

בחינה לדוגמא

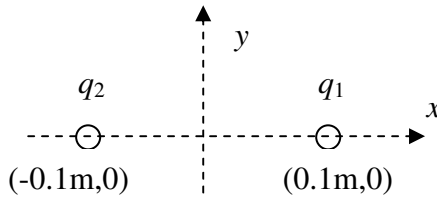
משך הבחינה: שעה וחצי

בחינה בחומר פתוח (ניתן להשתמש במחברות)

בבחינה תהיינה שש שאלות, מהן תתבקשו לבחור ארבע

(כאן שמנו שמונה שאלות, כדי שיהיה לכם מעניין)

1. דבורה ודיפול



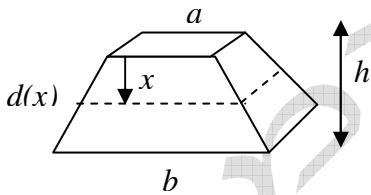
נתונים שני המטענים הבאים: מטען $q_1 = +10^{-8} \text{C}$ הנמצא במקום $(0.1\text{m}, 0)$ ומטען $q_2 = -10^{-8} \text{C}$ הנמצא במקום $(-0.1\text{m}, 0)$ כמתואר בציור.

- מצאו מהו מומנט הדיפול של זוג המטענים (גודל וכיוון).
- חשבו: מהי האנרגיה החשמלית הפוטנציאלית של הדיפול?
- דבורה טעונה במטען 10^{-10}C נמצאת במקום $(0, 0.5\text{m})$. מהו הכוח השקול שמפעיל הדיפול על הדבורה? ציינו עוצמה וכיוון.
- הדבורה עפה לאורך ציר ה-y עד לראשית הצירים. מצאו מהי העבודה שעשה הכוח החשמלי על הדבורה לאורך מסלולה. נמקו את תשובתכם במונחים של פוטנציאל חשמלי.

2. זרם בפירמידה מוליכה

נתונה תיבה שבסיסה הוא ריבוע בעל אורך צלע של $a = 10\text{cm}$ וגובהה $h = 40\text{cm}$, והיא עשויה מחומר מוליך בעל התנגדות סגולית של $1\Omega \cdot \text{m}$.

א. חשבו: מהי ההתנגדות הכוללת של התיבה כשמקור המתח מחובר לבסיסים?



נחליף התיבה בפירמידה קטומה מאותו חומר. גם גובהה של הפירמידה $h = 40\text{cm}$; הבסיס העליון גם הוא ריבוע שצלעו $a = 10\text{cm}$. הבסיס התחתון, לעומת זאת, הוא ריבוע שצלעו $b = 50\text{cm}$ - ראו בציור. שטח החתך בכל מקום בפירמידה הוא ריבוע. ושוב - מקור המתח מחובר לבסיסים

ב. ראשית, העריכו במילים (מבלי לבצע חישוב מלא) - האם ההתנגדות הכוללת של הפירמידה גדולה או קטנה מזו של התיבה.

ג. ועכשיו, חשבו ערך כמותי להתנגדות הכוללת של הפירמידה.

קצת עזרה: אורך הצלע של הריבוע בכל מקום בפירמידה הוא $d(x) = a + (b-a)x/h$, כאשר x הוא המרחק מהבסיס העליון של הפירמידה.

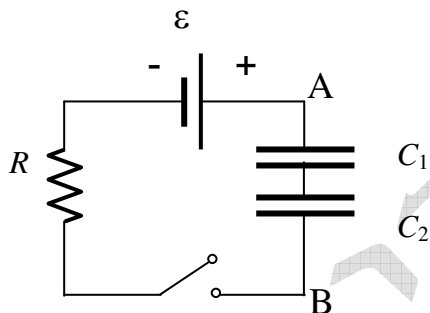
ד. מקור המתח גורם לזרם לזרום בפירמידה. נשווה בין שטף השדה החשמלי העובר דרך הבסיס התחתון ϕ_{bottom} לשטף ϕ_{middle} העובר דרך משטח מרובע דימוני הנמצא באמצע הפירמידה בגובה $x = h/2$. ענו מבלי לחשב ערכים מדויקים: האם שני השטפים הללו שווים או שאחד גדול יותר (ואם כן - מי)? הקפידו לנמק את טענתכם.

3. בין שתי עדשות

מציבים בהתקן אופטי עדשה קמורה כפולה ששני הרדיוסים שלה שווים וערכם 10cm. אינדקס השבירה של החומר שממנו עשויה העדשה הוא 1.5. הניחו שאינדקס השבירה של אוויר הוא 1.

- חשבו** מהו מרחק המוקד של העדשה? **צינו במילים** אם זהו מוקד ממשי או מדומה.
- מעמידים נר בגובה של חמישה סנטימטרים במרחק של 30cm מול העדשה כך שבסיוסו נמצא מול מרכז העדשה. **חשבו** : באיזו מרחק מהעדשה תתקבל הדמות של הנר? **צינו** אם זו דמות ממשית או מדומה.
- ועוד משהו** - מה יהיה הגובה של הנר בדמות?
- בידינו עדשה קמורה כפולה נוספת ששני הרדיוסים שלה שווים וערכם 5cm. ביכולתנו להציב אותה במרחק D מאחורי העדשה הראשונה (בכוון הפוך לנר) באופן שהציר המרכזי שלהן זהה, ו- D נתון לבחירתנו. **חשבו** : מהו המרחק המקסימאלי בין העדשות, $D_{\max}$, כדי שצופה המתבונן מאחורי העדשה השנייה יראה דמות **מדומה** של הנר?

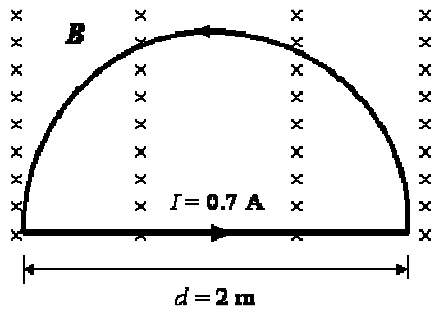
4. תכונות של מעגל RC



נתון מעגל RC כמתואר בציור. הערכים במעגל הם $\varepsilon=5V$, $R=50\Omega$, $C_1=1\mu F$ ו- $C_2=4\mu F$. ברגע $t=0$ סוגרים את המפסק כאשר אין מטען על הקבל.

- חשבו** מהו הזמן האופייני של המעגל.
- נסמן את הזמן האופייני שמצאתם ב- τ . **חשבו עוד** : מהו מפל המתח הכולל על שני הקבלים (כלומר – הפרש המתחים בין הנקודה A לנקודה B) בזמן $t=\tau$.
- פותחים את המפסק, מרוקנים את הקבלים ממטענים, וסוגרים את המפסק מחדש, כמו בהתחלה. אלא שהפעם, בזמן $t=\tau$ מכפילים את המתח בסוללה ל- $\varepsilon=10V$. **חשבו** : מהו יהיה הזרם בזמן $t=2\tau$?
- וגם (המשך לסעיף ג'): **חשבו** בכמה גדל המטען על כל אחד מהקבלים בין הזמן $t=\tau$ לזמן $t=2\tau$.

5. לולאה בשדה מגנטי

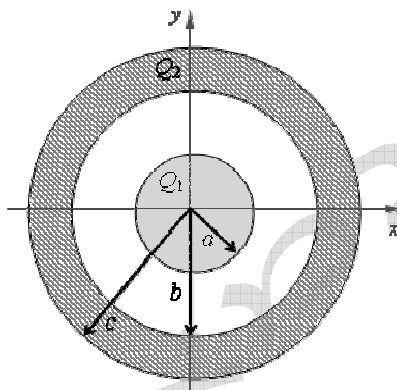


נתונה לולאה מתיל מוליך שחלקה קטע ישר באורך 2m וחלקה חצי עיגול. הלולאה נמצאת במישור הדף המוגדר כמישור $x-y$ כאשר הקטע הישר מקביל לציר x -ה. כיוון z החיובי מוגדר כיוצא מהדף (ראו בדיאגרמה הקטנה המצורפת).

מזרימים בלולאה זרם חשמלי של 0.7A נגד כיוון השעון ומפעילים שדה חשמלי אחד לתוך הדף שעוצמתו 1.7T (ראו בציור).

- מצאו** מהו המגנט המומנט המגנטי של הלולאה.
- חשבו** את הכוח שמפעיל השדה המגנטי על הקטע הישר של הלולאה (עוצמה וכיוון).
- חשבו** את סך הכוח שמפעיל השדה המגנטי על הקטע המעגלי של הלולאה (עוצמה וכיוון). ואם כך **סכמו** – מהו הכוח הכולל על כל הלולאה?
- הסבירו במילים** (ללא חישוב): האם הכוח השקול על הלולאה היה שונה בעוצמתו אם היה לשדה המגנטי גם רכיב של 1.7T בכיוון $+x$ (כלומר – היה לשדה רכיב אחד לתוך הדף ורכיב שני ניצב לו שהוא על-פני הדף ומכוון ימינה)?

6. כדור טעון, קליפה טעונה ופוטנציאל



כדור מלא מחומר מבודד ובעל רדיוס של $a=3\text{cm}$ נטען במטען $q_1=5\mu\text{C}$.

- מצאו** את הפוטנציאל החשמלי על שפת הכדור (ברדיוס $r=a=3\text{cm}$ מהמרכז). הניחו שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.
- עכשיו מקיפים את הכדור בקליפה כדורית מוליכה שרדיוסה הפנימי $b=5\text{cm}$ ורדיוסה החיצוני $c=6\text{cm}$ (ראו בציור). בקליפה מטען $q_2=-2\mu\text{C}$. **חשבו** מה תהיה צפיפות המטען ליחידת שטח על השפה החיצונית של הקליפה. **הקפידו להסביר במילים** את השיקולים שהשתמשתם בהם.
- חשבו שוב**: מהו הפוטנציאל החשמלי על שפת הכדור הפנימי ($r=3\text{cm}$) במצב החדש?
- נניח המעטפת הכדורית הייתה עשויה מחומר מבודד וטעונה במטען זהה $q_2=-2\mu\text{C}$. **במצב זה המטען מפוזר באופן אחיד בכל הנפח של הקליפה**. **הסבירו במילים** (אין צורך בחישוב כמותי): האם הפוטנציאל במרכז הכדור היה גבוה יותר, נמוך יותר או שווה לזה שמצאתם בסעיף ג'?

7. גשר, גלים וגיימס בונד

- גיימס בונד רץ על פני גשר חבלים הפרוס על-פני נהר שרוחבו 20 מטרים. אויבו הרודף אחריו מנסה להפיל את בונד ומתחיל לנדנד את גשר כך שנוצר בו גל רוחבי.
- א. האויב מטלטל את הגשר בתדירות של 1Hz ומייצר בו גל סינוסואדלי באורך של 5m. **מצאו** מהי מהירות הגל בגשר.
- ב. האמפליטודה של הגל היא 3m, וצפיפות המסה של הגשר שקולה ל-10kg למטר. **חשבו** מהו ההספק שמשקיע האויב בטלטול.
- ג. שני קצותיו של הגשר מעוגנים לאדמה ואינם יכולים לנוע. **מצאו** כמה מקומות על הגשר יכול בונד למצוא שבהם הגשר איננו נע (אמפליטודה אפס כל הזמן). **הסבירו** את המספר שמצאתם.
- ד. בונד הצליח להגיע לאמצע הגשר אך מתקשה להתקדם. הוא נזכר במחולל הגלים שקיו התקין לו בנעלים, ומייצר גל בעל אורך גל ותדירות שווים לזה של האויב, ואמפליטודה של 2m, בהפרש פאזה של 120° יחסית לגל של האויב. **פתחו** ביטוי כמותי לתנודה של הגשר כפונקציה במרחק 12m מתחילת הגשר. הביטוי אמור להיות מורכב ממספרים – למעט משתנה המסמן את הזמן. הערה: התייחסו לגשר כאל תווך אינסופי (התעלמו מהחזרת גלים מהקצוות).

8. משאית בלילה

- נניח שהמרחק בין שני הפנסים הקדמיים של משאית הוא 2m ושכל פנס הוא בקירוב מקור נקודתי. עוד הניחו שקוטר האישון בעין הוא 3mm.
- א. **חשבו** מהו המרחק המקסימאלי שבו תוכלו להבחין בין שני הפנסים בלילה (כלומר – תזהו שמדובר בשני מקורות אור ולא באחד) אם אורך הגל של האור מהפנסים הוא 550nm. הניחו כי אורות המשאית חזקים מספיק (עוצמת האור איננה מהווה בעיה – אפשר לראות אותם בכל מרחק שהוא).
- ב. **מצאו** כמה זמן לוקח לאור מהמשאית לעבור מרחק זה.
- ג. המרחק בין האישון לרשתית הוא 2.5cm. **חשבו**: מה קוטר הכתם המרכזי שיוצר האור מפנס המשאית על הרשתית כאשר אתם במרחק האמור?
- ד. זכרו שאינדקס השבירה של חומר הוא $n=c/v$ כאשר v היא מהירות האור בחומר ו- c היא מהירות האור בריק – ובקירוב מצויין גם באוויר. עוד נזכיר לכם שתדירות האור איננה משתנה כאשר האור עובר מתווך לתווך. על-סמך הערה זו - **הסבירו במילים (אין צורך לחשב את המספר המדויק)** איך היה משתנה המרחק שמצאתם בסעיף א' אם יורד גשם זלעפות כך שאינדקס השבירה האפקטיבי של אוויר עם הטיפות הוא $n=1.1$.

היקפים, שטחים ונפחים

(אתם אמורים לדעת את כל זה – אבל הנה, ליתר בטחון)

- השטח של ריבוע עם צלע באורך a : a^2 .
- ההיקף של ריבוע עם צלע באורך a : $4a$.
- השטח של מלבן עם צלעות באורך a ו- b : ab .
- ההיקף של מלבן עם צלעות באורך a ו- b : $2(a+b)$.
- השטח של עיגול בעל רדיוס r : πr^2 .
- ההיקף של עיגול בעל רדיוס r : $2\pi r$.
- הנפח של קובייה עם צלע באורך a : a^3 .
- הנפח של תיבה מלבנית עם צלעות באורך a ו- b וגובה L : abL .
- הנפח של כדור בעל רדיוס r : $\frac{4}{3}\pi r^3$.
- פני השטח של כדור בעל רדיוס r : $4\pi r^2$.
- הנפח של גליל בעל גובה L ושבסיסיו בעלי רדיוס r : $\pi r^2 L$.
- פני השטח של גליל בעל גובה L ושבסיסיו בעלי רדיוס r : $2\pi r L$.