

רון הדר



פיזיקה חשמל

הכנה ותרגול לבגרות

שאלון מספר 036371

קישור לתכנית הלימודים

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/
Phizika/TochnitLimudim/tochnitlimudim.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Phizika/TochnitLimudim/tochnitlimudim.htm)



דכס

פרויקטים חינוכיים בע"מ

מיקוד בפיזיקה חשמל

רון הדר

הכנה ותרגול לבגרות
שאלון מספר 036371

קרא והעיר: שוקי זכאי

© 2020 כל הזכויות שמורות
לרכס פרויקטים חינוכיים בע"מ ולמחבר
Printed in Israel 2020

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר, כל חלק שהוא מספר זה. שימוש מסחרי, מכל סוג שהוא, בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מן המו"ל.

רכס פרויקטים חינוכיים בע"מ
ת"ד 324 קדימה 6092000
טלפון 073-2550000 פקס. 073-2550055
כתובתנו באינטרנט: www.reches.co.il
E-mail: main@reches.co.il

עשינו כמיטב יכולתנו לאתר את בעלי הזכויות של כל החומר ממקורות חיצוניים. אנו מתנצלים על כל השמטה או טעות. אם יובא הדבר לידיעתנו נפעל לתקנו במהירות הבאות.

רכס עושה כל שביכולתה כדי למנוע הופעת טעויות בספריה על אף זאת טעויות עלולות להופיע.
כל טעות שתובא לידיעתנו תקבל מענה באתר רכס www.reches.co.il

מסת"ב 978-965-558-403-5 ISBN

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

תוכן העניינים

5.....	פתח דבר
7.....	מיפוי שאלות לפי נושאים
9.....	פרק 1 - חוק קולון והשדה האלקטרוסטטי
26.....	פרק 2 - אנרגיה פוטנציאלית חשמלית ופוטנציאל חשמלי
41.....	פרק 3 - הזרם החשמלי ומעגלי זרם ישר
71.....	פרק 4 - קיבול וקבלים
83.....	פרק 5 - השדה המגנטי
103.....	פרק 6 - השראה אלקטרומגנטית
115.....	מבחן 1
134.....	מבחן 2
148.....	מבחן 3
163.....	מבחן 4
177.....	מבחן 5
193.....	מבחן 6
210.....	מבחן 7
224.....	מבחן 8
237.....	מבחן 9
255.....	מבחן 10
272.....	מבחן 11
292.....	מבחן 12
312.....	מבחן 13
326.....	מבחן 14
341.....	מבחן 15
356.....	מבחן 16
376.....	מבחן 17
391.....	שאלות נוספות בקיבול ובהשראה אלקטרומגנטית
405.....	נוסחאות ונתונים בפיזיקה (מסמך של משרד החינוך)

פתח דבר

לתלמידים ולמורים

ספר זה מיועד לתלמידי פיזיקה אינטרניים ואקסטרניים, המתכוננים לגשת לבחינת הבגרות **בחשמל**, שאלון מספר 036371, וכן למורים הזקוקים למאגר של בחינות מתכונת מעודכנות.

הספר מעודכן לתוכנית הלימודים של משרד החינוך בהתאם למבנה הבחינה לקיץ 2020. וכולל את עיקרי חומר הלימוד לפי הפרקים השונים, כולל דוגמאות והסברים. כמו כן בספר 17 בחינות מתכונת מעודכנות, הכוללות יותר מ-100 שאלות. לכל אחת מהשאלות שבבחינות המתכונת ניתן פתרון מלא ומנומק בהתאם לדרישות הפיקוח על הוראת הפיזיקה ובהתאם למחווים של הערכת הבחינות בשנים האחרונות.

השאלות כוללות את כל רמות החשיבה הנדרשות מהתלמידים, החל ברמה של ידע וכלה ברמות חשיבה והבנה גבוהות. רוב השאלות מתאפיינות ברמת קושי מדורגת מהקלה לקשה. השאלות שבבחינות נכתבו במהלך השנים הרבות שבהן כתבתי בחינות לתלמידיי, ושופרו במשך השנים בעקבות בדיקת התשובות של התלמידים.

תודות:

- לצוות של רכס על התמיכה ועל הליווי.
- לשוקי זכאי על הערותיו החכמות.
- לרוני ברק ולשחר ידין על תיקון הטעויות.
- לאשתי מיכל ולילדיי על הסבלנות.
- לתלמידיי במשך השנים שמהם למדתי יותר מכולם.

רון הדר

מיפוי שאלות לפי נושא

מיפוי השאלות לפי נושא

אלקטרוסטטיקה																
כולל אנרגיה											ללא אנרגיה					
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	2	17	16	15	3	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

מעגלי זרם ישר																
10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4	3	3	2	2	1	
2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	

מעגלי זרם ישר																
חוקי קירכהוף																
17	5	1	17	16	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	
3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	

שדה מגנטי																
כוח מגנטי על תיל נושא זרם								מטען נע בשדה מגנטי								
16	15	13	12	11	7	4	2	1	17	14	13	10	9	8	6	5
4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

קיבול																
								טעינה ופריקה								
17	16	14	11	9	7	6	4	15	13	12	10	8	5	3	2	1
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

קירכהוף

השראה אלקטרומגנטית																
שנאי											מוליך הנע בשדה מגנטי					
17	3	16	15	13	12	11	8	7	5	1	14	10	9	6	4	2
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

פרק 1 - חוק קולון והשדה האלקטרוסטטי

הכוח החשמלי - חוק קולון

מטען חשמלי הוא התכונה שיש לגוף או לחלקיק, המאפשרת השתתפות באינטראקציה החשמלית. קיימים שני סוגים של מטען חשמלי: מטען חיובי ומטען שלילי. יחידת המטען החשמלי היא קולון ומסומנת באות C.

הכוח החשמלי הוא כוח הפועל בין כל שני גופים הטעונים במטענים חשמליים. בין גופים הטעונים מטענים בעלי סימן זהה פועלים כוחות דחייה, ובין גופים הטעונים מטענים בעלי סימנים מנוגדים פועלים כוחות משיכה.

את גודל הכוח אפשר לחשב בנוסחה הידועה כחוק קולון:

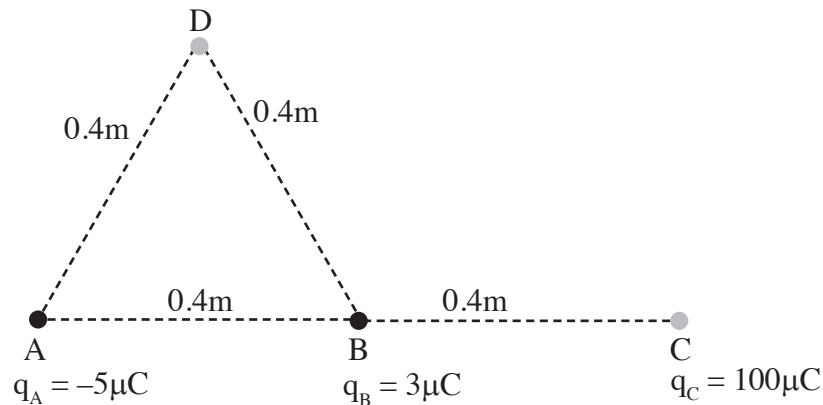
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

כאשר:

- F - גודל הכוח החשמלי בניוטונים (N).
- q_1, q_2 - שני המטענים החשמליים בקולונים (C).
- r - המרחק בין שני המטענים במטרים (m) (אם שני הגופים הטעונים הם כדורים, המרחק נמדד בין שני מרכזי הכדורים).
- k - הקבוע האלקטרוסטטי שערכו $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ (שימו לב! בנוסחאון מופיע קבוע נוסף המסומן באות k , קבוע בולצמן, יש להתעלם ממנו).

סאלה לזאמה:

בנקודות A ו-B ניצבים שני מטענים, $q_A = -5\mu\text{C}$ ו $q_B = 3\mu\text{C}$, בהתאמה. המרחקים נתונים בתרשים שלפניכם (הסימן μ , מיקרו, מייצג מיליונית, כלומר $\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$):



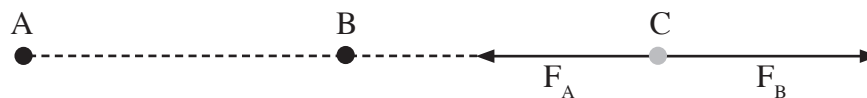
- מה הכוח השקול שיפעל על מטען שלישי $q_C = 100\mu\text{C}$ הניצב בנקודה C, ונמצאת על המשך הקטע AB?
- מה הכוח השקול שיפעל על המטען השלישי, אם הוא יעבור לנקודה D שנמצאת במרחקים שווים מ-A ומ-B?

הפתרון:

שיטת הפתרון המומלצת: תחילה, יש לקבוע את כיווני הכוחות לפי סימני המטענים. לאחר מכן יש לחשב את גודל הכוחות בלי להתייחס לסימנים, ולבסוף לחבר את הווקטורים.

- על q_C פועלים שני כוחות: F_A – כוח משיכה (כי סימני המטענים מנוגדים) שמאלה, שמפעיל עליו המטען q_A ,

ו- F_B – כוח דחייה (כי סימני המטענים זהים) ימינה, שמפעיל עליו המטען q_B .



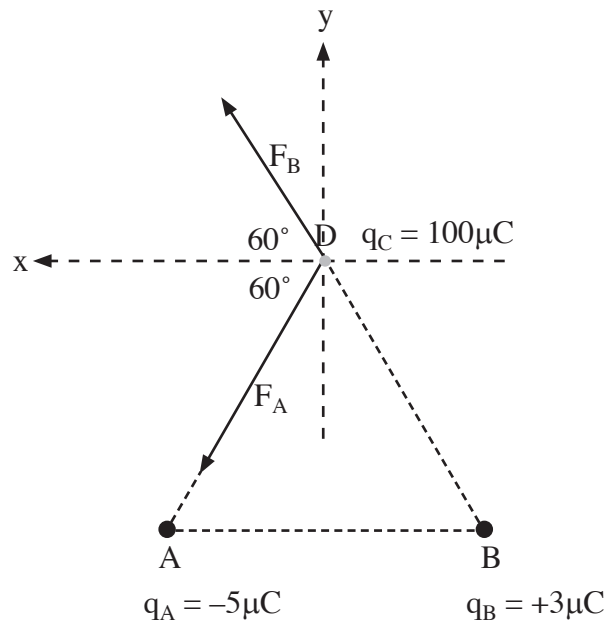
העתקה ו/או צילום מספר זה הם מעשה לא חינוכי, המהווה עברה פלילית.

$$\Sigma F = |F_B| - |F_A| = \frac{kq_Bq_C}{r_{BC}^2} - \frac{kq_Aq_C}{r_{AC}^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{0.4^2} - \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{0.8^2}$$

$$= 16.88 - 7.03 = 9.85 \text{ N}$$

גודלו של הכוח השקול הוא 9.85 N, וכיוונו ימינה.

2. נוסף מערכת צירים, ונקבע את כיווני הכוחות:



נחשב את רכיבי הכוח השקול:

$$\Sigma F_x = F_{Bx} + F_{Ax} = \frac{kq_Bq_C \cos 60^\circ}{r_{BD}^2} + \frac{kq_Aq_C \cos 60^\circ}{r_{AD}^2}$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cos 60^\circ}{0.4^2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cos 60^\circ}{0.4^2}$$

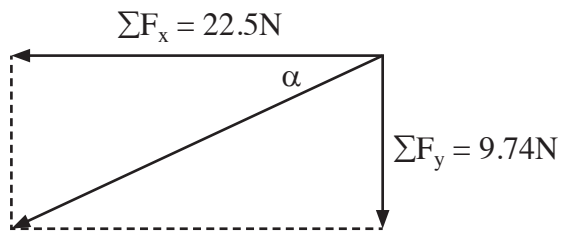
$$\Sigma F_y = 8.44 + 14.06 = 22.5 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = F_{By} + F_{Ay} = \frac{kq_Bq_C \sin 60^\circ}{r_{BD}^2} - \frac{kq_Aq_C \sin 60^\circ}{r_{AD}^2}$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \sin 60^\circ}{0.4^2} - \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-6} \sin 60^\circ}{0.4^2}$$

$$\Sigma F_y = 14.62 - 24.36 = -9.74 \text{ N}$$

נבנה את וקטור הכוח השקול:



$$\Sigma F = \sqrt{22.5^2 + 9.74^2} = 24.5\text{N}$$

$$\tan \alpha = \frac{9.74}{22.5}$$

$$\alpha = 23.4^\circ$$

גודל הכוח השקול הוא 24.5N, וכיוונו 23.4° יחסית לכיוון החיובי של ציר x.

השדה החשמלי

רעיון השדה החשמלי פותח כדי להסביר כיצד הכוח החשמלי בין שני מטענים פועל ממרחק, ללא מגע בין המטענים. המטען הראשון יוצר שדה חשמלי בסביבתו, והמטען השני שנקלע לשדה מושפע ממנו, וההפך, המטען השני יוצר שדה חשמלי בסביבתו והמטען הראשון מושפע ממנו.

q_1 E_1

מטען q_1 יוצר שדה E_1 בכל נקודה בסביבתו:

A q_1 E_1 q_2

מטען q_2 מושפע מהשדה E_1 , ופועל עליו כוח חשמלי:

הגדרה: השדה החשמלי בנקודה מסוימת הוא הכוח ליחידת מטען הנמצא בנקודה.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

הגדרה פשוטה יותר: בנקודה מסוימת השדה החשמלי הוא הכוח שיפעל על מטען יחידה (מטען חיובי של +1C) אם הוא ימצא בנקודה זו.

יחידת המידה של שדה חשמלי היא ניוטון לקולון - $\frac{N}{C}$ (בהמשך נראה שיחידת השדה החשמלי גם יכולה להיות וולט למטר - $\frac{V}{m}$).

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי

הכוח הפועל על מטען חשמלי q הנמצא בשדה חשמלי $\vec{E}$ הוא: $\vec{F} = q\vec{E}$

כיוון השדה מוגדר ככיוון הכוח הפועל על מטען חיובי. מכאן נובעת המסקנה:

- אם המטען q חיובי, אז הכוח פועל עם כיוון השדה.
- אם המטען q שלילי, אז הכוח פועל נגד כיוון השדה.

שאלה לדוגמה:

בנקודה P שורר שדה חשמלי $E = 500 \frac{N}{C}$ שכיוונו ימינה. מה הכוח שיפעל על אלקטרון שיימצא בנקודה P?

הפתרון:

נמצא את מטען האלקטרון בנוסחאון: $q_e = -e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$.

נחשב את הכוח:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{F} = -e\vec{E} = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 500 = -8 \cdot 10^{-17} N$$

משמעות סימן המינוס היא שכיוון הכוח מנוגד לכיוון השדה, לכן גודל הכוח הוא $8 \cdot 10^{-17} N$ וכיוונו שמאלה.

שדה חשמלי שיוצר מטען נקודתי

גודל השדה החשמלי שיוצר מטען נקודתי בנקודה מסוימת הוא:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

כאשר:

k - הקבוע האלקטרוסטטי.

q - המטען הנקודתי בקולון.

r - מרחק הנקודה המסוימת מהמטען במטרים.

E - גודל השדה החשמלי ב- $\frac{N}{C}$.

כיוון השדה החשמלי שיוצר מטען חיובי הוא מהמטען החוצה. כיוון השדה החשמלי שיוצר מטען שלילי הוא כלפי המטען. כדי להיזכר בכיוונים, חושבים מה יהיה כיוון הכוח, משיכה או דחייה, שיפעל על מטען חיובי שיוצב בנקודה מסוימת. ראו בתרשים שלפניכם:

**שדה חשמלי מחוץ לגוף כדורי טעון**

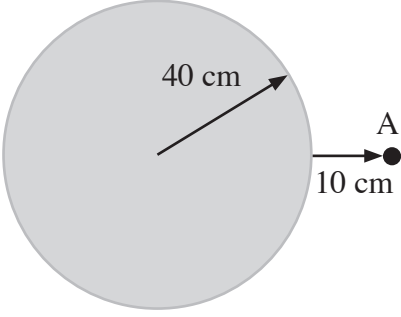
השדה מחוץ לגוף כדורי טעון הוא כאילו כל מטען הגוף היה מרוכז במרכזו כמטען נקודתי. עובדה זו נכונה כאשר המטען מפוזר בכדור באופן סימטרי.

סאלה לזאמה:

1. מהו השדה שיוצר כדור טעון, שרדיוסו 40 סנטימטרים בנקודה A הנמצאת 10 סנטימטרים מפניו?

מטען הכדור הוא $q = 1.6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

2. מה יהיה הכוח שיפעל על מטען $Q = -6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ שיימצא בנקודה A?



The diagram shows a gray circle representing a sphere. A radius line is drawn from the center to the right edge, labeled '40 cm'. To the right of the sphere, a point labeled 'A' is marked with a dot. A horizontal line segment connects the right edge of the sphere to point A, labeled '10 cm'.

הפתרון:

1. מכיוון שמטען הכדור חיובי, כיוון השדה הוא ממרכז הכדור החוצה, כלומר ימינה. נמצא את גודל השדה, נזכור שיש להציב בנוסחה את מרחק הנקודה A ממרכז הכדור.

$$r = 40 + 10 = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-7}}{0.5^2} = 5,760 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

השדה בנקודה A הוא $5,760 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ וכיוונו ימינה.

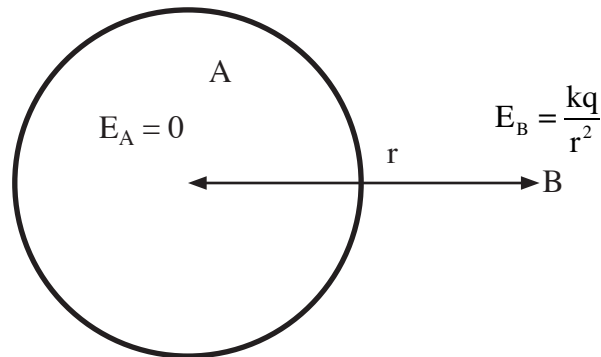
2. המטען Q שלילי, לכן כיוון הכוח הפועל עליו מנוגד לכיוון השדה, כלומר שמאלה. נחשב את גודל הכוח:

$$F = QE = 6 \cdot 10^{-7} \cdot 5,760 = 3.456 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

הכוח שיפעל על המטען הוא $3.456 \cdot 10^{-3}$ ניוטון.

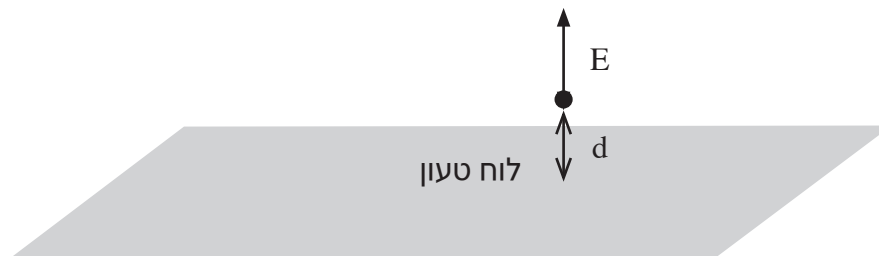
שדה חשמלי של קליפה כדורית טעונה

- השדה מחוץ לקליפה הוא כאילו כל מטען הקליפה היה מרוכז במרכזה (נקודה B).
- השדה בתוך הקליפה הוא 0 (נקודה A).



שדה חשמלי סמוך ללוח מישורי, אינסופי, טעון בצפיפות

מטען אחידה

גודל השדה שיוצר לוח מישורי טעון בצפיפות מטען אחידה σ הוא:

$$E = 2\pi k\sigma$$

כאשר:

- σ - צפיפות המטען המשטחית השווה למטען הכולל של הלוח חלקי שטחו - $\sigma = \frac{Q}{A}$ ביחידות של $\frac{C}{m^2}$.
- k - הקבוע האלקטרוסטטי.
- E - גודל השדה החשמלי ב- $\frac{N}{C}$.