = 0$$

$$I_1 + I_3 + I_4 - I_2 = 0$$

$$I_1 + \frac{I_2}{2} = 1$$

$$\frac{I_2}{2} + \frac{I_3}{3} = -3$$

$$\frac{I_2}{2} + \frac{I_4}{4} = -3$$



$$I_4 = -4A$$

הזרם שלילי ולכן בכיוון מעלה, נגד כיוון החץ שנבחר באופן שרירותי.

ב'. (5 נק') מאחר וגם הזרם בתיל 3 מכוון כלפי מעלה ($I_3 = -3A$) מהצבה פשוטה או פשוט מסימטריה בין שני התילים), בשני התילים זורם זרם באותו הכיוון והם ימשכו אחד את השני.

ג'. (10 נק') יש להציב בנוסחה מתאימה. האורך הרלוונטי הוא של התיל הקצר יותר, כי זהו האורך של אזור החפיפה בין התילים:

$$F = \frac{\mu_0 L I_3 I_4}{2\pi R} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{L I_3 I_4}{R} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{0.2 \cdot 3 \cdot 4}{10^{-3}} = 4.8 \cdot 10^{-4} N$$

שאלה 2

א'. (10 נק') צפיפות הליפופים בסליל 1 היא $n_1 = \frac{N_1}{L}$ ולכן השדה המבוקש הוא:

$$B_1(t) = \mu_0 I_1(t) n_1 = \mu_0 \alpha \frac{N_1}{L} t$$

ב'. (15 נק') מאחר ויישנו שדה מגנטי רק בתוך סליל 1 ושם הוא קבוע במרחב, השטף דרך סליל 2 הוא:

$$\Phi(t) = \pi r_1^2 B_1(t) = \pi r_1^2 \mu_0 \alpha \frac{N_1}{L} t$$

(תזכורת: שטח עיגול הוא πr^2 ולא $2\pi r$ כמו שכתבו כמחצית מהנבחנים). הכא"מ בסליל 2:

$$\varepsilon_2(t) = -N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt} = -\pi r_1^2 \mu_0 \alpha \frac{N_1 N_2}{L}$$

הכא"מ קבוע בזמן. הזרם בסליל 2:

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R} = -\pi r_1^2 \mu_0 \alpha \frac{N_1 N_2}{RL}$$

ג'. (5 נק') מאחר והזרם בסליל 2 קבוע בזמן, כך גם יהיה השדה והשטף שהוא ייצור:

$$B_2 = \mu_0 I_2 n_2$$

מאחר ובחישוב הכא"מ מעורבת נגזרת, של קבוע במקרה שלנו, ערך הכא"מ המושרה הוא אפס.

שאלה 3

א'. (5 נק') אורך הגל של הצליל:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{3000} = 0.5m$$

ב'. (10 נק') כשמתחילים למלא את הבאר, הצוללן רואה את ההשתקפות אחרי שבירה פנימית מלאה. רק כשנוצרת זווית הקטנה מהזווית הקריטית בין קו הראיה של הצוללן והאנך לשפת המים, חלק מקרני האור היוצאות מהרמקול לא מגיעות לצוללן ועוצמת הדמות יורדת. הזווית הקריטית למעבר בין מים ואויר היא:

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{1}{n} = \sin^{-1} \frac{3}{4} = 48.6^\circ$$

מסימטריה, נקודת הפגיעה של דמות הרמקול בפני המים היא בדיוק באמצע המרחק האופקי בינו לצוללן (1m) ולכן:

$$\tan \theta_c = \frac{x_0/2}{y_c} = \frac{1}{y_c}$$

$$y_c = \frac{1}{\tan \theta_c} = \frac{\sqrt{7}}{3} = 0.88m$$

ג'. (15 נק') כאשר פני הבאר עולים במטר אחד, מתרחקת ההשתקפות מהצוללן ב-2 מטרים. לכן הצוללן רואה ושומע את ההשתקפות כמתרחקת ממנו במהירות כפולה ממהירות העלייה של פני הבאר. מקור מתרחק נשמע בתדר נמוך יותר ולכן התדר הנשמע הוא 2998Hz. נסמן את מהירות פני הבאר ב- v_0 ונכתוב את הקשר עבור התדר של מקור מתרחק.

$$f' = f \frac{v}{v + 2v_0}$$

$$v + 2v_0 = \frac{f}{f'} v$$

$$v_0 = \frac{v}{2} \left(\frac{f}{f'} - 1 \right) = \frac{1500}{2} \left(\frac{3000}{2998} - 1 \right) = 0.5 \frac{m}{Sec}$$

האוניברסיטה העברית בירושלים
 החוג לפיסיקה

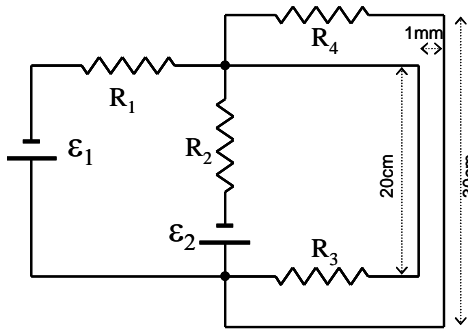
ד"ר ח. אייזנברג
 מועד ב'
 כ"ח באב תשס"ט
 18.8.2009

חשמל גלים ואופטיקה לתלמידי רפואה, רפוי"ש ומדעי הרפואה
 קורס 77112
 זמן הבחינה – 3 שעות

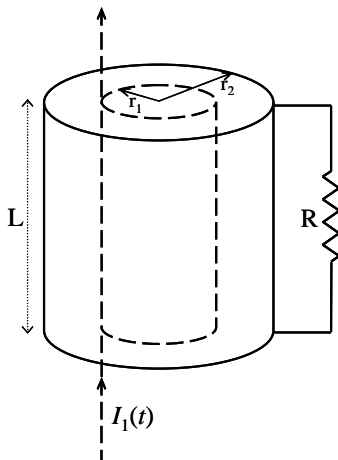
נא לכתוב בעט ועל צידה השמאלי של המחברת, ולא בשוליים.
אנא זכרו את מספר המחברת.

ענו על כל שלוש השאלות (30 נק' לשאלה) וכן על השאלון בנושא הציוד הרפואי. נמקו כל צעד בפתרון השאלות. בכל שאלה ענו על הסעיפים לפי הסדר שבו הם מופיעים. מותר להיעזר בדף נוסחאות. כתיבה רשלנית תגרע מן הציון.

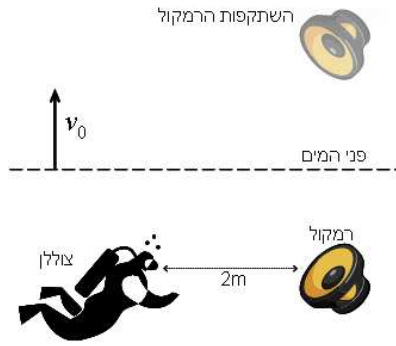
נתונים עבור כל השאלות: $k=9 \cdot 10^9 \text{ [Nm}^2\text{C}^{-2}\text{]}$ (הקבוע הא"ס), $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12} \text{ [C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}\text{]}$, $\mu_0=1.26 \cdot 10^{-6} \text{ [C}^2\text{Sec}^2\text{N}^{-1}\text{]}$ (הפרמיטיביטי והפרמיביליטי של הוואקום, בהתאמה).



1. נתון המעגל שבציור שבו מקורות מתח ϵ_n ונגדים R_n . נתונים הגדלים $\epsilon_1=4\text{V}$, $\epsilon_2=3\text{V}$.
 $R_1=1\Omega$, $R_2=1/2\Omega$, $R_3=1/3\Omega$, $R_4=1/4\Omega$
 א. מהו הזרם דרך נגד R_4 ?
 ב. באיור נתונים האורכים של שני תילים. בנוסף נתון כי המרחק בינם הוא 1mm. מהו כיוון הכוח הפועל בינם? (משיכה או דחייה, נמק) ג. חשב את גודלו של הכוח הנ"ל.



2. נתונים שני סלילים בגובה L בעלי מרכז משותף. רדיוסי הסלילים (חצי הקוטר) הם r_1 ו- r_2 ומספר הליפופים הוא N_1 ו- N_2 , בהתאמה, כך שמתקיים $r_1 < r_2 \ll L$. בסליל הפנימי זרם המשתנה בזמן ע"פ $I_1(t) = \alpha t$. הסליל החיצוני נסגר דרך נגד בעל התנגדות R.
 א. מהו השדה המגנטי $B_1(t)$ במרכז הסלילים כתוצאה מהזרם בסליל הפנימי?
 ב. מהו הזרם $I_2(t)$ דרך הסליל החיצוני?
 ג. מהו הכא"מ המושרה בסליל הפנימי כתוצאה מהזרם בסליל החיצוני?



3. צוללן נמצא בבאר כמעט ריקה מתחת למים, אך קרוב מאוד לפניהם. לצידו מתחת לפני המים ובאותו העומק נמצא רמקול במרחק 2m. נתון כי אינדקס השבירה של מים הוא $n_w = 4/3$, מהירות הקול מתחת למים היא 1500m/Sec וכן כי הרמקול משדר צליל בתדר קבוע של 3kHz. א'. מהו אורך הגל של הצליל הבוקע מהרמקול?

ב'. מתחילים למלא את הבאר כאשר הצוללן והרמקול אינם משנים את מיקומם. הצוללן מביט מעלה ורואה השתקפות מושלמת של הרמקול מפני המים. ברגע מסוים מתחילה עוצמת ההשתקפות לרדת. מהוא גובה פני המים מעיני הצוללן ברגע זה?

ג'. בזמן מילוי הבאר הצוללן שם לב כי הוא שומע גם את הרמקול באופן ישיר וגם צליל המוחזר מפני המים ונשמע כמגיע מההשתקפות. נניח שפני המים רחוקים עתה מהצוללן הרבה יותר מהרמקול עצמו, וכן נתון כי התדר הנשמע מההשתקפות שונה מתדר הרמקול ב- 2Hz. האם הוא גבוה או נמוך מתדר הרמקול? מהי המהירות שבה עולים פני הבאר?

מהצוללן!