



מסמך הכנה מסכם לבגרות חשמל תשפ"ו

עדכון: 24.11.25 [קישור להורדת מסמך מעודכן](#) ⬇

מסמך זה הוכן למנויי YouTube לקראת בחינת הבגרות בחשמל.

המסמך מכיל סיכומים ותרגילי הכנה שנכתבו כהכנה לבחינה, קישורים לפעילויות אינטראקטיביות ולאוגדני הפתרונות של שאלות הבגרות.

מערכות ה- YouTube אינן פעילות בשבתות ובמועדי ישראל.

בברכת למידה פורייה ומהנה.

צוות YouTube

support@youtcube.co.il

אודות מסמך ההכנה של YouTube:

כדי לסייע לתלמידי הפיזיקה המנויים במערכת ה- YouTube בשלבי הלמידה, במהלך השנה ובמיוחד לקראת תקופת הבגרות, ריכזנו במסמך זה את קבצי הסיכום התרגול והקישורים החשובים לסביבת הלמידה.

סיכום פסיפס – מסמך המכיל תמצית שיטתית של הידע והעקרונות הפיזיקליים הנלמדים בכל נושא. המסמך מכיל **הגדרות**, **דגשים** **והערות דוגמאות** **תקפות** **ואיך הגענו**.

לפני תרגול שאלות הבגרות בנושא מסוים חשוב לעבור על סיכום הפסיפס של אותו נושא ולהבין היטב את הידע הרלוונטי ואת העקרונות הפיזיקליים של הנושא.

הבנת הידע והעקרונות הפיזיקליים הם הבסיס להצלחה בלימודי הפיזיקה.

פרקטיקות – מסמך לתרגול מדורג לפיתוח המיומנויות הדרושות בכל נושא. המסמך מכיל **תיאור מקרה**, **חישוב נדרש**, **העקרונות הפיזיקליים**, **תשובה סופית**, **הערות חשובות**

וקישור לפתרון מלא. תרגולי הפרקטיקות הם מקיפים ומדורגים מומלץ לתרגל את קבצי הפרקטיקות אחרי שהבנתם את סיכום הפסיפס ולפני תרגול שאלות הבגרות.

אלבומי פתרונות – אוגדני פתרונות לכל סעיף בשאלות הבגרות. האוגדנים מכילים: **תשובה סופית**, **אסטרטגיה**, **פתרון מלא ושימו לב**.

בעזרת אוגדני הפתרונות של שאלות הבגרות תלמידים יכולים להפיק את מירב התובנות משאלות הבגרות.

תרגול אינטראקטיבי – להבנת העקרונות הפיזיקליים פותחו שאלות אינטראקטיביות מסכמות הכוללות אנימציות, משוברים, רמזים ופתרונות מלאים.

בבחינה בפיזיקה אתם נבחנים על שני דברים עיקריים:

1. היכולת לקשר בין הסיטואציה המתוארת בשאלה לעקרונות הפיזיקליים הרלוונטיים לפתרון השאלה.

יכולת זו תלויה בהבנת העקרונות ובהבנת השאלה - ככל שתבינו את העקרונות בצורה טובה יותר כך תדעו באיזה עיקרון להשתמש.

2. היכולת לכתוב פתרון מלא מפורט ומדויק המתבסס על העקרונות הפיזיקליים.

יכולת זו תלויה במיומנויות רבות כגון: עריכת תרשימים כוחות תקין, כתיבת משוואות תנועה. מיומנויות גרפיות - קביעת הישר המסתבר ביותר (בעזרת סרגל בלבד), חישוב שיפוע הגרף והשטח התחום. הקפדה על רישום יחידות מידה ועוד.

השתמשו בסיכום הפסיפס להבנת העקרונות, בקבצי הפרקטיקות לשיפור המיומנויות ובאלבומי הפתרונות לתרגול מעמיק וממצא של שאלות הבגרות.

הדף הראשי (הדף הבא) מחולק לנושאים, בכל נושא קיימים קישורים ישירים לסיכום הפסיפס, קבצי הפרקטיקות, אלבומי הפתרונות ותרגול האינטראקטיבי.

תחזית השאלות למבחן הבגרות בחשמל תשפ"ו

התחזית מבוססת על המיקוד שפורסם השנה ב 9.9.25 תחזית זו הינה הערכה בלבד.

נושא השאלה	סוגי שאלות בנושא זה	YouTube	הערות והמלצות הכנה לבגרות
שאלה 1	אלקטרוסטטיקה	<u>שני קורסים:</u> קורס 1- כוח חשמלי ושדה. קורס 2- פוטנציאל ואנרגיה. <u>סיכום פסיפס.</u> <u>שני קבצי פרקטיקות:</u> פרקטיקות 1 – כוח ושדה. פרקטיקות 2 – פוטנציאל ואנרגיה. <u>אלבום פתרונות – אוגדי פתרונות לשאלות הבגרות.</u>	נושא האלקטרוסטטיקה הוא הנושא המאתגר ביותר בתוכנית הלימודים. חשוב להבין את הנושא בצורה טובה ורק אח"כ לתרגל. שאלת האלקטרוסטטיקה היא לרוב שאלה קלה, במיוחד כשמבינים היטב את הנושא. ייתכן ויהיו שתי שאלות בנושא. מומלץ לעבור על סיכום הפסיפס ולוודא שאתם מבינים היטב את התאוריה. לאחר מכן השתמשו בתרגולי הפרקטיקות הם מקיפים מדורגים ובונים הבנה טובה. השאירו את תרגול שאלות הבגרות מהאלבום לסוף.
שאלות 2,3	מעגלי זרם	<u>שני קורסים:</u> קורס 1- מעגל ללא הספק. קורס 2- הספק ונצילות. <u>סיכום פסיפס.</u> <u>קובץ פרקטיקות אחד בכל נושאי מעגלי הזרם.</u> <u>אלבום פתרונות – אוגדי פתרונות לשאלות הבגרות.</u>	לרוב שאלה אחת עוסקת במעגל חשמלי ללא הספק ונצילות והשאלה השנייה עוסקת בנושא הספק ונצילות. שאלות הבגרות עוסקות במעגלים שיש בהם עד שני צמתים(מעגלים יחסית פשוטים). נושא מעגלי הזרם קל להבנה, יש שאלות קלות ויש גם שאלות מאתגרות (במיוחד השאלה השנייה של מעגלי זרם). מומלץ לתרגל ביסודיות את קובץ הפרקטיקות כדי תהיה לכם המיומנות הדרושה ורק לאחר מכן לתרגל שאלות בגרות בעזרת אלבום פתרונות.

נושא השאלה	סוגי שאלות בנושא זה	YouCube	הערות והמלצות הכנה לבגרות
שאלות 4,5	מגנטיות	<u>שלושה קורסים קצרים:</u> קורס 1- כוח מגנטי הפועל על מטען נע. קורס 2- יישומים של הכוח. קורס 3 – כוח מגנטי הפועל על תיל נושא זרם . <u>סיכום פסיפס</u> <u>פעילות אינטראקטיבית - ציקלוטרון</u> <u>קובץ פרקטיקות אחד בכל נושאי המגנטיות.</u> <u>אלבום פתרונות – אוגדי פתרונות לשאלות הבגרות.</u>	במידה ותהיינה שתי שאלות בנושא מגנטיות, ככל הנראה שאלה אחת תעסוק בנושא כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי ושאלה שנייה תעסוק בכוח הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. אם בבחינה תהיינה שתי שאלות בנושא אלקטרוסטטיקה כנראה תהיה שאלה אחת בנושא מגנטיות. בנושא מגנטיות אין הרבה עקרונות פיזיקליים, תנועת המטען היא תנועה מעגלית . תנועת המוליך היא תנועה בקו ישר. בנושא מגנטיות אין שיקולי אנרגיה. הקורסים ב - YouCube בנושא מגנטיות הם קצרים, גם אם לא למדתם את הנושא בכיתה מומלץ לעשות את כל הקיובים.
שאלה 6	כא"מ מושרה	<u>קורס אחד – מכיל קיוב אחד המקיף את כל הנושא.</u> <u>סיכום פסיפס</u> <u>פעילות אינטראקטיבית – תרגול מסכם הכנה לבגרות.</u> <u>אלבום פתרונות – אוגדי פתרונות לשאלות הבגרות.</u>	כמעט תמיד שאלה מספר 6 היא שאלה בנושא כא"מ מושרה. (לא היו שתי שאלות בנושא זה שנים עברו). יש שאלות שנוח לפתור בעזרת ביטוי כא"מ מושרה במוט, יש שאלות שנוח לפתור בעזרת חוק פראדיי. ויש שאלות שניתן לפתור בשני הדרכים. הנושא יחסית קצר, ניתן לפתור את כל שאלות הבגרות עם מעט עקרונות. מומלץ להתחיל לנושא זה מקיוב 48 , ולתרגל פעילות אינטראקטיבית , ולאחר מכן לתרגל מאלבום הפתרונות. גם אם תלמיד לא למד את הנושא ניתן ללמוד בזמן קצר, נושא מתנה.

דף ראשי

שדה מגנטי

סיכום פסיפס

פרקטיקות שדה מגנטי

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס 1 - תנועת מטען הנע בשדה מגנטי

קורס 2 - יישומים של הכוח המגנטי

קורס 3 - תיל נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי

מעגלי זרם

סיכום פסיפס מעגלי זרם

פרקטיקות מעגלי זרם

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס 1 - מעגלים חשמליים

קורס 2 - הספק ונצילות

אלקטרוסטטיקה

סיכום פסיפס אלקטרוסטטיקה

פרקטיקות 1- חוק קולון והשדה

פרקטיקות 2- פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס 1 - הכוח החשמלי והשדה

קורס 2 - הפוטנציאל והאנרגיה

כא"מ מושרה

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס כא"מ מושרה

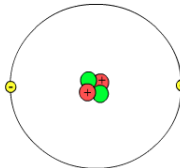
תרגול מסכם(הכנה לבגרות)

קבלים

נושא זה לא נכלל בבגרות תשפ"ו

סיכום פסיפס אלקטרוסטטיקה

סיכום פסיפס אלקטרוסטטיקה - הגדרות **פיתוח** **דוגמאות** **דגשים** **ותקפות**

המטען החשמלי הוא תכונה גופים הגורמת לפעולת כוח חשמלי בין הגופים. המטען נמדד ביחידות של קולון [C]. כשם שכוח הכבידה פועל בין גופים מעצם קיום מסתם. כך הכוח החשמלי פועל בין גופים מעצם קיום מטענם. לכל גוף יש מסה אך לא כל גוף טעון במטען חשמלי.	Cube-35 מטען חשמלי שאלות 1-2
בטבע קיימים שני חלקיקים המוגדרים כמטענים יסודיים (מטענים אלמנטריים). חלקיקים אלו נקראים אלקטרון ופרוטון. האלקטרון מסומן כמטען שלילי והפרוטון מסומן כמטען חיובי. מטען הפרוטון הוא: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ומטען האלקטרון הוא $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. 1. סימון האלקטרון כמטען שלילי הוא שרירותי בלבד, יש מקרים בהם לא נתייחס לסימן האלקטרון מבחינה מתמטית. 2. לאלקטרונים והפרוטונים יש מסה בנוסף למטענם, מסת הפרוטון היא: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ מסת האלקטרון היא: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$. 3. האלקטרונים והפרוטונים לא נולדים ולא מתים, כמות המטען ביקום לא משתנה. לא קיימים אלקטרונים או פרוטונים בעלי מטען שונה. מטען כל האלקטרונים והפרוטונים בטבע הוא: $\pm 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	Cube-35 מטען חשמלי יסודי
כל חומר ביקום מורכב מאוסף של אטומים. במרכז האטום ממוקמים פרוטונים ונייטרונים (חלקיקים שאינם טעונים) צמודים, המהווים את גרעין האטום. סביב הגרעין נעים אלקטרונים, המהווים את מעטפת האטום. ההבדל בין האטומים השונים הוא במספר הפרוטונים והנייטרונים הקיימים בגרעין ובמספר האלקטרונים הנעים סביב הגרעין. באופן כללי, האטומים בטבע הם ניטרליים, יש להם מספר זהה של פרוטונים ונייטרונים בגרעין ומספר זהה של אלקטרונים הנעים סביב הגרעין. לדוגמה: לאטום מימן יש בגרעין פרוטון אחד ונייטרון אחד ואלקטרון אחד הנע סביב הגרעין. לאטום הליום יש בגרעין שני פרוטונים ושני נייטרונים ושני אלקטרונים הנעים סביב הגרעין. באיור הבא מתואר אטום הליום:  1. האלקטרונים נעים סביב הגרעין בתנועה מעגלית, הכוח החשמלי הפועל בין האלקטרונים לפרוטונים הוא הכוח הצנטריפטלי של התנועה המעגלית. 2. הפרוטונים מאוגדים עם הנייטרונים בכוח גרעיני, לא ניתן להוציא בקלות פרוטונים מגרעין האטום. לעומת זאת הרבה יותר קל לגרוע או להוסיף אלקטרונים לאטום. 3. האלקטרונים נעים סביב הגרעין ברדיוס מאוד קטן סדר גודל של 10^{-10} מטר. מהירותם היא עצומה סדר גודל של מיליון מטר לשנייה. קיימים בטבע גם אטומים המכילים מספר שונה של פרוטונים ונייטרונים, סוג האטום נקבע בהתאם למספר הפרוטונים.	Cube-35 מבנה האטום שאלות 3-4

לרוב לגופים בטבע יש מספר זהה של אלקטרונים ופרוטונים, גופים אלו הם ניטרליים מבחינה חשמלית. ניתן להוסיף אלקטרונים לגופים או לגרוע אלקטרונים מהגופים, תהליך הוספת או גריעת אלקטרונים נקרא טעינת גופים. גוף בעל עודף אלקטרונים מוגדר כגוף הטעון במטען שלילי וגוף בעל חוסר אלקטרונים (עודף פרוטונים) נקרא גוף טעון מטען חיובי. ערכו המוחלט של מטען הגוף Q שווה למכפלת הערך המוחלט של מטען האלקטרון q_e במספר האלקטרונים העודפים או החסרים N. $ Q = q_e \cdot N$ לדוגמה: מוסיפים לגוף ניטרלי שני אלקטרונים, הגוף נטען במטען שלילי. נחשב את הערך המוחלט של מטען הגוף: $ Q = q_e \cdot N = -1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ כיוון שיש לגוף עודף של אלקטרונים מטען הגוף הוא שלילי. $Q = -3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ 1. ערך מטען הגוף לא יכול להיות כל ערך, הוא יכול להיות שווה רק למכפלה שלימה של גודל מטען האלקטרון. 2. אין כל קשר בין מסת הגוף למטענו, לגולה קטנה יכול להיות מטען חשמלי הגדול מהמטען החשמלי הקיים במטוס גדול. 3. מטען הגוף שווה לעודף או חוסר האלקטרונים בגוף, הוא לא שווה למטען כל האלקטרונים הקיימים בגוף. 4. כאשר הגוף הטעון עשוי מחומר מוליך (כמו מתכת) עודף או חוסר האלקטרונים מפוזר על פני כל הגוף הטעון. 5. וכאשר הגוף הטעון עשוי חומר מבודד (כמו עץ) עודף או חוסר האלקטרונים מרוכז רק באזור מסוים בגוף הטעון. 6. ניתן לטעון גופים בעזרת טעינה ישירה בעזרת שפשוף הגופים או בעזרת טעינה עקיפה ללא מגע בין הגופים, נושא הטעינה מופיע בהרחבה בקיוב 35. 6. הכוח החשמלי הפועל בין המטענים האלמנטריים פועל גם בין גופים טעונים.	Cube-35 טעינת גופים <u>שאלות 5-18</u>
החוק מתאר את גודל הכוח החשמלי הפועל בין שני מטענים אלמנטריים או בין שני גופים טעונים <u>נקודתיים</u> כתלות במרחק בין המטענים r ובגודלם של המטענים. $F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ לדוגמה: נחשב את גודל הכוח החשמלי הפועל בין שני גופים נקודתיים הטעונים במטען זהה שגודלו 8 ננו קולון, המרחק בין הגופים הוא 3 מטרים. $F_{1,2} = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^{-9}}{3^2} = \frac{5.76 \cdot 10^{-7}}{9} = 6.4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ 1. חוק קולון מתאר את גודל הכוח החשמלי בלבד, לא ניתן ללמוד מחוק קולון על כיוון הכוח החשמלי. 2. כל מה שניתן לומר על כיוון הכוח החשמלי הוא שבין מטענים זהים בסימנם פועל כוח דחייה ובין מטענים שונים בסימנם פועל כוח משיכה. 3. קבוע חוק קולון הרבה יותר גדול מקבוע חוק הכבידה האוניברסלי, לכן פעמים רבות כאשר פועל כוח חשמלי וכוח כבידה כוח הכבידה הוא זניח. 4. אין כל קשר בין מסות הגופים לכוח החשמלי הפועל עליהם. 5. בחישוב הכוח החשמלי הפועל בין גופים כדוריים לא נקודתיים, המרחק r הוא המרחק בין מרכזי הגופים. 6. אין משמעות לכוח שלילי המתקבל מחוק קולון, יש להתייחס לערכם המוחלט של המטענים. חוק קולון מתאים לחישוב גודל הכוח החשמלי הפועל בין גופים טעונים נקודתיים או גופים שיש להם צורה כדורית. (כך שניתן להתייחס אליהם כאל גוף נקודתי). חוק קולון לא מתאים לחישוב גודל הכוח החשמלי הפועל בין לוחות טעונים, או בין גוף נקודתי טעון ללוח טעון.	Cube-35 חוק קולון <u>שאלות 19-25</u> <u>תרגול נוסף 1-11</u>

Cube-36

הגדרת השדה החשמלי

שאלות 12-15

השדה החשמלי הוא וקטור המתאר תכונה של נקודה במרחב, הוא מתאר את הכוח הפועל על יחידת מטען בנקודה. וקטור השדה החשמלי בנקודה מוגדר וקטורית לפי היחס שבין וקטור הכוח החשמלי $\vec{F}$ הפועל על מטען בוחן q הממוקם בנקודה, חלקי גודל מטען הבוחן q .

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

מהגדרת השדה החשמלי יחידות השדה החשמלי הן ניוטון לקולון.

השדה החשמלי מוגדר ביחס ישר לגודל הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן הממוקם בנקודה. השדה תלוי ביחס הפוך בגודל מטען הבוחן כדי שגודל השדה לא יהיה תלוי בערכו של מטען הבוחן.

לדוגמה: נתונה נקודה A הנמצאת במרחק 2 מטרים ממרכז כדור הטעון במטען חיובי שגודלו 4 מיקרו קולון, כמוראה באיור הבא:



גודל שגודל הכוח החשמלי הפועל על מטען בוחן q שגודלו 1 ננו קולון הממוקם בנקודה A הוא 9 מיקרו ניוטון. נחשב בהתאם להגדרת השדה החשמלי את גודל השדה החשמלי בנקודה A.

$$E_A = \frac{F_A}{q} = \frac{9 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-9}} = 9 \cdot 10^3 \frac{N}{C}$$

1. השדה מוגדר בעזרת משוואה וקטורית מההגדרה ניתן לראות שכיוון הכוח הפועל על מטען חיובי הוא ככיוון השדה.
2. מהגדרת השדה כאשר המטען הוא שלילי כיוון הכוח הפועל על המטען הוא הפוך לכיוון השדה.
3. השדה החשמלי בנקודה מתאר את גודל הכוח החשמלי שיפעל על יחידת מטען שתמוקם בנקודה. בדוגמה המתוארת עוצמת השדה בנקודה A היא 9,000 ניוטון לקולון, המשמעות היא שעל כל אחד קולון שימוקם בנקודה A יפעל כוח של 9,000 ניוטון. אם נמקם בנקודה A מטען שגודלו 2 קולון יפעל עליו כוח שגודלו 18,000 ניוטון.
4. בכל ההגדרות בהן נעשה שימוש במטען בוחן יש להשתמש רק במטען בוחן חיובי, לא קיים מטען בוחן שלילי.
5. מטען הבוחן משמש להגדרת גודל וכיוון השדה החשמלי בכל נקודה במרחב, מטען הבוחן לא קיים במציאות (בדומה לציר תנועה בקינמטיקה).
6. חשוב להבחין בין המטען היוצר את השדה Q למטען הבוחן q המשמש להגדרת השדה הנוצר מהמטען Q.
7. בהינתן השדה החשמלי בנקודה ניתן להשתמש בהגדרת השדה החשמלי כדי למצוא את גודל וכיוון הכוח הפועל על מטען q כלשהו.

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

8. כדי למצוא את השדה החשמלי השקול בנקודה הסמוכה למספר מטענים יש למצוא את היחס שבין הכוח החשמלי השקול שכל המטענים מפעילים יחד לבין גודל מטען הבוחן.

הגדרת השדה מתאימה לכל סוג של שדה, גם לשדה אחיד הנוצר מלוח טעון. וגם לשדה רדיאלי הנוצר ממטען נקודתי.

Cube-36

עוצמת השדה
החשמלי
בסביבת
מטען נקודתי[שאלות 1-15](#)

עוצמת השדה החשמלי בכל נקודה בסביבתו של מטען נקודתי תלויה במרחק הנקודה מהמטען r .
ובגודל המטען היוצר את השדה Q .

$$E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$$

ניתן לפתח את ביטוי עוצמת השדה החשמלי מהגדרת השדה החשמלי בעזרת חוק קולון:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{\frac{K \cdot Q \cdot q}{r^2}}{q} = \frac{K \cdot Q}{r^2}$$

לדוגמה: נתונה נקודה A הנמצאת במרחק 2 מטרים ממרכז כדור הטעון במטען חיובי שגודלו 4 מיקרו קולון, כמראה באיור הבא:



נחשב בעזרת ביטוי עוצמת השדה בסביבת מטען נקודתי את עוצמת השדה בנקודה A:

$$E = \frac{K \cdot Q}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{2^2} = \frac{36 \cdot 10^3}{4} = 9 \cdot 10^3 \frac{N}{m}$$

מהגדרת השדה, כיוון השדה החשמלי בנקודה A הוא ימינה.

1. הביטוי מתאר את גודל השדה החשמלי ולא את כיוונו. לא ניתן ללמוד מביטוי עוצמת השדה החשמלי על כיוון השדה החשמלי.
2. כיוון השדה נקבע בהתאם להגדרת השדה החשמלי, ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען בוחן (מטען חיובי קטן) הממוקם בנקודה.
3. מטען שלילי לא יוצר שדה שלילי, לכן בביטוי עוצמת השדה החשמלי יש להתייחס לערך המוחלט של המטען Q .
4. למציאת השדה החשמלי בנקודה הסמוכה למספר מטענים נקודתיים יש לחשב את סכום ווקטורי השדות הנוצרים מכל המטענים בנקודה.

ביטוי זה מתאים לתיאור עוצמת השדה בסביבת מטען נקודתי או מחוץ לגוף כדורי מוליך בלבד!
הביטוי לא מתאים לחישוב עוצמת השדה האחיד, שדה חשמלי הנוצר בסביבת לוח טעון.

Cube-36

וקטורי השדה

וקטורי השדה החשמלי הם וקטורים המתארים את גודלו וכיוונו של השדה החשמלי בכל נקודה בסביבת המטען. וקטורי השדה נקבעים בגודלם ובכיוונם בכל נקודה במרחב בעזרת הגדרת השדה החשמלי, כיוון וקטור השדה בכל נקודה הוא ככיוון הכוח הפועל על מטען בוחן (מטען חיובי קטן) וגודלו כגודל הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן. לדוגמה: באיור הבא מתוארים וקטורי השדה החשמלי בסביבת מטען חיובי נקודתי ובסביבת מטען שלילי נקודתי (המטענים המרוחקים זה מזה).



1. באמצעות התיאור החזותי של וקטורי השדה ניתן לדעת מה כיוון השדה החשמלי בכל נקודה במרחב ולהעריך באופן יחסי את גודל השדה.
 2. בשדה רדיאלי וקטורי השדה הם וקטורים רדיאליים הולכים וגדלים ככל שהנקודה קרובה למטען היוצר את השדה.
 3. בשדה אחיד וקטורי השדה הם וקטורים זהים בגודלם ובכיוונם.
 4. לא נוח לערוך את תרשים ווקטורי השדה, תרשים הרבה יותר נפוץ הוא תרשים קווי השדה.
- תרשים וקטורי השדה מתאר באופן איכותי בלבד את השדה החשמלי סביבת המטען.**

Cube-36

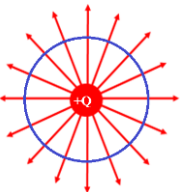
קווי השדה

שאלות 16-20

קווי השדה הם קווים רציפים המתארים בכיוונם את כיוון השדה ובצפיפותם את עוצמת השדה, הם חלופה של וקטורי השדה. קווי השדה החשמלי נקבעים בכל נקודה בהתאם לכיוון המשיק לווקטור השדה בנקודה. לדוגמה: באיור הבא מימין מתוארים קווי השדה החשמלי בסביבת מטען שלילי נקודתי בודד. ובאיור השמאלי מתוארים קווי השדה החשמלי בסביבת מטענים נקודתיים סמוכים האחד חיובי והשני שלילי.



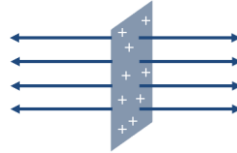
1. קווי השדה מתחילים במטען חיובי או באינסוף. ומסתיימים במטען שלילי או באינסוף. בסביבת מטען שלילי קווי השדה הם קווים רדיאליים המגיעים מהאינסוף למטען. בסביבת מטען חיובי קווי השדה הם קווים רדיאליים היוצאים מהמטען ומגיעים לאינסוף.
 2. צפיפות קווי השדה בכל נקודה מייצגת את עוצמת השדה החשמלי בנקודה, קווי השדה מתעקמים כך שצפיפותם בכל נקודה מייצגת את עוצמת השדה.
 3. קווי השדה לעולם לא חוצים זה את זה (אחרת בנקודת החציה יהיו שני כיוונים לשדה החשמלי).
 4. קווי השדה ניצבים לפני הגוף הטעון. מספר קווי השדה הנכנסים או יוצאים מהגוף תלויים ביחס ישר בגודל מטען הגוף.
- תרשים קווי השדה מתאר את השדה החשמלי במרחב באופן איכותי בלבד.**

השטף הוא גודל פיזיקלי סקלרי המתאר בצורה כמותית את מספר קווי השדה. $\left[\frac{N \cdot m^2}{C} \right]$ השטף מסומן על ידי Φ ונמדד ביחידות של $\left[\frac{N \cdot m^2}{C} \right]$. 1. תיאור קווי השדה הוא תיאור איכותי ולא כמותי. השטף הוא תיאור כמותי חלופי לתיאור קווי השדה החזותיים. 2. הגדרת השטף המלאה מופיעה בקיוב 36. בהתאם לתכנית הלימודים הנושא נלמד בצורה מצומצמת.	Cube-36 שטף חשמלי
חוק גאוס קובע שהשטף החשמלי היוצא מגוף טעון תלוי ביחס ישר בגודל מטען הגוף. ביטוי השטף לפי חוק גאוס הוא: $\Phi = 4\pi K \cdot Q$ בעזרת חוק גאוס ניתן לפתח ביטוי לעוצמת השדה החשמלי בסביבתם של גופים טעונים. <u>פיתוח ביטוי לעוצמת שדה חשמלי בסביבת מטען נקודתי בעזרת חוק גאוס:</u> נמקם משטח דמיוני (נקרא משטח גאואסי) סביב מטען Q.  שטח מעטפת הכדור : $A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ כמות קווי השדה היוצאת מהמטען וחוצה את הכדור: $\Phi = 4\pi K \cdot Q$ עוצמת השדה החשמלי בכל נקודה על פני הכדור הגאואסי זהה, נבטא את צפיפות קווי השדה על פני הכדור: $E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4 \cdot \pi \cdot K \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{K \cdot Q}{r^2}$ ביטוי השדה המתקבל זהה לביטוי עוצמת השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי.	Cube-36 חוק גאוס

Cube-36

שדה אחיד

לוח טעון יוצר בסביבתו שדה אחיד, שדה קבוע בגודלו ובכיוונו. מכיוון שקווי השדה ניצבים לפני הגוף הטעון, קווי השדה הנוצרים מלוח טעון הם קווים מקבילים. צפיפות קווי השדה לא משתנה ככל שמתרחקים מהלוח הטעון. לכן, שדה הנוצר מלוח טעון הוא שדה אחיד.



עוצמת השדה האחיד בכל אחד משני צדדיו של הלוח תלויה בצפיפות המטען השטחית בלוח σ בלבד, לפי:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

σ - צפיפות המטען נמדד ביחידות של קולון למטר ריבועי.

ϵ_0 - מקדם חלחלות שדה חשמלי בריק $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ (המקדם נקרא גם קבוע הדיאלקטריות של הריק)

ניתן לפתח את ביטוי השדה האחיד בסביבת לוח טעון בעזרת חוק גאוס: נסמן את שטח החתך של הגליל ב- A.

ונבטא בעזרת חוק גאוס את גודל השטף היוצא מהמטען התחום בגליל לשני הצדדים של הלוח:

$$\phi = 4\pi K \cdot Q$$

$$\phi = 4\pi K \cdot \sigma A$$

בהתאם כמות קווי השדה היוצאת מכל צד: $\phi = 2\pi K \cdot \sigma A$

כדי לבטא את עוצמת השדה, נבטא את צפיפות קווי השדה:

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{2\pi K \cdot \sigma A}{A} = 2\pi K \cdot \sigma, \quad K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow E = 2\pi \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

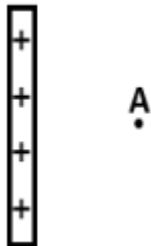
דוגמה: נתונה נקודה A הסמוכה ללוח טעון אינסופי, צפיפות המטען $\sigma = 4 \cdot 10^{-12} \frac{C}{m^2}$ בלוח היא

נחשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה A (ובכל נקודה אחרת):

$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0} = \frac{\sigma}{2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 0.22 \frac{N}{C}$$

1. בהתאם להגדרת השדה בסביבת לוח הטעון במטען חיובי קווי השדה יוצאים מהלוח. ובסביבת לוח הטעון במטען שלילי קווי השדה נכנסים ללוח.
2. ביטוי עוצמת השדה מתאר את עוצמת השדה האחיד בכל אחד משני צידי הלוח.

הביטוי לא מתאים לתיאור עוצמת השדה בנקודה הנמצאת באזור קצות הלוח, לכן אנחנו עוסקים רק בלוח טעון אין סופי (לוח שאין לו קצוות).



Cube-37

פוטנציאל חשמלי

הפוטנציאל החשמלי בנקודה הסמוכה למטען נקודתי שווה ליחס שבין העבודה הנדרשת מכוח חיצוני כדי להניע מטען מהאינסוף עד לנקודה במהירות קבועה, לבין גודל המטען המונע.

$$V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$$

ככל שהנקודה קרובה יותר למטען נדרשת יותר עבודה כדי להביא מטען מהאינסוף לנקודה. לכן הפוטנציאל תלוי ביחס ישר בגודל העבודה. כיוון שהעבודה הדרושה תלויה בגודל המטען המונע q , כדי לתאר את סביבת המטען ללא תלות בגודל המטען המונע, העבודה מחולקת בערכו של המטען המונע q .

לדוגמה: מטען שגודלו 2 קולון מונע על ידי כוח חיצוני מהאינסוף לנקודה B במהירות קבועה, נתון שהעבודה המבוצעת על ידי הכוח החיצוני היא 10 ג'אול.



B

 ∞

נחשב את הפוטנציאל בנקודה B בעזרת הגדרת הפוטנציאל:

$$V_B = \frac{W_{\infty \rightarrow B}}{q} = \frac{10}{2} = 5 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

משמעות הפוטנציאל בנקודה B: לכל אחד קולון המובא מהאינסוף לנקודה B במהירות קבועה על ידי כוח חיצוני, נדרשת עבודה של 5 ג'אול. משמעות נוספת: לכל אחד קולון שימוקם בנקודה B תהיה לכוח החשמלי יכולת ביצוע עבודה (אנרגיה פוטנציאלית) של 5 ג'אול בהנעת המטען לאינסוף.

1. מהגדרת הפוטנציאל יחידות הפוטנציאל הן ג'אול לקולון או בקיצור וולט [V].
2. הפוטנציאל בנקודה שווה לעבודה המבוצעת ליחידת מטען המובא מהאינסוף לנקודה.
3. ניתן להגדיר את הפוטנציאל בנקודה לפי היחס שבין האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית שיש למטען הממוקם בנקודה חלקי גודל המטען הממוקם בנקודה.
4. השדה והפוטנציאל הם שני תיאורים שונים לסביבת הגוף הטעון מעצם קיום מטענו. הגדרת הפוטנציאל היא מעט יותר מסורבלת אך הרבה יותר קל ונוח להשתמש בפוטנציאל כיוון שהוא גודל סקלרי ולא וקטורי.
5. יכולה להיות נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי הוא אפס. והשדה החשמלי שונה מאפס. ויכולה להיות נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי שונה מאפס, והשדה החשמלי שווה לאפס.

הגדרת הפוטנציאל בעזרת העבודה הנדרשת להנעת מטען מהאינסוף לנקודה מתאימה לתיאור הפוטנציאל בשדה רדיאלי ולא לשדה אחיד.

Cube-37

הפוטנציאל בסביבתו של מטען נקודתי

הפוטנציאל החשמלי בכל נקודה בסביבתו של מטען נקודתי תלוי במרחק הנקודה מהמטען r .
ובגודל המטען היוצר את הפוטנציאל Q . ביטוי הפוטנציאל הוא:

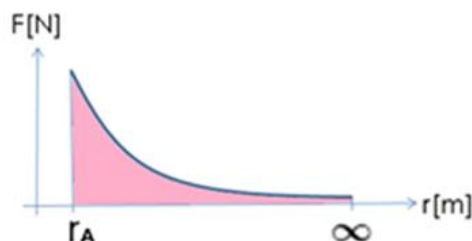
$$V_A = \frac{K \cdot Q}{r_A}$$

ניתן לפתח את ביטוי הפוטנציאל בעזרת הגדרת הפוטנציאל:

$$V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$$

העבודה המופיעה בהגדרת הפוטנציאל היא העבודה של כוח חיצוני המניע מטען מהאינסוף לנקודה במהירות קבועה (כנגד הכוח החשמלי).
כדי שהמטען ינוע במהירות קבועה הכוח החיצוני צריך להיות שווה בכל רגע לכוח החשמלי. כיוון שהכוח החשמלי הולך וגדל גם הכוח החיצוני גדל באופן זהה. בביטוי העבודה יש לחשב את עבודתו של כוח משתנה בגודלו.

כדי לחשב את עבודת הכוח החיצוני המשתנה בגודלו נשתמש בגרף המתאר את גודל הכוח החיצוני כתלות במרחק המטען המונע q ממרכז המטען Q היוצר את הפוטנציאל.



$$\begin{aligned} W_{\infty \rightarrow A} &= \int_{r_A}^{\infty} F(r) dr \\ W_{\infty \rightarrow A} &= \int_{r_A}^{\infty} \frac{K \cdot Q \cdot q}{r^2} dr \\ W_{\infty \rightarrow A} &= K \cdot Q \cdot q \int_{r_A}^{\infty} r^{-2} dr = K \cdot Q \cdot q \left(\frac{r^{-1}}{-1} \right) \Big|_{r_A}^{\infty} \\ W_{\infty \rightarrow A} &= \frac{K \cdot Q \cdot q}{-1} \left(\frac{1}{r_{\infty}} - \frac{1}{r_A} \right) \\ W_{\infty \rightarrow A} &= K \cdot Q \cdot q \cdot \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_{\infty}} \right) = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_A} - \frac{K \cdot Q \cdot q}{r_{\infty}} \end{aligned}$$

המחסר המתקבל בביטוי שואף לאפס. נציב את ביטוי העבודה בהגדרת הפוטנציאל:

$$V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q} = \frac{\frac{K \cdot Q \cdot q}{r_A}}{q} = \frac{K \cdot Q}{r_A}$$

לדוגמה: נחשב את הפוטנציאל הנוצר בנקודה C הנמצאת במרחק 30 ס"מ מגוף נקודתי שמטענו 2 ננו קולון.

$$V = \frac{K \cdot Q}{R} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-9}}{0.3} = 60V$$

1. בהתאם לפיתוח ביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי הביטוי מתאים רק למקרה שבו הפוטנציאל באינסוף שווה לאפס.
2. יש משמעות לפוטנציאל שלילי, בביטוי הפוטנציאל יש להתייחס לסימן המטען היוצר את השדה.

ביטוי זה מתאר את גודל הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי או כדור טעון. הביטוי לא מתאים לחישוב הפוטנציאל החשמלי בסביבת לוח טעון.

Cube-37

עבודת הכוח

החיצוני

בתנועת מטען
הנע במהירות
קבועה.

במקרה מיוחד שבו כוח חיצוני מניע מטען בין שתי נקודות והאנרגיה הקינטית של המטען בנקודת תחילת התנועה, במקרה כזה עבודת הכוח החיצוני תלויה ביחס ישר בהפרש הפוטנציאלים שבין נקודת סיום התנועה לנקודת תחילת התנועה, וביחס ישר בגודל המטען המונע.

$$W_{B \rightarrow A} = (V_A - V_B) \cdot q$$

עבודת
כוח חיצוני

ניתן לפתח את ביטוי עבודת הכוח החיצוני במקרה זה בעזרת הגדרת הפוטנציאל. באיור הבא מתואר מטען Q ושתי נקודות סמוכות A ו-B.



עבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת מטען במהירות קבועה מנקודה B לנקודה A שווה לעבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת מטען במהירות קבועה מהאינסוף לנקודה A פחות עבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת המטען במהירות קבועה מהאינסוף לנקודה B כפי שמתואר במשוואה הבאה:

$$W_{B \rightarrow A} = W_{\infty \rightarrow A} - W_{\infty \rightarrow B}$$

נבטא בעזרת הגדרת הפוטנציאל את עבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת המטען מהאינסוף לנקודה A ואת עבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת המטען מהאינסוף לנקודה B.

$$W_{B \rightarrow A} = V_A \cdot q - V_B \cdot q$$

נוציא גורם משותף את q ונקבל את ביטוי עבודת הכוח החיצוני, במקרה זה.

$$W_{B \rightarrow A} = (V_A - V_B) \cdot q$$

דוגמה: נתון מטען Q חיובי המקובע במקומו ושתי נקודות סמוכות D ו-E, מטען q נע בהשפעת כוח חיצוני מנקודה D לנקודה E במהירות קבועה. (הכוח החיצוני משתנה בגודלו, ושווה לכוח החשמלי, כך שהאנרגיה הקינטית לא משתנה) המטען q הוא מטען חיובי, גודלו 2 קולון.



הפוטנציאל בנקודה D שווה 8 וולט והפוטנציאל בנקודה E שווה 5 וולט. נחשב את עבודת הכוח החיצוני, בעזרת ביטוי עבודת הכוח החיצוני:

$$W_{D \rightarrow E} = (V_E - V_D) \cdot q = (5 - 8) \cdot 2 = -6 \text{ J}$$

1. ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני גם אם בזמן התנועה המהירות משתנה, כל עוד המהירות ההתחלתית שווה למהירות הסופית.

2. סימן עבודת הכוח החיצוני יכול שלילי. ניתן לבחון את סימן העבודה בעזרת הגדרת העבודה במכניקה. $W = |F| \cdot |\Delta X| \cdot \cos(\alpha)$

מכיוון שהגדרת הפוטנציאל מתייחסת למקרה שבו הכוח החיצוני מניע את המטען במהירות קבועה, ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני רק כאשר המטען נע מנקודה לנקודה מבלי לשנות את האנרגיה הקינטית שלו.

Cube-37

עבודת הכוח
החשמלי
בתנועת מטען
בין שתי נקודות.

בכל מקרה שבו כוח חשמלי מבצע עבודה בהנעת מטען מנקודה לנקודה, עבודת הכוח החשמלי תלויה ביחס ישר בהפרש הפוטנציאלים שבין נקודת תחילת התנועה לנקודת סיום התנועה, וביחס ישר בגודל המטען המונע:

$$W_{B \rightarrow A} = (V_B - V_A) \cdot q$$

עבודת הכוח החשמלי

ניתן לפתח את ביטוי עבודת הכוח החיצוני ממקרה של תנועה במהירות קבועה בהשפעת כוח חיצוני. ממשפט עבודה אנרגיה ניתן לראות שבמקרה זה כיוון שאין שינוי באנרגיה הקינטית עבודת הכוח החשמלי שווה למינוס עבודת הכוח החיצוני.

$$W = \Delta E_K$$

$$W_{B \rightarrow A}^{\text{חיצוני}} + W_{B \rightarrow A}^{\text{חשמלי}} = \Delta E_K$$

$$W_{B \rightarrow A}^{\text{חיצוני}} + W_{B \rightarrow A}^{\text{חשמלי}} = 0$$

$$W_{B \rightarrow A}^{\text{חשמלי}} = - (W_{B \rightarrow A}^{\text{חיצוני}})$$

בהתאם לביטוי עבודת הכוח החיצוני ניתן לכתוב למקרה זה ביטוי לעבודת הכוח החשמלי:

$$W_{B \rightarrow A}^{\text{חשמלי}} = (V_B - V_A) \cdot q$$

בכל נקודה בה נמצא המטען q פועל על המטען כוח חשמלי מתאים, ללא תלות בסוג התנועה ובכוחות האחרים הפועלים עליו. לכן ביטוי זה של עבודת הכוח החשמלי מתאים לכל סוג תנועה.

דוגמה: נתון מטען Q המקובע במקומו ושתי נקודות סמוכות D ו-E, מטען q נע בהשפעת כוח חשמלי מנקודה D לנקודה E בתאוצה משתנה. המטען q הוא מטען חיובי, גודלו 2 קולון.



הפוטנציאל בנקודה D שווה 8 וולט והפוטנציאל בנקודה E שווה 5 וולט. נחשב את עבודת הכוח החשמלי, בעזרת ביטוי עבודת הכוח החשמלי:

$$W_{D \rightarrow E} = (V_D - V_E) \cdot q = (8 - 5) \cdot 2 = 6J$$

בדפי הנוסחאות לא קיים ביטוי לעבודת הכוח החשמלי קיימים שני ביטויים מהם ניתן ללמוד על עבודת הכוח החשמלי:

פוטנציאל נקודה A ביחס לפוטנציאל נקודה B
(מתח חשמלי)

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

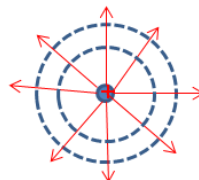
עבודת הכוח החשמלי

$$W_{A \rightarrow B} = V_{AB} It = q V_{AB}$$

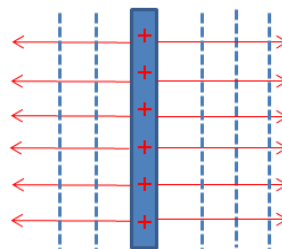
בניגוד לעבודת הכוח החיצוני, ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החשמלי בכל מקרה, גם כאשר הגוף לא נע במהירות קבועה.

משטח שווי פוטנציאל הוא אוסף נקודות בעלי פוטנציאל זהה.

דוגמה: מטען נקודתי יוצר בסביבתו שדה רדיאלי, משטחים שווי פוטנציאל בשדה הרדיאלי הם משטחים כדוריים. באיור הבא מתוארים קווי השדה באדום ומשטחים שווי הפוטנציאל בקווים כחולים מקווקוים.



דוגמה נוספת: לוח טעון יוצר בסביבתו שדה אחיד, משטחים שווי פוטנציאל בשדה אחיד הם משטחים מישוריים. באיור הבא מתוארים קווי השדה באדום ומשטחים שווי הפוטנציאל בקווים כחולים מקווקוים.



1. באיור המתאר את המשטחים שווי הפוטנציאל מתואר חתך של המשטח. או קו שווה פוטנציאל.
2. בכל סוג שדה משטחים שווי הפוטנציאל ניצבים לקווי השדה.
3. כאשר כוח חשמלי מניע מטען מנקודה הנמצאת על משטח שווי פוטנציאל לנקודה אחרת הנמצאת על אותו משטח שווי פוטנציאל, מביטוי עבודת הכוח החשמלי כיוון שערך הפרש הפוטנציאלים בביטוי שווה לאפס (ללא כל תלות בצורת מסלול תנועת המטען), עבודת הכוח החשמלי שווה לאפס.
4. בשאלות הבגרות משטחים שווי פוטנציאל מתוארים לעיתים בעזרת קווים מקווקוים ולעיתים בקווים רציפים.
5. בדרך כלל בסמוך לכל משטח שווי הפוטנציאל מופיע ערך הפוטנציאל של כל נקודה במשטח.

משטחים שווי פוטנציאל הם תיאורים איכותי בלבד, לא ניתן להגיע מהתרשים למסקנות כמותיות (לא נכון למדוד את המרחק בין הקווים בעזרת סרגל).

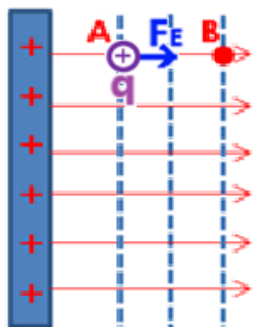
Cube-37

הקשר שבין
עוצמת שדה
אחיד והפרש
פוטנציאלים.

בשדה אחיד הפוטנציאל קטן בערך קבוע לאורך כל מטר במורד השדה, ערך זה שווה לעוצמת השדה החשמלי. הקשר שבין עוצמת השדה האחיד והפרש הפוטנציאלים נתון בביטוי השדה האחיד:

$$E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$$

ניתן לפתח את ביטוי השדה האחיד מהשוואה בין ביטוי העבודה במכניקה לביטוי העבודה מעקרונות האלקטרוסטטיקה. נתייחס למטען הנע מנקודה A לנקודה B בשדה אחיד, הכוח הפועל על המטען הוא כוח קבוע בגודלו ובכיוונו.



$$W_{A \rightarrow B} = F \cdot (X_B - X_A) = E \cdot q \cdot (X_B - X_A)$$

$$W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$$

$$E \cdot q \cdot (X_B - X_A) = (V_A - V_B) \cdot q$$

$$E = \frac{(V_A - V_B)}{(X_B - X_A)} = - \frac{(V_B - V_A)}{(X_B - X_A)} = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$$

דוגמה: נתון שדה אחיד שגודלו 20 ניוטון לקולון, נחשב בעזרת ביטוי השדה האחיד את גודל השינוי בפוטנציאל לאורך שני מטרים במורד השדה:

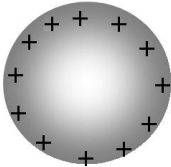
$$E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$$

$$\Delta V = -E \cdot \Delta X = -20 \cdot 2 = -40V$$

עוצמת השדה 20 ניוטון לקולון, לאורך מטר במורד השדה הפוטנציאל קטן ב 20 וולט, לאורך שני מטרים במורד השדה הפוטנציאל קטן ב 40 וולט.

- מביטוי השדה האחיד ניתן לראות שהיחידות של השדה הן גם וולט למטר (יחידות אלו זהות ליחידות ניוטון לקולון). המשמעות של יחידות אלו הן בכמה וולט קטן הפוטנציאל החשמלי בכל מטר במורד השדה החשמלי.
- מביטוי זה של השדה ניתן לדעת את גודל ואת כיוון השדה החשמלי, ניתן להשתמש בביטוי רק לחישוב גודל השדה החשמלי. גודל השדה שווה ליחס שבין גודל הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות לבין המרחק בין הנקודות. את כיוון השדה ניתן למצוא בהתאם לשינוי בפוטנציאל, במורד השדה הפוטנציאל קטן.

ביטוי זה של השדה מתאים רק לשדה חשמלי אחיד (הנוצר מלוח טעון). הביטוי לא מתאים לשדה חשמלי רדיאלי (הנוצר ממטען נקודתי).

בקליפה כדורית מוליכה המטען העודף מרוכז על פני הקליפה בפיזור אחיד.  כאשר קליפה כדורית מוליכה נטענת המטענים העודפים נדחים זה מזה ומרוכזים על פני הקליפה (האוויר הוא מבודד, לכן המטענים העודפים לא יוצאים מהכדור לאוויר, הם מרוכזים על פני הקליפה). מיקום המטען העודף משתנה עד למצב שבו שקול הכוחות החשמליים הפועל על כל אחד מהם שווה לאפס. במצב זה פיזור המטען על פני הכדור הוא אחיד. 1. המטען העודף מרוכז בצורה אחידה על פני הקליפה גם כאשר הקליפה טעונה במטען חיובי וגם כאשר הקליפה טעונה במטען שלילי. 2. בתנאים מסוימים מטען יכול לדלוף מהכדור לאוויר, בהתאם לתוכנית הלימודים אנחנו מתייחסים לאוויר כאל מבודד מושלם שלא מאפשר דליפת מטען. 3. כיוון שהמטען העודף מרוכז על פני הקליפה, אין הבדל מבחינת עקרונות האלקטרוסטטיקה בין קליפה טעונה לבין כדור מלא ומוליך טעון. עקרונות הקליפה הטעונה מתאימים לקליפה כדורית ומוליכה בלבד, בקליפה לא מוליכה פיזור המטען הוא לא אחיד.	Cube-37 קליפה כדורית טעונה
בכל נקודה בתוך קליפה טעונה עוצמת השדה החשמלי שווה לאפס. ניתן להוכיח מהגדרת השדה החשמלי שעוצמת השדה בתוך קליפה טעונה שווה לאפס. אם נמקם מטען בוחן בנקודה כלשהי בתוך הקליפה הטעונה שקול הכוחות החשמליים שיפעילו כל המטענים העודפים על מטען הבוחן יהיה שווה לאפס. לכן מהגדרת השדה עוצמת השדה בכל נקודה בתוך הקליפה הטעונה יהיה שווה לאפס. דוגמה להמחשה: נתון מטען בוחן q הנמצא בתוך קליפה טעונה בסמוך לתחתית הקליפה, נסמן את המטען העודף באזור שמעל מטען הבוחן בצבע אדום ואת המטען העודף באזור שמתחת למטען הבוחן בירוק. כמוראה באיור הבא:  קיימים מעט מטענים עודפים באזור הירוק הקרוב למטען הבוחן והרבה מטענים עודפים באזור האדום הרחוק ממטען הבוחן. קיים היגיון בכך ששקול הכוחות החשמליים שהמטענים העודפים באזור הירוק מפעילים על מטען הבוחן כלפי מטה, לכן יש היגיון ששקול הכוחות בכל נקודה בתוך הקליפה הטעונה יהיה שווה לאפס. 1. ניתן להוכיח באופן מלא שהשדה בכל נקודה בתוך הכדור שווה לאפס בעזרת חוק גאוס ומתמטיקה הנלמדת באקדמיה. 2. לא ברק בחלל הקליפה השדה הוא אפס, גם בתוך גוף הקליפה השדה הוא אפס. מחוץ לקליפה ועל פני הקליפה השדה שונה מאפס. 3. מטען הבוחן לא קיים במציאות אנחנו משתמשים בו רק כדי ל"הרגיש" את השדה הקיים בנקודה בעזרת הגדרת השדה החשמלי. 4. אם נמקם מטען נוסף בתוך קליפה טעונה, המטען הנוסף ייצור שדה חשמלי בתוך מרחב הקליפה הטעונה. (זה נכון גם לגבי קליפה בתוך קליפה). בכל קליפה כדורית ומוליכה עוצמת השדה היא אפס.	Cube-37 שדה חשמלי בתוך קליפה חשמלית מוליכה וטעונה.

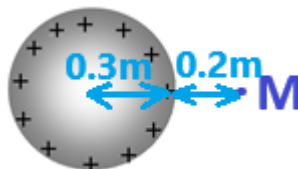
Cube-37

**שדה חשמלי
מחוץ לקליפה
חשמלית
מוליכה וטעונה.**

בכל נקודה מחוץ לקליפה הטעונה עוצמת השדה החשמלי שווה לעוצמת השדה הנוצר ממטען נקודתי הממוקם במרכז הקליפה ומטענו זהה למטען הקליפה. יש לחשב את עוצמת השדה החשמלי בכל נקודה מחוץ לקליפה הטעונה בעזרת ביטוי לעוצמת השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי. המרחק r הוא המרחק שבין הנקודה שבה מחשבים את עוצמת השדה לבין נקודת מרכז הקליפה.

מחוק גאוס צפיפות קווי השדה הנוצרת מהקליפה הטעונה בנקודה A כלשהי הנמצאת מחוץ לקליפה, שווה לצפיפות קווי השדה הנוצרת בנקודה A ממטען נקודתי שמתענו זהה למטען הקליפה והוא ממוקם במרכז הקליפה.

דוגמה: נתונה קליפה כדורית שרדיוסה 30 ס"מ הטעונה במטען חיובי, מטען הקליפה הוא 50 ננו קולון. במרחק 20 ס"מ מפני הקליפה נמצאת הנקודה M נחשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה M:



נתייחס למטען הקליפה כאל מטען נקודתי הממוקם בנקודת מרכז הקליפה. ונחשב את עוצמת השדה החשמלי בעזרת ביטוי השדה בסביבת מטען נקודתי:

$$E_M = \frac{K \cdot Q}{r_M^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{(0.3 + 0.2)^2} = \frac{450}{0.5^2} = 1800 \frac{N}{C}$$

1. כדי לחשב את עוצמת השדה החשמלי על פני הקליפה יש להשתמש בביטוי השדה החשמלי עם מרחק r השווה לרדיוס הקליפה.
2. הביטוי עוסק בעוצמת השדה ולא בכיוונו.
3. מהגדרת השדה החשמלי, כיוון השדה החשמלי בכל נקודה מחוץ לקליפה שווה לכיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען בוחן הממוקם בנקודה. כאשר מטע הקליפה הוא שלילי, בחישוב עוצמת השדה יש להתייחס לערך המוחלט של מטען הקליפה.

ניתן להשתמש בביטוי לחישוב עוצמת השדה רק לנקודה הנמצאת מחוץ לקליפה מוליכה טעונה. (בתוך הקליפה הטעונה עוצמת השדה היא אפס).

Cube-37

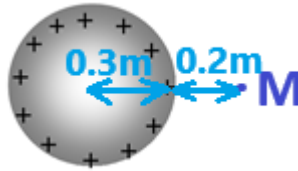
**פוטנציאל
חשמלי
מחוץ לקליפה
חשמלית
מוליכה וטעונה.**

בכל נקודה מחוץ לקליפה הטעונה קיים פוטנציאל חשמלי השווה לפוטנציאל הנוצר בנקודה ממטען נקודתי הממוקם במרכז הקליפה ומטענו זהה למטען הקליפה.

יש לחשב את הפוטנציאל החשמלי בכל נקודה מחוץ לקליפה הטעונה בעזרת ביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, המרחק r בביטוי הפוטנציאל הוא המרחק שבין הנקודה שבה מחשבים את הפוטנציאל לבין נקודת מרכז הקליפה.

כפי שראינו קודם, השדה החשמלי הנוצר במקרה של קליפה טעונה זהה לשדה הנוצר באותה הנקודה במקרה שכל מטען הקליפה מרוכז במרכזה. מהגדרת השדה החשמלי הכוח החשמלי הפועל על מטען בוחן בנקודה יהיה זהה בשני המקרים. בהתאם גם העבודה המבוצעת כדי להניע מטען מהאינסוף לנקודה תהיה זהה בשני המקרים. לכן, מהגדרת הפוטנציאל בשני המקרים הפוטנציאל בנקודה יהיה זהה.

דוגמה: נתונה קליפה כדורית שרדיוסה 30 ס"מ הטעונה במטען חיובי, מטען הקליפה הוא 50 ננו קולון. במרחק 20 ס"מ מפני הקליפה נמצאת הנקודה M נחשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה M:



נתייחס למטען הקליפה כאל מטען נקודתי הממוקם בנקודת מרכז הקליפה. ונחשב את הפוטנציאל בנקודה M בעזרת ביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי:

$$V_M = \frac{K \cdot Q}{r_M} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{(0.3 + 0.2)} = \frac{450}{0.5} = 900V$$

ההתייחסות לפוטנציאל ולשדה החשמלי מחוץ לקליפה הטעונה הוא זהה, בשני המקרים אנחנו מתייחסים למטען הקליפה כאל מטען נקודתי הממוקם בנקודת מרכז הקליפה.

ניתן להשתמש בביטוי הפוטנציאל רק לחישוב הפוטנציאל מחוץ לקליפה הטעונה, לא לחישוב הפוטנציאל בתוך הקליפה.

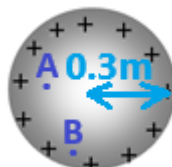
Cube-37

פוטנציאל
חשמלי
בתוך קליפה
חשמלית
מוליכה וטעונה.

בכל נקודה בתוך קליפה טעונה קיים פוטנציאל זהה ושווה לפוטנציאל על פני הקליפה.

בתוך קליפה טעונה עוצמת השדה החשמלי היא אפס. לא נדרשת עבודת כוח חיצוני להנעת מטען בתוך הקליפה. לכן העבודה הדרושה כדי להניע מטען מהאינסוף לנקודה הנמצאת בתוך הקליפה שווה לעבודה הדרושה כדי להניע מטען מהאינסוף לכל נקודה בתוך הקליפה הטעונה, מהגדרת הפוטנציאל, הפוטנציאל על פני הקליפה שווה לפוטנציאל בכל נקודה בתוך הקליפה. הנוצר בנקודה ממטען נקודתי הממוקם במרכז הקליפה ומטענו זהה למטען הקליפה.

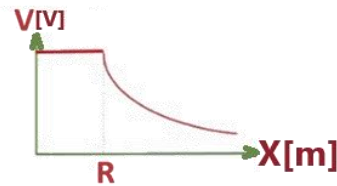
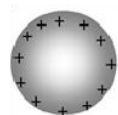
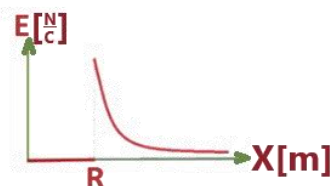
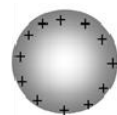
דוגמה: נתונה קליפה כדורית שרדיוסה 30 ס"מ הטעונה במטען חיובי, מטען הקליפה הוא 50 ננו קולון. בתוך הקליפה נמצאות שתי נקודות A ו-B כמתואר באיור הבא, נחשב את הפוטנציאל החשמלי בכל אחת משתי הנקודות:



שתי הנקודות נמצאות בתוך הקליפה, לכן הפוטנציאל בשתי הנקודות הוא זהה ושווה לפוטנציאל על פני הקליפה. נשתמש בביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, נתייחס למטען הקליפה כאל מטען נקודתי הממוקם בנקודת מרכז הקליפה, ונחשב את הפוטנציאל על פני הקליפה.

$$V_A = V_B = \frac{K \cdot Q}{r} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-9}}{0.3} = \frac{450}{0.3} = 1500V$$

הפוטנציאל על פני הקליפה זהה לפוטנציאל בכל נקודה בתוך מרחב הקליפה וגם בגוף הקליפה. לעומת זאת השדה החשמלי על פני הקליפה שונה מהשדה בתוך הקליפה. באיור הבא מתואר השדה והפוטנציאל בתוך ומחוץ לקליפה הטעונה בעזרת גרף הפוטנציאל וגרף השדה כתלות במקום.



הפוטנציאל בכל נקודה בתוך הקליפה הוא זהה רק כאשר הקליפה היא כדורית ורק כאשר פיזור המטען הוא אחיד כך שעוצמת השדה בתוך הקליפה שווה לאפס.

Cube-37

חיבור קליפות
מוליכות טעונות

חיבור מוליך בין קליפות מוליכות טעונות (או כדורים מוליכים טעונים) מאפשר לאלקטרונים לנוע דרכו, מקליפה לקליפה.

בהינתן רדיוסי הקליפות ומטענם לפני חיבור המוליך, ניתן לחשב את מטעני הקליפות זמן רב לאחר חיבור המוליך בעזרת שתי העובדות הבאות:
1. חוק שימור מטען – סכום מטעני הקליפות לפני חיבור המוליך שווה לסכום מטעני הקליפות זמן רב לאחר חיבור המוליך.
מטען לא נוצר ולא נכחד הוא רק עובר מגוף לגוף. אנחנו מניחים שמטענים לא דולפים מהקליפות לאוויר לכן סכום המטענים בקליפות לא משתנה.

2. מטען ינוע מקליפה לקליפה דרך המוליך עד שלא יהיה הפרש פוטנציאלים בין הדקי המוליך- זמן רב לאחר חיבור המוליך לשני הקליפות יהיה פוטנציאל זהה.

מבטיי עבודת הכוח החשמלי ניתן לומר שהפרש הפוטנציאלים הוא הסיבה לתנועת מטען. כאשר מחברים מוליך בין קליפות טעונות, כל עוד קיים הפרש פוטנציאלים בין הדקי המוליך המחובר בין הקליפות אלקטרונים ינועו דרך המוליך מקליפה לקליפה. תנועת האלקטרונים תפסק רק כאשר לא יהיה הפרש פוטנציאלים בין הדקי המוליך, זה יקרה רק כאשר הפוטנציאלים של הקליפות הטעונות יהיה זהה.
מشتי עובדות אלו מתקבלות שתי משוואות בשני נעלמים, מהן ניתן לחשב את מטעני הקליפות זמן רב לאחר חיבורם.

לדוגמה: נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים שונים, רדיוס כדור 1 הוא 60 ס"מ ורדיוס כדור 2 הוא 30 ס"מ. שני הכדורים טעונים במטען חיובי זהה שגודלו 10 ננו קולון. מחברים מוליך דק וארוך בין הכדורים במשך זמן רב. כמראה באיור הבא:



נחשב את מטען הכדורים זמן רב לאחר חיבורם.

נסמן את מטען הכדורים לפני חיבור המוליך ב- Q_1 ו- Q_2 , ואת מטען הכדורים זמן רב לאחר חיבור המוליך ב- Q_1' ו- Q_2' .

מחוק שימור המטען: סכום מטעני הכדורים לפני החיבור שווה לסכום מטען הכדורים אחרי החיבור. ומתקיים: $Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$

סכום מטעני הכדורים לפני חיבורם הוא 20 ננו קולון, $20 \cdot 10^{-9} = Q_1' + Q_2'$ וזו המטען היא:

זמן רב לאחר חיבור הכדורים הפוטנציאל החשמלי של שני הכדורים יהיה זהה. בהתאם ניתן לכתוב משוואת מטענים נוספת.

$$V_1' = V_2' \Rightarrow \frac{K \cdot Q_1'}{r_1} = \frac{K \cdot Q_2'}{r_2} \Rightarrow \frac{Q_2'}{Q_1'} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow Q_1' = 2 \cdot Q_2'$$

התקבלו שתי משוואות מטענים עם שני נעלמים, מפתרון המשוואות מטעני הכדורים לאחר החיבור הם: $Q_1' = 13.33 \text{ nC}$ $Q_2' = 6.66 \text{ nC}$

1. רק אלקטרונים יכולים לנוע במוליך, הפרוטונים מקובעים בגרעין. בדוגמה המתוארת מטען שלילי נע מכדור 1 לכדור 2.

2. כמות המטען שנעה מקליפה לקליפה שווה לערך המוחלט של שינוי המטען בכל אחת מהקליפות.

3. אם נחבר מוליך בין קליפות הטעונות במטען זהה בעלות רדיוסים שונים אלקטרונים ינועו מקליפה לקליפה עד שפוטנציאל הקליפות יהיה זהה.

4. זמן רב לאחר חיבור המוליך מטען הקליפות יהיה זהה בסימנו.

ניתן להשתמש בשתי משוואות המטענים רק אם הכדורים רחוקים (לא מקטבים אחד את השני) והמוליך הוא דק (לא מהווה גוף נוסף מלבד הקליפות).

Cube-38

אנרגיה
פוטנציאלית
חשמלית

עבודת הכוח החשמלי לא תלויה במסלול לאורכו פועל הכוח החשמלי, לכן הכוח החשמלי הוא כוח משמר (בדומה לכוח הכבידה).
לכוח החשמלי מותאמת אנרגיה פוטנציאלית חשמלית. ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית:

$$U = V \cdot q$$

ניתן לקבל את ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית מביטוי עבודת הכוח חשמלי.

כאשר מבוצעת עבודה של כוח משמר האנרגיה הפוטנציאלית של אותו כוח קטנה, (לדוגמה: כאשר כוח הכובד מבצע עבודה האנרגיה הפוטנציאלית כובדית קטנה). ומתקיים שעבודת הכוח המשמר שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית חשמלית.

נתייחס למטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי מנקודה A לנקודה B, נשווה בין עבודת הכוח החשמלי למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של הכוח החשמלי.

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= -\Delta U \\ (V_A - V_B) \cdot q &= -\Delta U \\ V_A \cdot q - V_B \cdot q &= -(U_B - U_A) \end{aligned}$$

$$V_A \cdot q - V_B \cdot q = U_A - U_B$$

מהביטוי המתקבל ניתן לקבוע שהאנרגיה הפוטנציאלית חשמלית של מטען q הממוקם בנקודה A שווה לפוטנציאל בנקודה A כפול ערך המטען q. זה נכון גם לגבי האנרגיה הפוטנציאלית של המטען כאשר הוא ממוקם בנקודה B ובכל נקודה אחרת.

1. האנרגיה של מטען הממוקם בנקודה מסוימת שווה למכפלת גודל הפוטנציאל בנקודה (תכונה של הנקודה) במטען הנמצא בנקודה (תכונה של הגוף). בדומה לאנרגיה פוטנציאלית כובדית המוגדרת כמכפלה של הגובה h (תכונה של הנקודה) ב mg (תכונה של הגוף-משקלו).
2. כמו במכניקה גם בחשמל אנחנו מגדירים את האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית כדי להשתמש בה בשיקולי אנרגיה, שימור אנרגיה וביטוי עבודת הכוח הלא משמר.
3. האנרגיה הפוטנציאלית מתארת את יכולת הכוח החשמלי לעשות עבודה בהנעת המטען מהנקודה למקום בו הפוטנציאל שווה לאפס.
4. באנרגיה פוטנציאלית כובדית הגדרנו מישור ייחוס, מקום שבו האנרגיה הפוטנציאלית כובדית שווה לאפס. באלקטרוסטטיקה נוח לבחור את האינסוף כמקום שבו הפוטנציאל הוא אפס בהתאם גם האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית באינסוף שווה לאפס.

דוגמה: נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית של מטען q שגודלו 4 קולון הנמצא בנקודה M בה הפוטנציאל הוא 3 וולט.

$$U_M = V_M \cdot q = 3 \cdot 4 = 12 \text{ J}$$

המשמעות היא שלכוח החשמלי יש יכולת ביצוע עבודה של 12 ג'אול בהנעת המטען q מהנקודה M לאינסוף

ניתן להשתמש בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית בכל מקרה בו פועל כוח חשמלי בשדה ריאלי ובשדה אחיד. גם כאשר פועלים כוחות נוספים משמרים או לא משמרים.

Cube-38

שימור אנרגיה
מכנית

במקרה מיוחד שבו רק הכוח החשמלי מבצע עבודה, האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת. סכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית חשמלית בנקודה כלשהיא במסלול תנועת המטען A שווה לסכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית חשמלית בכל נקודה אחרת B. ומתקיים:

$$U_A + E_{KA} = U_B + E_{KB}$$

ניתן להגיע למשוואת שימור האנרגיה המכנית ממשפט עבודה אנרגיה כאשר הכוח היחיד המבצע עבודה הוא הכוח החשמלי. נתייחס למטען הנע מנקודה A לנקודה B ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. נכתוב את משוואת שימור האנרגיה ממשפט העבודה אנרגיה כאשר הכוח היחיד העושה עבודה הוא הכוח החשמלי.

$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_K$$

$$(V_A - V_B) \cdot q = E_{KB} - E_{KA}$$

$$V_A \cdot q + E_{KA} = V_B \cdot q + E_{KB}$$

$$U_A + E_{KA} = U_B + E_{KB}$$

1. ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה לתנועת מטען בכל סוג של שדה חשמלי.
2. משוואת שימור האנרגיה באלקטרוסטטיקה מקשרת בין הפוטנציאל למהירות, כשם שבמכניקה המשוואה מקשרת בין גובה למהירות.
3. כיוון שלמהירות ולפוטנציאל יש סימון זהה, חשוב להבחין ביניהם. מומלץ להשתמש בסימונים שונים למשל V למהירות ו V לפוטנציאל.
4. במקרים בהם בנוסף לעבודת הכוח החשמלי גם כוח הכובד או כוח הקפיץ עושים עבודה יש לכתוב במשוואת שימור האנרגיה את סכום האנרגיות הפוטנציאליות של הכוחות המשמרים העושים עבודה.

דוגמה: בסמוך לכדור הטעון במטען שלילי ממוקמות שתי נקודות סמוכות M ו-N. הפוטנציאל בנקודה M הוא מינוס 100 וולט, ובנקודה N הפוטנציאל הוא מינוס 60 וולט. משחררים גוף שמסתו m היא 4 ק"ג הטעון במטען q מינוס 2 קולון ממנוחה מהנקודה M, כמוראה באיור הבא:



נחשב את מהירות הגוף הטעון כאשר חולף בנקודה N. רק כוח חשמלי מבצע עבודה, לכן האנרגיה המכנית נשמרת. נבטא את מהירות המטען ממשוואת שימור האנרגיה המכנית:

$$\cancel{E_{KM}} + U_M = E_{KN} + U_N \Rightarrow v_N = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot (V_M - V_N)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (-2) \cdot (-100 - (-60))}{4}} = \sqrt{40} = 6.32 \frac{m}{s}$$

$$V_M \cdot q = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_N^2 + V_N \cdot q$$

ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה רק כאשר הכוחות היחידים העושים עבודה הם כוחות משמרים (כוח חשמלי, כוח כבידה או כוח הקפיץ)

פרקטיקות 1 אלקטרוסטטיקה - חוק קולון והשדה החשמלי

נושאי התרגול:

א - המטען החשמלי.

ב – חוק קולון.

ג – השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי.

ד- השדה החשמלי בסביבת לוח טעון.

ה- השדה החשמלי בסביבת כדור מוליך טעון.

א - המטען החשמלי.

קישור לפיתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://modelle.youcube.co.il/model/book/view.php?id=4646	1. מטען הוא תכונה סקלארית של גוף הנמדד ביחידות של קולון. ערך המטען יכול להיות חיובי או שלילי. 2. אחד קולון הוא מטען של $6.24 \cdot 10^{18}$ פרוטונים. 3. כאשר מספר האלקטרונים והפרוטונים בגוף הוא זהה, הגוף מוגדר כניטרלי, מטען הגוף שווה לאפס, הגוף לא טעון.	$Q = -3.2 \cdot 10^{-19} \text{C}$	ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	1.1- מוסיפים לכדור הניטרלי שני אלקטרונים. חשב את מטען הכדור Q לאחר הוספת שני האלקטרונים.	1- נתון כדור מתכת קטן וניטרלי שרדיוסו 5 מילימטר. 
https://modelle.youcube.co.il/model/book/view.php?id=4646&chapterid=11061	4. גוף טעון הוא גוף בעל עודף או חוסר באלקטרונים, יחסית למצב הניטרלי. כתוצאה מהוספת אלקטרונים לגוף ניטרלי, מספר האלקטרונים בגוף גדול ממספר הפרוטונים, מטען הכדור יהיה שלילי.	$Q = 4.8 \cdot 10^{-19} \text{C}$	הקשר בין מספר האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e וסך כל המטען Q (ביחידות קולון) הוא: $Q = N \cdot q_e$	1.2- גורעים מהכדור הניטרלי שלושה אלקטרונים. חשב את מטען הכדור Q לאחר שנגרעו ממנו שלושה אלקטרונים.	
https://modelle.youcube.co.il/model/book/view.php?id=4646&chapterid=11062	כתוצאה מגריעת אלקטרונים מהגוף ניטרלי, מספר הפרוטונים בגוף יהיה גדול ממספר האלקטרונים, לכן מטען הכדור יהיה חיובי. 5. לא ניתן להוסיף או לגרוע פרוטונים מהגוף, מכיוון שהפרוטונים נמצאים בתוך גרעין האטום. לכן, ניתן רק להוסיף או לגרוע אלקטרונים. 6. לא ניתן לגרוע או להוסיף חצי אלקטרון. יש לגרוע או להוסיף רק מספר שלם של אלקטרונים.	$Q = 4.8 \cdot 10^{-10} \text{C}$		1.3- גורעים מהכדור הניטרלי שלושה מיליארד אלקטרונים. חשב את מטען הכדור Q לאחר שנגרעו ממנו האלקטרונים.	

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפיתרון
2- נתון כדור מתכת גדול וניטרלי שרדיוסו 20 סנטימטרים.	2.1- מוסיפים לכדור הניטרלי שני אלקטרונים. חשב את מטען הכדור Q לאחר הוספת שני האלקטרונים.	$Q = -3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	1. מספר האלקטרונים בכדור הגדול, הוא גדול יותר ממספר האלקטרונים בכדור הקטן (סעיף 1.1) מספר האלקטרונים העודפים בכדור הגדול, זהה למספר האלקטרונים העודפים בכדור הקטן. לכן, מטען הכדור הגדול זהה למטען הכדור הקטן.	https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11063
2.2- חשב את מספר האלקטרונים N שיש לגרוע ממטבע ניטרלי כדי שמטען המטבע יהיה 1 קולון.	הקשר בין מספר האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e וסך כל המטען Q (ביחידות קולון) הוא: $Q = N \cdot q_e$	$N = 6.25 \cdot 10^{18}$	(אם ברכבת חסר רק אלקטרון אחד ובגרגר חול חסרים שני אלקטרונים. המטען החשמלי של הגרגר יהיה גדול מהמטען החשמלי של הרכבת).	https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11064

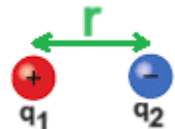


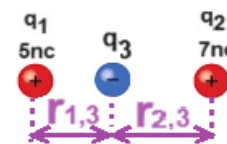
קישור לפיתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11065	1. המשמעות של מיקרו קולון (μC) הוא מיליונית הקולון, 10^{-6}C	$Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$	ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$	3.1- חשב את גודל המטען Q שעבר בין הכדורים.	3- נתונים שני כדורי מתכת זהים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11067	2. הפרוטונים העודפים בכדור הימני לא יכולים לנוע דרך המוליך לכדור השמאלי. (הם מקובעים בגרעין האטום). רק האלקטרונים יכולים לנוע, הם נעים בכיוון הפוך, מהכדור השמאלי לימני.	כיוון תנועת האלקטרונים במוליך הוא ימינה, מהכדור השמאלי לכדור הימני.	הקשר בין מספר האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e . וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$	3.2- מה כיוון תנועת האלקטרונים במוליך? ימינה או שמאלה?	הכדור הימני טעון במטען חיובי שגודלו 4 מיקרו קולון והכדור השמאלי הוא ניטרלי (לא טעון).
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11066	תנועת האלקטרונים מהכדור השמאלי לימני גורמת לכדור השמאלי להיטען במטען חיובי הולך וגדל, והמטען החיובי בכדור הימני קטן. (תנועת מטען שלילי מהכדור השמאלי לימני שקולה לתנועת מטען חיובי מהכדור הימני לשמאלי).	$N = 1.25 \cdot 10^{13}$		3.3- חשב את מספר האלקטרונים N שעבר בין הכדורים.	מחברים מוליך בין הכדורים, כמראה באיור הבא:
	3. תנועת האלקטרונים בין הכדורים תלויה בגודל הכדורים. רק כאשר רדיוס הכדורים זהה, המטען מתחלק בשווה.				
	בהמשך לימודי הפיזיקה דנים באופן בו המטען מתחלק בין כדורים בעלי רדיוסים שונים.				זמן רב לאחר חיבור המוליך מחצית מהמטען שהיה בכדור הימני עבר לכדור השמאלי.
	4. מחוק שימור המטען, כל עוד המטען נע רק בין שני הכדורים, סכום המטענים בשני הכדורים הוא קבוע.				

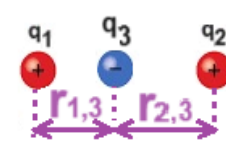
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפיתרון
4- נתונים שני כדורי מתכת בעלי גדלים שונים. הכדור הימני הוא כדור גדול הטעון במטען של $4nC$ והכדור השמאלי הוא כדור קטן וניטרלי. מחברים את שני הכדורים, כמראה באיור הבא:  במקרה זה, בהתאם לגודל הכדורים, זמן רב לאחר חיבור המוליך, רק רבע מהמטען שהיה בכדור הגדול עבר לכדור הקטן.	4.1 – מה כיוון תנועת האלקטרונים במוליך? 4.2 - חשב את מספר האלקטרונים שעבר בין הכדורים במקרה זה.	כיוון תנועת האלקטרונים במוליך הוא שמאלה, מהכדור הימני לשמאלי. $N = 6.25 \cdot 10^9$	1. המשמעות של ננו קולון (nC) הוא מיליארדית הקולון, $10^{-9} C$. 2. בהתאם לנתוני השאלה ניתן לקבוע שהמטען שעבר מהכדור הגדול לכדור הקטן הוא: $1\mu C$ -. בהמשך פרק האלקטרוסטטיקה נכיר את המושג פוטנציאל חשמלי ובעזרתו את הקשר בין גודל הכדורים לחלוקת המטען ביניהם.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11068 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11069

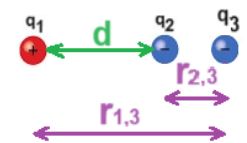
ב – חוק קולון.

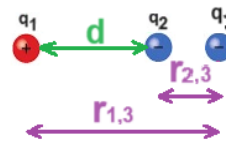
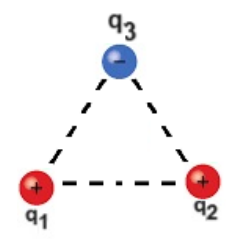
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפיתרון
5- נתונים שני גופים הטעונים במטענים זהים q_1 ו- q_2. ערכי המטענים הם: $q_1 = q_2 = 8nC$ המרחק בין הגופים הטעונים הוא: $r=3m$ באיור הבא מתוארים הגופים הטעונים והמרחק ביניהם: 	5.1- האם בין הגופים הטעונים יפעל כוח משיכה או כוח דחייה? 5.2- חשב את גודל הכוח החשמלי $F_{2,1}$ הכוח שגוף 2 מפעיל על גוף 1. 5.3- חשב את גודל הכוח החשמלי $F_{1,2}$ הכוח שגוף 1 מפעיל על גוף 2. 5.4- מגדילים את המרחק בין הגופים פי 2 (ל-6 מטרים). פי כמה יקטן הכוח החשמלי.	בין הגופים הטעונים יפעל כוח דחייה. $F_{1,2} = 6.4 \cdot 10^{-8} N$ $F_{2,1} = 6.4 \cdot 10^{-8} N$ הכוח החשמלי יקטן פי 4.	1. בין מטענים בעלי סימן זהה - פועל כוח דחייה חשמלי. בין מטענים בעלי סימן שונה - פועל כוח משיכה חשמלי. 2. משוואת חוק קולון היא משוואה סקלרית המשמשת לחישוב גודל הכוח החשמלי הפועל על המטענים בלבד. את כיוון הכוח יש לקבוע בהתאם למיקום המטענים וסימנם. 3. אם הגופים הטעונים אינם נקודתיים (גודלם לא זניח בהשוואה למרחק ביניהם) המרחק r, בחוק קולון, הוא המרחק בין מרכזי הגופים. 4. המבנה המתמטי של חוק קולון זהה למבנה המתמטי של חוק הכבידה האוניברסלי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11072 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11071 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11070 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11076

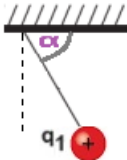
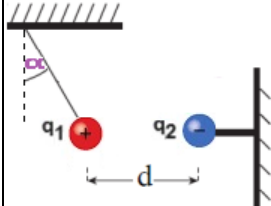
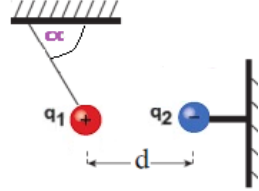
קישור לפיתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11073	1. החוק השלישי של ניוטון מתקיים בין מטענים בעלי סימן זהה וגם בין מטענים בעלי מטען שונה. (החוק השלישי מתקיים בכל פעולת כוח)	$F_{2,1} = 6.4 \cdot 10^{-6} \text{ N}$	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם.	6.1- חשב את גודל הכוח החשמלי $F_{2,1}$ הכוח שגוף 2 מפעיל על גוף 1.	6 - נתונים שני גופים, הטעונים במטענים שונים בגודלם ובסימונם q_1 ו- q_2 .
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11074	2. יש משוואות בהן אנחנו מתייחסים לערך המוחלט של הסימן כך למשל, בביטוי המרחק בין המטענים במקרה זה, אין משמעות שלילית מתמטית לערך המתקבל בתוך השורש. מומלץ להתייחס בחוק קולון לערכם המוחלט של המטענים.	$F_{1,2} = 6.4 \cdot 10^{-6} \text{ N}$	$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	6.2- חשב את גודל הכוח החשמלי $F_{1,2}$ הכוח שגוף 1 מפעיל על גוף 2.	ערכי המטענים הם: $q_1 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $q_2 = -800 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ המרחק בין הגופים הטעונים הוא: $r=3\text{m}$ באיור הבא מתוארים הגופים הטעונים והמרחק ביניהם r :
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11075		$r = 7.58 \cdot 10^{-3} \text{ m}$		6.3- חשב את המרחק בין הגופים שבו יפעל על הגופים כוח חשמלי של 1 ניוטון.	

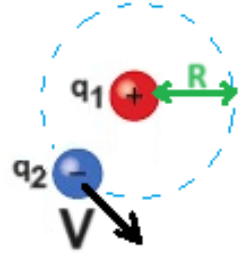
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
7- נתונים שני מטענים חיוביים זהים q_1 ו- q_2, הממוקמים במרחק d זה מזה. נתונים ערכי המטענים והמרחק d: $q_1 = 5nC$ $q_2 = 5nC$ $d = 2m$ מטען נוסף ושילי q_3 ממוקם בדיוק בנקודת האמצע שבין שני המטענים. כמוראה באיור הבא: 	7.1- חשב את גודלו של הכוח החשמלי השקול הפועל על המטען q_3, במצב זה. 7.2- מחליפים את המטען q_2 במטען חדש q_2' שגודלו $7nC$. באיור הבא מתוארים המטענים q_1 ו- q_2' ושלושה אזורים.  באיזה אזור יש למקם את המטען השילי q_3, כך ששקול הכוחות הפועלים עליו יהיה אפס. 7.3- בהמשך לסעיף הקודם, המטען q_3 ממוקם בנקודה בה שקול הכוחות החשמליים הפועלים עליו שווה לאפס. באיור הבא מסומן המרחק בין q_1 ל- q_3 ב- $r_{1,3}$ והמרחק בין q_2 ל- q_3 ב- $r_{2,3}$.  חשב את ערכו של $r_{1,3}$.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11078 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11081 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11080
		תשובה והערות חשובות $\Sigma F = 0N$ 1. שקול הכוחות החשמליים שיפעל על כל מטען, הממוקם באמצע המרחק שבין המטענים האלה, שווה לאפס ניוטון (ללא כל קשר לגודלו או לסימנו של המטען). 2. אם המטענים q_1 ו- q_2 היו שונים בגודלם, הנקודה בה שקול הכוחות החשמליים שווה לאפס לא הייתה נקודת האמצע. אזור ב' 1. המטען q_2' גדול מהמטען q_1, לכן אם q_3 ימוקם בנקודת האמצע הכוח שיפעיל q_2' יהיה גדול יותר. לכן כדי שהכוחות החשמליים יהיו שווים בגודלם יש למקם את q_3 בנקודה הקרובה יותר ל- q_1. 2. יש למקם את המטען q_3 באזור ב' על נקודה הנמצאת על הישר העובר דרך המטענים. 3. אם נמקם את המטען q_3 באזור א' או באזור ג' הכוחות החשמליים יפעלו עליו בכיוונים זהים ולא בכיוונים מנוגדים. לכן, בשני אזורים אלו שקול הכוחות לא יכול להיות אפס. $r_{1,3} = 0.91m$ כדי לחשב את המרחקים $r_{1,3}$ ו- $r_{2,3}$ יש לכתוב שתי משוואות בשני הנעלמים: $F_{1,3} \text{ ו- } F_{2,3}$ משוואה אחת מתקבלת מהשוואת הכוחות החשמליים. משוואה נוספת מתקבלת מהשוואת המרחק d לסכום המרחקים $r_{1,3}$ ו- $r_{2,3}$. לאחר כתיבת שתי המשוואות יש לפתור מערכת משוואות של שתי משוואות בשני נעלמים.	

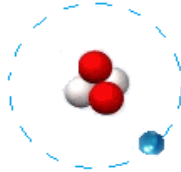
קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11072	$r_{1,3} = \frac{d}{1 + \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}$ 1. מהביטוי ניתן לראות שכאשר המטען q_2 שווה למטען q_1 המרחק $r_{1,3}$ שווה בדיוק ל $0.5d$. (הנקודה בה שקול הכוחות הפועלים על q_3 שווה לאפס היא נקודת האמצע בין q_1 ל q_2). 2. מהביטוי ניתן לראות שכאשר המטען q_2 גדול מהמטען q_1, המרחק $r_{1,3}$ קטן מ $0.5d$. הנקודה בה שקול הכוחות הפועלים על q_3 שווה לאפס היא נקודה קרובה יותר למטען q_1. 3. מהביטוי שקבלנו ניתן לראות שהמטען q_3 אינו משפיע על ערכו של $r_{1,3}$ (לא בגודלו ולא בסימונו). המרחק $r_{1,3}$ תלוי רק בערכי המטענים q_1 ו- q_2 וערכו של d.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	כתבו ביטוי כללי למרחק $r_{1,3}$ כתלות במרחק d (המרחק בין המטענים q_1 ו- q_2) וערכי המטענים q_1 ו- q_2.	7.4- בהמשך לסעיפים הקודמים, נתונים שני מטענים חיוביים q_1 ו- q_2 ומטען q_3 הנמצא בנקודה בה שקול הכוחות החשמליים הפועלים עליו שווה לאפס. 

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
8- נתון מטען חיובי q_1 ומטען שלילי q_2, הממוקמים במרחק d זה מזה.  ערכי המטענים וערך המרחק d הם: $q_1 = 5nC$ $q_2 = -2nC$ $d = 2m$ מטען נוסף ושלילי q_3 ממוקם בנקודה בה שקול הכוחות הפועלים עליו שווה לאפס.	8.1 - באיור הבא מתוארים המטענים ושלושה אזורים.  באיזה אזור יש למקם את המטען השלילי q_3, כך ששקול הכוחות הפועלים עליו יהיה אפס.	חוק קולון: מתאר את גודלו של הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11082 אזור א' 1. שקול הכוחות יכול להיות אפס רק במקום שבו הכוחות החשמליים פועלים בכיוונים מנוגדים. כדי לזהות את האזור שבו שקול הכוחות הפועלים על q_3 יהיה שווה לאפס, יש לערוך תרשים כוחות ל q_3 כאשר הוא נמצא בכל אחד משלושת האזורים. 2. במקרה זה האזור בו יש למקם את q_3 הוא אזור א' מכיוון שגודל המטען q_1 גדול מגודל המטען q_2. אם גודל המטען q_2 היה גדול יותר, האזור בו שקול הכוחות היה אפס הוא אזור ג'.
8.2 - בהמשך לסעיף הקודם, המטען q_3 ממוקם בנקודה בה שקול הכוחות החשמליים הפועלים עליו שווה לאפס. באיור הבא מסומן המרחק בין q_1 ל q_3 ב- $r_{1,3}$ והמרחק בין q_2 ל q_3 ב- $r_{2,3}$.  חשב את ערכו של $r_{1,3}$.		$r_{1,3} = 5.44m$ מהלך הפתרון לשאלה זו דומה למהלך הפתרון בשאלה 7.3. אך, במקרה זה משוואת המרחקים היא מעט שונה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11083

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11084	$r_{1,3} = \frac{d}{1 - \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}}$ 1. מהביטוי ניתן לראות שבכל ערך של המטענים q_1 ו-q_2 המרחק $r_{1,3}$ יהיה גדול מהמרחק d. 2. ההבדל בין ביטוי זה לבין הביטוי בסעיף 7.4 הוא רק בסימן במכנה. שני ביטויים אלה (בסעיף זה ובסעיף 7.4) הם דוגמה ליופי ולא לגנטיות של מידול מתמטי למציאות הפיזיקלית.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	8.3- בהמשך לסעיפים הקודמים, נתונים שני מטענים חיוביים q_1 ו-q_2. ומטען q_3 הנמצא בנקודה בה שקול הכוחות החשמליים הפועלים עליו שווה לאפס. 	
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11077	ביטוי לגודלו של הכוח השקול: $\Sigma F = \frac{K \cdot q_3 \cdot \sin(60) \cdot (q_1 + q_2)}{d^2}$ כיוונו של הכוח השקול הוא כלפי מטה. 1. מהביטוי ניתן לראות שככל שהמטענים גדולים יותר כך הכוח השקול החשמלי הפועל על q_3 יהיה גדול יותר. וככל שהמרחק בין המטענים גדול יותר, כך הכוח החשמלי השקול יהיה קטן יותר. 2. השאלה עוסקת בכוח החשמלי השקול ולא בכוח השקול. כיוון שהמטען q_3 מקובע במקומו שקול הכוחות הפועלים עליו שווה לאפס. אך הכוח החשמלי השקול שונה מאפס.		כתוב ביטוי לגודלו של הכוח השקול הפועל על q_3 וציין את כיוונו.	9. נתון משולש שווה צלעות שאורך כל אחת מצלעותיו הוא d. בקודקודי המשולש ממוקמים שני מטענים חיוביים q_1 ו-q_2 ומטען שלילי q_3 כמוראה באיור הבא: 

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11085	$\tan(\alpha) = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{m \cdot g \cdot d^2}$ 1. מהביטוי ניתן לראות שכלל שהמטענים גדולים יותר כך זווית נטיית החוט תהיה גדולה יותר. מצד שני, ככל שמסת הגוף והמרחק בין המטענים גדולים יותר, כך זווית נטיית החוט קטנה יותר. 2. החוט והמוט האופקי הם מבודדים כדי שמטען לא יזלוג אליהם מהגופים הטעונים. 3. אם הזווית α תוגדר כזווית שבין החוט לתקרה, כמוראה באיור הבא:  יתקבל ביטוי שונה אך הוא יהיה בעל משמעות זהה.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	10.1 - כתוב ביטוי לזווית α כתלות במרחק בין המטענים d ובגודל המטענים q_1 ו- q_2.	10. מטען חיובי q_1 תלוי על חוט המחובר לתקרה. במרחק d מהמטען q_1 ממוקם מטען שלילי q_2 המחובר למוט אופקי, הזווית α מתארת את זווית נטיית החוט ביחס לאנך, כמוראה באיור הבא: 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11086	$\tan(\alpha) = \frac{m \cdot g \cdot d^2}{K \cdot q_1 \cdot q_2}$ ניתן לראות מהביטוי שכלל שמסת הגוף והמרחק בין המטענים גדולים יותר כך זווית נטיית החוט גדולה יותר. מצד שני, ככל שהמטענים גדולים יותר כך זווית נטיית החוט תהיה קטנה יותר.		10.2 - כתוב ביטוי לזווית α, כאשר היא נמצאת בין החוט לתקרה, כמוראה באיור הבא: 	

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
11. נתונים שני גופים, גוף 1 הטעון במטען חיובי וגוף 2 הטעון במטען שלילי. גוף 2 נזרק בסמוך לגוף 1, במהירות שגודלה V. לאחר הזריקה, גוף 2 נע בתנועה מעגלית קצובה ברדיוס שמסלולו R, כמוראה באיור הבא: 	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	דגשים מפרקי המכניקה: 1. כדי שגוף 2 ינוע סביב גוף 1 בתנועה מעגלית קצובה יש לזרוק את גוף 2 בכיוון משיק למסלול. 2. אם מהירות זריקת גוף 2 תהיה קטנה מידי הוא ינוע סביב גוף 1 ויתקרב אליו. אם מהירות זריקת גוף 2 תהיה גדולה מידי ינוע סביב גוף 1 ויתרחק ממנו. רק אם גוף 2 יזרק במהירות המתאימה הוא ינוע סביב גוף 1 בתנועה מעגלית קצובה. 3. גוף 1 מפעיל כוח על גוף 2, כוח זה הוא הכוח הצנטריפטלי. מחוק שלישי של ניוטון גוף 2 מפעיל כוח זהה בגודלו על גוף 1. כדי שגוף 2 ינוע בתנועה מעגלית קצובה, מסתו של גוף 1 צריכה להיות הרבה יותר גדולה ממסת גוף 2, כך שמיקום נקודת מרכז הסיבוב לא ישתנה בצורה ניכרת.	https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11087

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
12. באיור שלפניך מתואר אלקטרון הנע בתנועה מעגלית קצובה סביב גרעין האטום.  גרעין האטום מורכב משני פרוטונים ושני ניוטרונים. רדיוס מסלול תנועת האלקטרון: $R = 140 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ מסת האלקטרון ומטענו: $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ מסת הפרוטון ומטענו: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ מסת הניוטון ומטענו: $m_N = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ $q_N = 0 \text{ C}$	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	1. מהירות האלקטרון היא עצומה (כמעט 2 מיליון מטר לשנייה) ברדיוס מסלול מאוד קטן. תנועה מיוחדת זו של האלקטרונים יוצרת את מעטפת האטום. 2. נתוני החלקיקים האלמנטריים: הפרוטון והניוטון מופיעים בדפי הנוסחאות. 3. בחישוב מהירות האלקטרון יש להתייחס לערך המוחלט של האלקטרון. כך שהערך הקיים בתוך השורש יהיה חיובי ולא שלילי.	https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11088

ג – השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי.

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://modle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11089	$F = 9 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ 1. מטען הבוחן מוגדר כמטען קטן וחיובי (לא קיים מטען בוחן שלילי). 2. אנחנו משתמשים במטען הבוחן כדי להגדיר את השדה החשמלי.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$	13.1 – מניחים מטען בוחן q שגודלו 1nC בנקודה A.  חשב את גודל הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן.	13- נתון מטען נקודתי Q הטעון במטען חיובי שגודלו 4μC. נקודה A נמצאת במרחק של 2m מהמטען Q, מרחק זה מסומן ב r. באיור הבא מתואר המטען Q והנקודה A. 
https://modle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11091	כיוון השדה בנקודה A הוא ימינה. 1. מהגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ כיוון השדה החשמלי הוא ככיוון הכוח הפועל על מטען הבוחן. 2. בסביבת מטען חיובי נקודתי כיוון השדה החשמלי הוא רדיאלי החוצה.	K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	13.2 – מה כיוונו של השדה החשמלי בנקודה A, הנוצר מהמטען Q.	
https://modle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11090	$E = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ 1. יחידות השדה החשמלי (ניוטון לקולון) מתארות את גודל הכוח החשמלי הפועל על יחידת מטען הממוקם בנקודה. במקרה זה בנקודה A יפעל כוח של 9,000 ניוטון על כל 1 קולון מטען שימוקם בנקודה A. אם נמקם בנקודה A מטען שגודלו 2 קולון יפעל עליו כוח של 1,800 ניוטון. 2. גודל השדה החשמלי בנקודה בסביבת מטען נקודתי תלוי בגודל המטען Q היוצר את השדה ובמרחק הנקודה r מהמטען היוצר את השדה.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	13.3 – חשב בעזרת הגדרת השדה את גודלו של השדה החשמלי הנוצר מהמטען Q בנקודה A.	

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	השאלה	העקרונות הפיזיקליים
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11092	$E = 9 \cdot 10^3 \frac{N}{C}$ 1. מביטוי עוצמת השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$ ניתן לראות שעוצמת השדה החשמלי הנוצר בנקודה בסביבת המטען תלויה ביחס ישר בגודל המטען היוצר את השדה. וביחס הפוך בריבוע מרחק הנקודה מהמטען. 2. ניתן להשתמש בהגדרת השדה החשמלי לכל סוג של שדה חשמלי. לעומת זאת, הביטוי לגודל השדה בסביבת מטען נקודתי מתאים רק לחישוב גודל השדה בסביבת מטען נקודתי. מהביטוי לגודל השדה בסביבת מטען נקודתי לא ניתן לדעת את כיוון השדה. הביטוי עוסק רק בגודל השדה החשמלי ולא בכיוונו.	13.4 – חשב בעזרת הביטוי לעוצמת השדה בסביבת מטען נקודתי את גודלו של השדה החשמלי הנוצר מהמטען Q בנקודה A.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$

13- נתון מטען נקודתי Q הטעון במטען חיובי שגודלו $4\mu C$.

נקודה A נמצאת במרחק של 2m מהמטען Q, מרחק זה מסומן ב r.

באיור הבא מתואר המטען Q והנקודה A.



השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
14.1 – מניחים מטען בוחן q שגודלו 1nC בנקודה A.  חשב את גודל הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$	$F = 9 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ ערך הכוח החשמלי המחושב מחוק קולון מתאר רק את גודלו של הכוח החשמלי ללא כל קשר לכיוון הכוח.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11093
14.2 – מה כיוונו של השדה החשמלי הנוצר על ידי המטען Q בנקודה A.	K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	כיוון השדה החשמלי הוא שמאלה. 1. על מטען הבוחן (מטען חיובי) הממוקם בנקודה A יפעל כוח חשמלי בכיוון שמאל, לכן מהגדרת השדה כיוון השדה החשמלי יהיה ככיוון הכוח, שמאלה. 2. בסביבת מטען שלילי נקודתי כיוון השדה החשמלי הוא רדיאלי פנימה.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11094
14.3 – חשב בעזרת הגדרת השדה את גודלו של השדה החשמלי הנוצר על ידי המטען Q בנקודה A.		$E = 9 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ 1. בחישוב גודלו של ווקטור יש להתייחס לערכו המוחלט, ללא כל קשר לכיוונו. 2. במקרים בהם השדה מתואר ביחס לציר מקום, כאשר כיוון השדה הוא ככיוון הציר השדה הוא חיובי, וכאשר כיוון השדה הוא בכיוון השלילי של הציר השדה הוא שלילי.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11095

14- נתון מטען נקודתי Q הטעון במטען שלילי שגודלו $-4\mu\text{C}$.

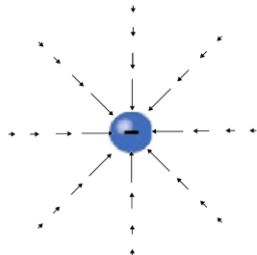
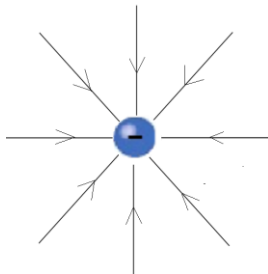
נקודה A נמצאת במרחק של 2m מהמטען Q, מרחק זה מסומן ב r.

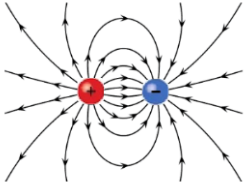
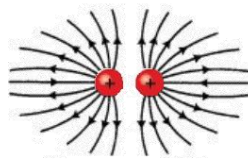
באיור הבא מתואר המטען Q והנקודה A.

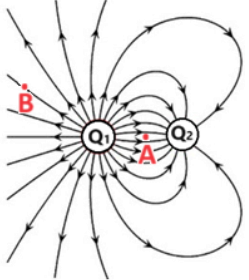


השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
14- נתון מטען נקודתי Q הטעון במטען שלילי שגודלו $-4\mu\text{C}$. נקודה A נמצאת במרחק של 2m מהמטען Q, מרחק זה מסומן ב r. באיור הבא מתואר המטען Q והנקודה A. 	14.4 – חשב בעזרת הביטוי לגודל השדה בסביבת מטען החשמלי הנוצר על ידי המטען Q בנקודה A.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11096

השאלה	התשובה	הערות חשובות	קישור לפיתרון
15. נתון מטען חיובי נקודתי Q. 	15.1- שרטט את וקטורי השדה בסביבת המטען החיובי.	1. כיוון וקטורי השדה החשמלי הוא ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן (מטען חיובי). בסביבת מטען חיובי כיוון וקטורי השדה הוא רדיאלי החוצה. 2. גודל וקטורי השדה תלוי בגודל הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן.	https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1109 Z
15.2- שרטט את קווי השדה בסביבת המטען החיובי.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	1. קווי השדה החשמלי הם קווים המשיקים בכל נקודה לוקטורי השדה. 2. קווי השדה יוצאים מהמטען החיובי ומגיעים לאינסוף, או למטען שלילי. 3. קווי השדה ניצבים לפני הגוף. 4. צפיפות קווי השדה מייצגת את עוצמת השדה. ככל שמתרחקים מהגוף הטעון צפיפות קווי השדה קטנה.	https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1109 8
15.3- מגדילים את מטען הגוף הטעון פי 2. שרטט את קווי השדה בסביבת המטען החיובי.	ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	ככל שמטען הגוף גדול יותר מספר קווי השדה היוצאים מהגוף גדולים יותר, וצפיפות קווי השדה בכל נקודה תהיה גדולה בהתאם.	https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1109 9

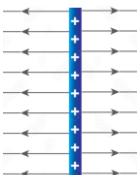
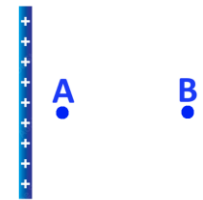
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפיתרון
16. נתון מטען שלילי נקודתי Q.	16.1- שרטט את ווקטורי השדה בסביבת המטען השלילי.		בסביבת מטען שלילי כיוון וקטורי השדה הוא רדיאלי פנימה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1110 0
16.2- שרטט את קווי השדה בסביבת המטען השלילי.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$		1. כיוון קווי השדה בסביבת מטען שלילי הוא רדיאלי פנימה. קווי השדה נכנסים לגוף (בניצב לפני הגוף). 2. קווי השדה מגיעים למטען השלילי מהאינסוף או ממטען חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1110 1

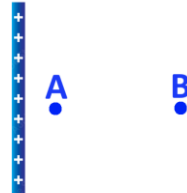
קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11102	 1. המטענים זהים בערכם המוחלט, לכן מספר קווי השדה היוצאים מהמטען החיובי זהה למספר קווי השדה הנכנסים למטען השלילי. 2. קווי השדה הנכנסים למטען השלילי מתחילים במטען החיובי או באינסוף. קווי השדה היוצאים מהמטען החיובי מגיעים מהמטען השלילי או מהאינסוף. 3. בסביבה של מספר מטענים סמוכים, קווי השדה מתעקמים כך שבכל נקודה צפיפות קווי השדה מייצגת את עוצמת השדה וכיוון קו השדה מייצג את כיוון השדה. 4. מהגדרת השדה החשמלי, כיוון קו השדה בכל נקודה בסביבת המטענים הוא ככיוון הכוח החשמלי השקול הפועל על מטען בוחן בנקודה. 5. קווי השדה החשמלי אינם חוצים זה את זה.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	שרטט את קווי השדה בסביבתם של שני המטענים.	17. נתונים שני מטענים שוני סימן סמוכים Q1 ו-Q2. ערכם המוחלט של המטענים הוא זהה בגודלו. שני המטענים מופיעים באיור הבא: 
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4646&chapterid=11103	 בפתרון המוצע מכל מטען יוצאים 13 קווי שדה. ניתן עקרונית לתאר את השדה במספר כלשהו של קווי שדה, כל עוד מספר קווי השדה היוצאים ממטענים זהים הוא זהה.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	שרטט את קווי השדה בסביבתם של שני המטענים.	18. נתונים שני מטענים חיוביים סמוכים Q1 ו-Q2. ערכם המוחלט של המטענים הוא זהה בגודלו. שני המטענים מופיעים באיור הבא: 

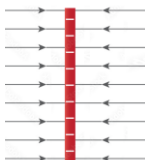
קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11104	מטען Q1 הוא חיובי ומטען Q2 הוא שלילי. לא מצפים מהתלמיד לשרטט באופן מדויק את קווי השדה בסביבת המטענים. יש להכיר את עקרונות קווי השדה ולהסיק מתרשים קווי השדה מסקנות בסיסיות כגון: סימן המטען ועוצמה יחסית של השדה בנקודות שונות.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	19.1 – מה הסימן של כל אחד משני המטענים.	19. באיור הבא מתוארים שני מטענים וקווי השדה הקיימים בסביבתם.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11105	$\frac{ Q_1 }{ Q_2 } = 1.91$ 1. מטען Q2 הוא שלילי, בהתאם לשאלה יש להתייחס לערכו המוחלט. 2. מספר קווי השדה הנכנסים או היוצאים מהגוף תלוי בגודל המטען, לכן יחס מספר קווי השדה של כל מטען שווה ליחס גודלי המטענים.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	19.2 – חשב את היחס בין גודלי המטענים.	על גבי האיור מופיעים שתי נקודות A ו-B. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11106	בנקודה A עוצמת השדה החשמלי גדולה יותר מעוצמת השדה בנקודה B. צפיפות קווי השדה מייצגת את עוצמת השדה.		19.3 - היכן עוצמת השדה גדולה יותר בנקודה A או בנקודה B.	

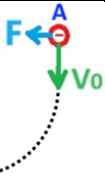
קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11108	שלושת המטענים הם חיוביים. קווי שדה יוצאים ממטען חיובי ונכנסים למטען שלילי.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$	20.1 – קבע מה סימונו של כל אחד משלושת המטענים: Q_1 , Q_2 ו- Q_3 .	20. נתונים שלושה מטענים סמוכים Q_1 , Q_2 ו- Q_3 . המקובעים במקומם. בסמוך למטען Q_1 מונח מטען q .
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11109	$Q_2 > Q_1 > Q_3$ ניתן ללמוד מהמספר היחסי של קווי השדה היוצאים מהמטען על גודלו היחסי של המטען. ככל שהמטען גדול יותר, כך מספר גדול יותר של קווי שדה יוצאים מהמטען.	K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	20.2 - דרג את שלושת המטענים מהמטען הגדול ביותר למטען הקטן ביותר.	מטענו של q קטן בהרבה ממטענם של שלושת המטענים האחרים Q_1 , Q_2 ו- Q_3 . התרשים הבא מתאר את קווי השדה הנוצרים משלושת המטענים Q_1 , Q_2 ו- Q_3 .
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11110	שני אזורים.. 1. קווי השדה לא עוברים באזור בו עוצמת השדה שווה לאפס. 2. קיימות רק נקודות בהן עוצמת השדה היא אפס, בתרשים נקודות אלו נראות כאזור בעל שטח שאינו נקודתי.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	20.3 - בכמה אזורים שונים בסביבת שלושת המטענים עוצמת השדה החשמלי שווה לאפס?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11107	סימן המטען q הוא שלילי כיוון קווי השדה מוגדר ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען בוחן (מטען חיובי). על מטען שלילי פועל כוח חשמלי בכיוון נגדי לכיוון השדה.	ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	20.4 - על המטען q פועל כוח חשמלי לכיוון המטען Q_1 , מה סימן המטען q ?	

ד- השדה החשמלי בסביבת לוח טעון

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11112	 1. כיוון קווי השדה בכל נקודה הוא ככיוון וקטור השדה בנקודה, ומהגדרת השדה נובע שכיוון וקטור השדה בכל נקודה הוא ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן (מטען חיובי) בנקודה. לכן, בסביבת לוח הטעון במטען חיובי כיוון קווי השדה הוא החוצה מהלוח. 2. קווי השדה החשמלי יוצאים מהגוף בניצב לפני הגוף. לכן קווי שדה הם מקבילים. השדה הנוצר על ידי לוח טעון הוא שדה אחיד (שדה אחיד הוא שדה שעוצמתו זהה בכל נקודה בשדה).	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	21.1 - ערוך תרשים של קווי השדה בסביבת הלוח הטעון.	21 - נתון לוח אינ סופי הטעון במטען חיובי. ושתי נקודות A ו-B הסמוכות ללוח. 
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11111	1. הערך המתקבל מחישוב גודל השדה בעזרת ביטוי השדה בתלות בצפיפות המטען בלוח הוא ערך השדה בכל אחד משני צידי הלוח. 2. צפיפות המטען שווה ליחס שבין מטען הלוח לשטחו. 3. כאשר הלוח טעון במטען חיובי צפיפות המטען היא חיובית. $E_A = 282.48 \frac{N}{C}$	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	21.2 - חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה A הסמוכה ללוח. 21.3 - חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה B	צפיפות המטען בלוח היא: $\sigma = 5 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$ פרוטון משוחרר ממנוחה מהנקודה A והוא נע בכיוון השדה בתאוצה קבועה. מסת הפרוטון ומטענו: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} Kg$ $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$
	מכיוון שהשדה הוא אחיד עוצמת השדה בנקודה B זהה לעוצמת השדה בנקודה A. $E_B = 282.48 \frac{N}{C}$			

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11115	א. $F = 4.519 \cdot 10^{-17} \text{ N}$ ב. $W = 1.67 \cdot 10^{-26} \text{ N}$ ג. $\frac{F}{W} = 2.706 \cdot 10^9$ בשאלות העוסקות בתנועת מטענים כוח הכובד הפועל על המטענים הוא זניח יחסית לכוח החשמלי. לעומת זאת, בשאלות העוסקות בתנועת גופים טעונים בד"כ כוח הכובד לא זניח.	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	21.4 א-חשב את גודל הכוח החשמלי F הפועל על הפרוטון. ב. חשב את גודל כוח הכובד W הפועל על הפרוטון. ג. חשב פי כמה גדול הכוח החשמלי הפועל על הפרוטון מכוח הכובד הפועל על הפרוטון	21 - נתון לוח אין סופי הטעון במטען חיובי. ושתי נקודות A ו-B הסמוכות ללוח.  צפיפות המטען בלוח היא: $\sigma = 5 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ פרוטון משוחרר ממנוחה מהנקודה A והוא נע בכיוון השדה בתאוצה קבועה. מסת הפרוטון ומטענו: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11113	$a = \frac{\sigma \cdot q_p}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot m_p}$ מכיוון שכוח הכובד הפועל על הפרוטון הוא זניח ביחס לכוח החשמלי הפועל על הפרוטון, בפיתוח ביטוי התאוצה אין צורך להתייחס לכוח הכובד.		21.5 – כתוב ביטוי לתאוצת הפרוטון.	
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11114	$V_B = 402.49 \cdot 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ על מטען הנע בשדה אחיד פועל כוח חשמלי קבוע. בהתאם לחוק השני של ניוטון המטען נע בתאוצה קבועה, וניתן להשתמש בעקרונות הקינמטיקה לתיאור תנועת המטען.		21.6 – נתון שהמרחק בין הנקודה A לנקודה B הוא 3 מטרים. חשב את מהירות הפרוטון כאשר הוא חולף בנקודה B.	

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11 117	 1. כיוון קווי השדה בכל נקודה הוא ככיוון הכוח הפועל על מטען הבוחן (מטען חיובי), לכן בסביבת הלוח הטעון בצפיפות מטען שלילית כיוון קווי השדה הוא פנימה אל הלוח. 2. קווי השדה ניצבים לגוף לכן השדה בסביבת הלוח הוא שדה אחיד.	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	22.1 - ערוך תרשים של קווי השדה בסביבת הלוח הטעון.	22- נתון לוח אין סופי הטעון במטען שלילי, נקודה A ממוקמת בסמוך ללוח הטעון, כמוראה באיור הבא:  צפיפות המטען בלוח היא: $\sigma = -5 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11 118	$E = 282.48 \frac{N}{C}$ 1. כאשר הלוח טעון במטען שלילי צפיפות המטען היא שלילית. 2. עוצמת השדה היא חיובית תמיד, גם כאשר הלוח טעון במטען שלילי.		22.2 - חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה A הסמוכה ללוח.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11 116	$a = 0.056 \frac{m}{s^2}$ 1. כיוון הכוח החשמלי הפועל על גוף הטעון במטען שלילי הוא הפוך לכיוון השדה. 2. הביטוי לתאוצת גוף טעון הנמצא בשדה אחיד לא נתון בדפי הנוסחאות יש לפתח את הביטוי ממשוואת התנועה.		22.3 - נתון גוף הטעון במטען שלילי. מסת הגוף 5mg ומטענו -1nC. הגוף הטעון משוחרר ממנוחה מהנקודה A. חשב את תאוצת הגוף.	

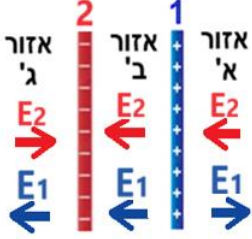
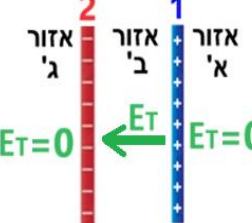
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
23 – בהמשך לשאלה הקודמת, זורקים מהנקודה A גוף הטעון במטען שלילי. מסת הגוף 5mg ומטענו 1nC-. הגוף הטעון נזרק במהירות 0.2 מטר לשנייה בכיוון מקביל ללוח, כמוראה באיור הבא: 	23.1 – ערוך תרשים המתאר את מסלול תנועת הגוף הטעון.	 1. מסלול תנועתו של כל גוף תלוי רק במהירותו ההתחלתית ובכוח הפועל עליו בזמן התנועה, אם נכתוב משוואת מסלול לתנועת הגוף, נקבל משוואת פרבולה. 2. תלמיד נדרש לדעת לשרטט באופן כללי את מסלול תנועתו הפרבולי של גוף טעון הנע בשדה האחיד.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11119
23.2 – חשב את תאוצת הגוף הטעון	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$a = 0.056 \frac{m}{s^2}$ 1. כל עוד הגוף הטעון נמצא בתוך השדה האחיד הגוף נע בתאוצה קבועה. 2. התאוצה קבועה בגודלה ובכיוונה. (בדומה לתאוצת הכובד).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11121
23.3 – בהמשך לסעיף הקודם, חשב את גודל וכיוון מהירות הגוף הטעון כעבור 2 שניות מרגע זריקתו.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K- קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	 $\alpha = 60.75^\circ$ $V = 0.229 \frac{m}{s}$ מעיקרון אי תלות התנועות (הנלמד בפרק התנועה במישור) בכיוון השדה הגוף נע בתאוצה קבועה, ובכיוון הניצב לשדה הגוף מתמיד בתנועתו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11120

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
24. נתונים שני לוחות אין סופיים הטעונים בצפיפות מטען חיובית זהה. לוח 1 ולוח 2.	24.1 – חשב את עוצמת השדה החשמלי הנוצר מכל לוח בנפרד.	כל אחד משני הלוחות מייצר שדה חשמלי ללא כל תלות בלוח השני. $E = 451.977 \frac{N}{C}$	https://mooodle.youcubecol.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11122
24.2 – שרטט בכל אחד משלושת האזורים את וקטורי השדה החשמלי E1 הנוצר מלוח אחד, ואת וקטור השדה E2 הנוצר מלוח 2.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	1. השדה הנוצר מהלוח האחד לא מושפע מקיומו של הלוח השני. 2. עוצמת השדה הנוצרת מכל לוח היא זהה בגודלה בכל שלושת האזורים.	https://mooodle.youcubecol.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11123
24.3 – שרטט את וקטור השדה החשמלי השקול בכל אחד משלושת האזורים.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	עוצמת השדה השקול באזור א' שווה לעוצמת השדה השקול באזור ג'. כיוון השדה השקול באזור א' הפוך לכיוון השדה השקול באזור ג'.	https://mooodle.youcubecol.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11124
24.4 – חשב את עוצמת השדה השקול בכל אחד משלושת האזורים.		$E_T = 903.954 \frac{N}{C}$ אזור א' $E_T = 0 \frac{N}{C}$ אזור ב' $E_T = 903.954 \frac{N}{C}$ אזור ג'	https://mooodle.youcubecol.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11125



צפיפות המטען בכל אחד שני הלוחות הוא:

$$\sigma = 8 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$$

קישור לפיתרון	הערות חשובות	תשובה	השאלה	העקרונות הפיזיקליים
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11126	הלוחות מייצרים שדות זהים בעוצמתם. עוצמת השדה הנוצר מלוח טעון אינה תלויה בסימן מטען הלוח.	$E = 451,977 \frac{N}{C}$	25.1 – חשב את עוצמת השדה החשמלי הנוצר מכל לוח בנפרד.	השדה החשמלי בסביבת לוח טעון:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11127	בחלק מהאזורים השדות פועלים בכיוונים זהים. ובחלק מהאזורים השדות פועלים בכיוונים מנוגדים. יש לקבוע את כיוון השדה בכל אזור בהתאם לסימן מטען הלוח. מלוח הטעון במטען חיובי קווי השדה יוצאים. ומלוח הטעון במטען שלילי קווי השדה נכנסים.		25.2 – שרטט בכל אחד משלושת האזורים את וקטורי השדה החשמלי E1 הנוצר מלוח אחד, ואת וקטור השדה E2 הנוצר מלוח 2.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11128	במקרה זה רק בין הלוחות עוצמת השדה החשמלי השקול שונה מאפס. (בניגוד לסעיף 24.3).		25.3 – שרטט את וקטור השדה החשמלי השקול בכל אחד משלושת האזורים.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11129	מכיוון שהשדה המיוצר מלוח אחד לא מושפע מהלוח השני, ניתן להשתמש בעיקרון הסופרפוזיציה ולמצוא את השדה השקול מהסכום הווקטורי של השדות.	$E_T = 0 \text{ אזור א'}$ $E_T = 903,954 \frac{N}{C} \text{ אזור ב'}$ $E_T = 0 \frac{N}{C} \text{ אזור ג'}$	25.4 – חשב את עוצמת השדה השקול בכל אחד משלושת האזורים.	K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$

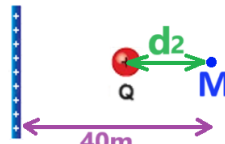
25. נתונים שני לוחות אין סופיים הטעונים בצפיפות מטען שונה, לוח 1 טעון במטען חיובי לוח 2 טעון במטען שלילי.

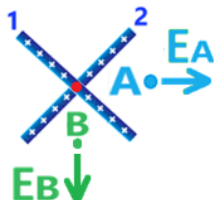
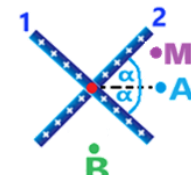
בסביבת הלוחות מתוארים שלושה אזורים, כמראה באיור הבא:

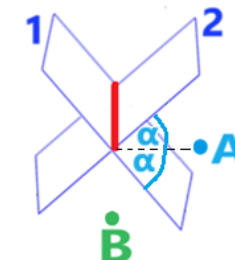
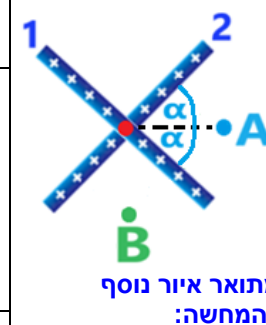


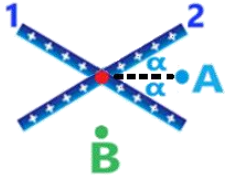
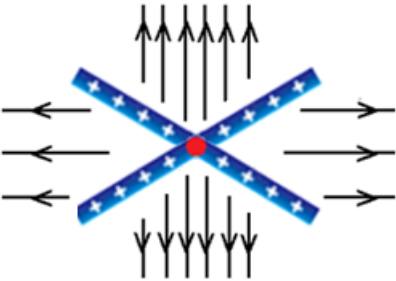
הערך המוחלט של צפיפות המטען בכל אחד משני הלוחות הוא:

$$|\sigma| = 8 \cdot 10^{-6} \frac{C}{m^2}$$

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
26. נתון לוח אינסופי טעון, בעל צפיפות מטען חיובית σ. במרחק 50 מטרים מימין ללוח נמצאת הנקודה M.	26.1 – חשב את צפיפות המטען בלוח הטעון.	$\sigma = 5.31 \cdot 10^{-11} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ עוצמת השדה השקול בנקודה M שווה לסכום הווקטורי של השדות החשמליים הנוצרים בנקודה M. כדי שניתן יהיה לבצע את פעולת החיבור הווקטורי יש להבחין בכיוונם של כל אחד משני השדות.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113 0
במרחק d_1 משמאל לנקודה M מונח מטען חיובי נקודתי Q, כמתואר באיור הבא:  ערך המטען הנקודתי הוא: $Q = 5 \text{ nC}$ עוצמת השדה החשמלי השקול בנקודה M היא: $E = 8 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ ערך המרחק d_1 הוא: $d_1 = 3 \text{ m}$	26.2 – בסביבת המטען הנקודתי והלוח קיימת נקודה בה עוצמת השדה החשמלי שווה לאפס. מצא את מיקומה המדויק של נקודה זו.	הנקודה נמצאת במרחק 3.87 מטר משמאל למטען הנקודתי Q. 1. מהגדרת השדה החשמלי, הנקודה בה עוצמת השדה החשמלי שווה לאפס היא הנקודה בה שקול הכוחות הפועלים על מטען הבוחן שווה לאפס. 2. בנקודה בה עוצמת השדה השקול שווה לאפס קיימים שני שדות זהים בגודלם והפוכים בכיוונם. מהגדרת השדה החשמלי, אם נמקם מטען בוחן בנקודה בה עוצמת השדה שווה לאפס, שקול הכוחות החשמליים שיפעלו על מטען הבוחן יהיה אפס.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113 1
26.3 – מזיזים את הנקודה M עשרה מטרים שמאלה, לכיוון הלוח הטעון. כמוראה באיור הבא:  ממקמים את המטען Q משמאל לנקודה M במרחק d_2 מהנקודה M, כך שעוצמת השדה בנקודה M תהיה 8 ניוטון לקולון, (כפי שהייתה במקרה הקודם). חשב את המרחק d_2 במקרה זה.	חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \right]$	$d_2 = d_1 = 3 \text{ m}$ עוצמת השדה הנוצרת מהלוח לא תלויה במרחק הנקודה מהלוח. (זה לא אינטואיטיבי). בפרק האלקטרוסטטיקה אנחנו עוסקים רק בשני סוגים של שדות: שדה הנוצר מלוח טעון ושדה הנוצר ממטען נקודתי. חשוב להכיר היטב את אופיים של כל אחד משני השדות האלו.	https://mooodle.youcubeco.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113 2

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפיתרון
27. נתונים שני לוחות אין סופיים לוח 1 ו- לוח 2. צפיפות המטען בלוחות σ היא חיובית וזהה.	השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$	עוצמת השדה הנוצר מכל לוח בנקודה A ובנקודה B לא תלויה בזוויות α. עוצמת השדה השקול בנקודה A ובנקודה B תלויה בזוויות α. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113
27.2 – כתוב ביטוי לעוצמת השדה החשמלי בנקודה A כתלות בצפיפות המטען σ והזווית α. הנחיה: יש לשרטט את השדות הנוצרים בנקודה A מכל אחד מהלוחות ולמצוא את וקטור השדה השקול. הזווית בין וקטורי השדה בנקודה A, הנוצרים מהלוחות, שונה מהזווית בין הלוחות (2α).	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K – קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	בסביבת שני הלוחות קיימים ארבעה אזורים:  מהביטוי המפותח בסעיף זה ניתן לקבוע שעוצמת השדה בכל אזור תלוי בזווית שבין שני הלוחות באותו אזור.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113
27.3 – חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה A. כאשר ערך הזווית α היא 40 מעלות. צפיפות המטען בכל אחד מהלוחות היא: $\sigma = 8 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$		הביטוי המפותח בסעיף הקודם הוא סקלארי, הוא מתאר רק את עוצמת השדה. $E_A = 581.05 \frac{N}{C}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113
27.4 – חשב את עוצמת השדה בנקודה M הסמוכה ללוח 2 כמוראה באיור הבא: 		השדה השקול של שני שדות אחידים הוא שדה אחיד. $E_M = 581.05 \frac{N}{C}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=1113



קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	המשך שאלה 27
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11138	$E = 451.97 \frac{N}{C} \text{ אזור א'}$ $E = 782.84 \frac{N}{C} \text{ אזור ב'}$ $E = 451.97 \frac{N}{C} \text{ אזור ג'}$ $E = 782.84 \frac{N}{C} \text{ אזור ד'}$ כלל שהזווית בין הלוחות באזור מסוים היא גדולה יותר כך רכיבי הוקטור השדות גדולים יותר ולכן, עוצמת השדה השקול באזור תהיה גדולה יותר. הזווית בין הלוחות באזור ב' גדולה מהזווית בין הלוחות באזור א', לכן עוצמת השדה ב' גדולה יותר.	השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ חוק קולון: מתאר את הכוח החשמלי כתלות בגודל המטענים והמרחק ביניהם. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ K - קבוע קולון. $K = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{N \cdot m^2}{C^2} \right]$	27.5 – חשב את עוצמת השדה החשמלי בכל אחד מארבעת האזורים.  27.6 – שרטט תרשים של קווי השדה בסביבת הלוחות, בכל אחד מארבעת האזורים.	מקטנים את הזווית α ל 30 מעלות, כפי שניתן לראות באיור הבא:  צפיפות המטען בלוחות היא: $\sigma = 8 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11135	 1. קווי השדה יוצאים מפני הגוף בניצב לגוף, התרשים המופיע בפתרון לא מתאר את האזורים בהם קווי השדה יוצאים מהלוחות. 2. צפיפות קווי השדה מייצגת את עוצמת השדה, לכן צפיפות קווי השדה באזורים ב' ו-ד' גדולה יותר מצפיפות קווי השדה באזורים א' ו-ג',			

ה- השדה החשמלי בסביבת כדור מוליך טעון.

קישור לפיתרון	תשובה והערות חשובות	השאלה	העקרונות הפיזיקליים
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11139	1. הכדור עשוי מחומר מוליך, האוויר בסביבת הכדור הוא לא מוליך (מבודד). 2. מבחינת השדה החשמלי, אין הבדל בין כדור חלול (קליפה) לכדור מלא.	28. נתון כדור חלול העשוי מחומר מוליך, רדיוס הכדור הוא 15cm.	ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11140	מכיוון שפיזור המטען על פני הכדור הוא אחיד, שקול הכוחות החשמליים שיפעל על מטען בוחן הממוקם במרכז הכדור שווה לאפס. לכן עוצמת השדה במרכז הכדור שווה לאפס.	28.2- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודת A הנמצאת במרכז הכדור הטעון.	הקשר בין מספר האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11141	בכל נקודה בתוך כל גוף טעון עוצמת השדה החשמלי שווה לאפס. המטען העודף ינוע על פני הגוף עד שהשדה החשמלי בכל נקודה בתוך הגוף יהיה שווה לאפס.	28.3- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה B הנמצאת במרחק 10cm מנקודת מרכז הכדור.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11142	השדה הנוצר בכל נקודה מחוץ לכדור, זהה בגודלו ובכיוונו לשדה הנוצר ממטען נקודתי הממוקם במרכז הכדור. שטענו שווה למטען הכדור הטעון.	28.4- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה C הנמצאת במרחק 20cm מנקודת מרכז הכדור.	ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4646&chapterid=11143	1. נקודות הנמצאות על פני הכדור נחשבות כנקודות הנמצאות מחוץ לכדור. 2. על פני הכדור הטעון עוצמת השדה החשמלי היא מקסימלית.	28.5- חשב את עוצמת השדה החשמלי D הנמצאת על פני הכדור הטעון.	



טוענים את הכדור בשלושה מיליארד אלקטרונים.

פרקטיקות אלקטרוסטטיקה- 2 פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית

נושאי התרגול:

- א- הפוטנציאל החשמלי בסביבת מטען נקודתי.
- ב- הפוטנציאל החשמלי בסביבת לוח טעון.
- ג- עבודת הכוח החשמלי.
- ד- עבודת הכוח החיצוני.
- ה- השדה והפוטנציאל בסביבת כדור מוליך טעון.
- ו- חיבור כדורים טעונים.
- ז- שימור אנרגיה מכאנית.

א – הפוטנציאל החשמלי בסביבת מטען נקודתי.

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11353	1. השדה הוא גודל ווקטורי, והפוטנציאל הוא גודל סקלארי. 2. לפוטנציאל יכול להיות ערך שלילי, בביטוי הפוטנציאל יש להתייחס לסימן המטען q. 3. מטען הבוחן הוא מטען קטן וחיובי. 4. הגדרת הפוטנציאל בנקודה עוסקת במטען בוחן הנע מהאינסוף לנקודה במהירות קבועה. על מטען הבוחן פועלים שני כוחות: הכוח החיצוני (המבצע עבודה כנגד הכוח החשמלי) והכוח החשמלי. הכוחות הולכים וגדלים אך הם בכל רגע שווים בגודלם אחד לשני. 5. הגדרת הפוטנציאל לא מופיעה בדפי הנוסחאות, מופיעה הגדרה דומה עם אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $V = \frac{U_E}{q}$ 6. האינסוף הוא מקום שלא מושפע מהשדה הנוצר מהטען שיוצר את השדה. האינסוף לא חייב להיות מאוד רחוק מהמטען היוצר את השדה. 7. הפוטנציאל מתאר תכונה של נקודה במרחב: כמות האנרגיה המוענקת ליחידת מטען הממוקם בנקודה.	$V_A = 300,000V$	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	1.1 נתון גוף נקודתי הטעון במטען q שגודלו 4 מיקרו קולון. בסביבת המטען Q נמצאות שלוש נקודות. נקודה A נמצאת במרחק 12 ס"מ מהגוף הטעון. נקודה B נמצאת במרחק 15 ס"מ מהגוף הטעון. נקודה C נמצאת במרחק 20 ס"מ מהגוף הטעון. הגוף הטעון ושלוש הנקודות בסביבתו מתוארות באיור הבא:	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11354	1. סימון מטען היוצר את השדה הוא q או Q. 2. ביטוי הפוטנציאל מתאים רק לסביבתו של מטען נקודתי. והוא לא מתאים לסביבתו של לוח אחיד.	$V_A = 300,000V$		1.2 חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A, השתמש בביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי.	

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
1. נתון גוף נקודתי הטעון במטען Q שגודלו 4 מיקרו קולון. בסביבת המטען Q נמצאות שלוש נקודות. נקודה A נמצאת במרחק 12 ס"מ מהגוף הטעון. נקודה B נמצאת במרחק 15 ס"מ מהגוף הטעון. נקודה C נמצאת במרחק 20 ס"מ מהגוף הטעון. הגוף הטעון ושלוש הנקודות בסביבתו מתוארות באיור הבא: 	1.3- נתון שהעבודה הדרושה כדי להעביר מטען q שגודלו 1nC המונע בכוח חיצוני מהאינסוף לנקודה B היא: $W_{\infty \rightarrow B} = 240 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ חשב את הפוטנציאל בנקודה B, השתמש בהגדרת הפוטנציאל החשמלי.	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	1. הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי מוגדר בהתאם לעבודת כוח חיצוני המניע מטען בוחן במהירות קבועה. 2. כאשר מבוצעת עבודה כדי להעביר מטען מנקודה לנקודה הכוונה היא לעבודה המבוצעת רק כדי לשנות את מיקום המטען, מבלי לשנות את האנרגיה הקינטית של המטען. ניסוח זה מקובל גם בשאלות הבגרות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11355
1.4- נתון מטען בוחן שגודלו 1nC המונע ממנוחה מהאינסוף לנקודה C. כאשר המטען מגיע לנקודה C מהירותו שונה מאפס. העבודה המבוצעת על ידי הכוח החיצוני היא: $W_{\infty \rightarrow C} = 600 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ חשב את הפוטנציאל בנקודה C.	העקרונות	$V_C = 180,000 \text{ V}$	לא ניתן להשתמש במקרה זה בעבודה הנתונה ולחשב את הפוטנציאל בנקודה C בעזרת הגדרת הפוטנציאל מכיוון שהאנרגיה הקינטית של מטען הבוחן משתנה. ניתן לחשב את הפוטנציאל בנקודה C בעזרת ביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי. (ללא כל קשר לעבודה הנתונה).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11356

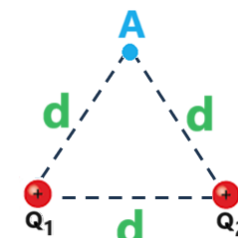
השאלה	הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
2. נתון גוף נקודתי הטעון במטען Q שלילי שערכו: $Q = -4 \cdot 10^{-6} \text{C}$ במרחק 30 ס"מ מהמטען Q נמצאת הנקודה A, כמוראה באיור הבא: 	2.1- נתון מטען בוחן שגודלו 1nC המונע במהירות קבועה מהאינסוף לנקודה A ע"י כוח חיצוני. העבודה המבוצעת על ידי הכוח החיצוני היא: $W_{\infty \rightarrow A} = -120 \cdot 10^{-6} \text{J}$ חשב את הפוטנציאל בנקודה A, השתמש בהגדרת הפוטנציאל החשמלי.	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	1. במקרה זה, בהנעת מטען הבוחן מהאינסוף לנקודה, הכוח החשמלי פועל על מטען הבוחן בכיוון התנועה (מטען הבוחן הוא מטען חיובי). כדי שהמטען ינוע במהירות קבועה הכוח החיצוני צריך לפעול נגד כיוון התנועה. לכן, עבודת הכוח החיצוני היא שלילית. מהגדרת הפוטנציאל, כאשר עבודת הכוח החיצוני היא שלילית גם הפוטנציאל הוא שלילי. 2. מטען הבוחן נע במהירות קבועה, בתנועת המטען הכוח החשמלי גדל וגם הכוח החיצוני גדל בהתאם, כך ששקול הכוחות שווה לאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11357
2.2- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A, השתמש בביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי.		$V_A = -120,000 \text{V}$	1. מביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, כאשר המטען היוצר את הפוטנציאל הוא שלילי גם הפוטנציאל בסביבתו הוא שלילי. 2. הביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי מתאים לפוטנציאל ייחוס שנקבע באינסוף (הפוטנציאל באינסוף נקבע כפוטנציאל אפס). בשאלות הבגרות אנחנו עוסקים רק במקרים בהם הפוטנציאל באינסוף נקבע כפוטנציאל אפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11358

השאלה	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
3. נתונים שני מטענים חיוביים Q1 ו-Q2. המרחק בין המטענים הוא 80 ס"מ. בסמוך לשני המטענים נמצאות הנקודות A ו-B, כמוראה באיור הבא:  הנקודה A נמצאת בדיוק באמצע המרחק שבין המטענים Q1 ו-Q2. הנקודה B נמצאת במרחק 40 ס"מ מהמטען Q2 ערכי המטענים: $Q_1 = 5\mu C$ $Q_2 = 5\mu C$	3.1- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A. 3.2- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה B. 3.3- חשב את הגודל של השדה החשמלי בנקודה A.	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה החשמלי בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=46498&chapterid=11359 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=46498&chapterid=11360 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=46498&chapterid=11361
	$V_A = 225,000V$ $V_B = 150,000V$ $E_A = 0 \frac{N}{C}$	כל אחד משני המטענים יוצר פוטנציאל בנקודה A ללא תלות במטען השני, לכן מעיקרון הסופרפוזיציה הפוטנציאל בנקודה A שווה לסכום הפוטנציאלים שכל אחד משני המטענים יוצרים. המטענים Q1 ו-Q2 זהים בגודלם, אך נמצאים במרחקים שונים מהנקודה B. לכן, הם יוצרים פוטנציאל שונה בנקודה B. 1. מכיוון שהשדה החשמלי הוא גודל ווקטורי יש לחשב את השדה השקול בנקודה A בעזרת חיבור ווקטורי (ולא חיבור סקלארי). 2. אין צורך לחשב את השדה החשמלי בנקודה, מספיק לציין שפועלים שני שדות זהים בגודלם והפוכים בכיוונם. (בקישור לפתרון מופיע פתרון מלא עם חישוב מפורט) 3. השדה והפוטנציאל מתארים את המרחב באופן שונה, לכל אחד מהם הגדרה שונה. יכולה להיות נקודה שבה השדה שווה לאפס והפוטנציאל שונה מאפס. ויכולה להיות נקודה שבה השדה שונה מאפס והפוטנציאל שווה לאפס.	

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11362	המטען Q2 הוא מטען חיובי, הוא יוצר פוטנציאל חיובי בנקודה A. המטען Q1 הוא שלילי, הוא יוצר בנקודה A פוטנציאל שלילי. בהתאם למרחקי המטענים מהנקודה A, הפוטנציאלים שהמטענים יוצרים בנקודה A הם זהים בערכם המוחלט.	$V_A = 0V$	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	4.1- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A.	4. נתונים שני מטענים Q1 ו-Q2, המרוחקים 80 ס"מ זה מזה. בסמוך לשני המטענים נמצאות הנקודות A ו-B, כמוראה באיור הבא:  הנקודה A נמצאת בדיוק באמצע המרחק שבין המטענים Q1 ו-Q2. הנקודה B נמצאת במרחק 40 ס"מ מהמטען Q2
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11363	1. בנקודה V נוצר פוטנציאל חיובי ממטען Q2, ופוטנציאל שלילי ממטען Q1. מכיוון שמרחק הנקודה B מהמטענים הוא שונה, הפוטנציאל בנקודה B לא שווה לאפס. 2. שני המטענים שווים בערכם המוחלט, מטען 2 קרוב יותר לנקודה B לכן הפוטנציאל בנקודה B הוא חיובי.	$V_B = 75,000V$	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	4.2- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה B.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11364	1. מהגדרת השדה החשמלי, כיוון השדה החשמלי הוא ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען הבוחן. 2. הפוטנציאל בנקודה A שווה לאפס, והשדה בנקודה A שונה מאפס (ההיפך מסעיף 3.3). 3. בביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, כיוון שהפוטנציאל יכול להיות שלילי, יש להתייחס לסימן המטען היוצר את הפוטנציאל. לעומת זאת, בביטוי השדה החשמלי בסביבת מטען נקודתי כיוון שהביטוי מתאר את גודל וקטור השדה יש להתייחס לערך המוחלט של המטען היוצר את השדה.	$E_A = 562,500 \frac{N}{C}$ כיוון השדה החשמלי הוא שמאלה.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה החשמלי בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	4.3- חשב את הגודל והכיוון של השדה החשמלי בנקודה A.	ערכי המטענים: $Q_1 = -5\mu C$ $Q_2 = 5\mu C$

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
5.1 - חשב את ערך הפוטנציאל בנקודה A.	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	$V_A = 112.5V$	הפוטנציאל הוא גודל סקלארי. אין לו כיוון. הפוטנציאל בנקודה תלוי רק בגודל המטענים ובמרחקם מהנקודה. כך למשל, גם במקרה הבא ייוצר בנקודה A פוטנציאל זהה לפוטנציאל הנוצר בסעיף זה. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11365
5.2 - חשב את גודלו וכיוונו של השדה החשמלי הנוצר בנקודה A.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	$E_T = 121.78 \frac{N}{C}$ כיוון השדה בנקודה A הוא כלפי מעלה.	1. השדה החשמלי הוא גודל ווקטורי, יש לו כיוון. כדי למצוא את גודלו וכיוונו של השדה החשמלי יש לבצע חיבור ווקטורי בין השדות שיוצרים המטענים בנקודה A. 2. כדי לבצע חיבור ווקטורי בין ווקטורי השדה יש לבצע הפרדה ישרת זווית לוקטורי השדה E1 ו-E2, יש לבחור את כיווני הצירים בכיוון בו השדה מתאפס ובכיוון השדה השקול.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11366

5. שני מטענים חיוביים Q1 ו-Q2 ממוקמים בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות, בקודקוד השלישי נמצאת הנקודה A כמראה באיור הבא:

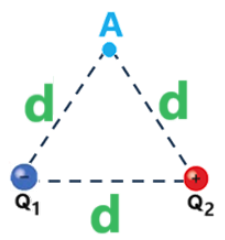


האורך d של כל צלע במשולש הוא 80 ס"מ. במשולש שווה צלעות שלושת הזוויות זהות ושוות ל 60 מעלות.

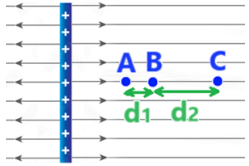
ערכי המטענים:

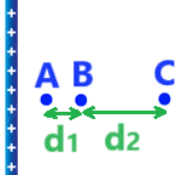
$$Q_1 = 5nC$$

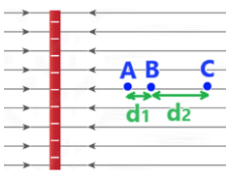
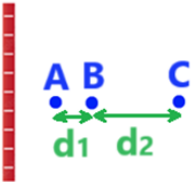
$$Q_2 = 5nC$$

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11367	1. המטענים יוצרים פוטנציאלים זהים בגודלם ושונים בסימנם. 2. ניתן לענות על השאלה בעזרת פרמטרים בלבד, ללא הצבה.	$V_A = 0V$	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	6.1 - חשב את ערך הפוטנציאל בנקודה A.	6. נתונים שני מטענים בעלי מטען זהה בגודלו ושונה בסימנם Q_1 ו- Q_2. המטענים ממוקמים בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות, בקודקוד השלישי נמצאת הנקודה A כמראה באיור הבא:  האורך d של כל צלע במשולש הוא 80 ס"מ. במשולש שווה צלעות שלוש הזוויות זהות ושוות ל 60 מעלות. ערכי המטענים: $Q_1 = -5nC$ $Q_2 = 5nC$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11368	1. כדי לענות על שאלה זו יש לערוך תרשים ווקטורי, לכתוב כל שלב בצורה מפורטת ברורה ומלאה. (פתרון מלא ומפורט מופיע בקישור לפתרון) 2. מקרה זה הוא דוגמה נוספת למקרה שבו הפוטנציאל בנקודה שווה לאפס והשדה באותה הנקודה שונה מאפס.	$E_T = 70.3 \frac{N}{C}$ כיוון השדה בנקודה A הוא שמאלה.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	6.2 - חשב את גודלו וכיוונו של השדה החשמלי הנוצר בנקודה A.	

ב- הפוטנציאל החשמלי בסביבת לוח טעון.

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	7. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11369	1. בסביבת מטען חיובי קווי השדה יוצאים מהגוף, בניצב לפני הגוף. השדה הנוצר משני צידיו של הלוח הוא שדה אחיד. 2. עוצמת השדה הנתונה, היא עוצמת השדה בכל נקודה משמאל ומימין ללוח.		עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$	7.1- שרטט את קווי השדה החשמלי בסביבת הלוח.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11370	1. הביטוי המתאר את הקשר שבין עוצמת השדה להפרש הפוטנציאלים וההעתק מתאים רק לשדה אחיד. 2. ביטוי השדה האחיד עוסק בהעתק, לכן יש להגדיר ציר תנועה, ולהתייחס להעתק ביחס לציר. 3. בתיאור ווקטור השדה ביחס לציר, כאשר כיוון השדה הוא ככיוון הציר השדה הוא חיובי, וכאשר כיוון השדה הוא נגדי לכיוון הציר השדה הוא שלילי.	$V_C = 44V$	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	7.2- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה C.	בסביבת הלוח קיימות שלוש נקודות: A, B, ו-C. המרחק בין הנקודה A לנקודה B מסומן ב-d1. המרחק בין הנקודה B לנקודה C מסומן ב-d2. כמורה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11371	עוצמת השדה היא 2 וולט למטר, המשמעות היא שלאורך מטר אחד במורד השדה הפוטנציאל קטן ב 2 וולט. הנקודה C נמצאת במרחק 8 מטרים מהנקודה B, במורד השדה. לכן, הפוטנציאל בנקודה C קטן ב 16 וולט מהפוטנציאל בנקודה B. הנקודה A נמצאת במרחק 2 מטרים במעלה השדה, הפוטנציאל בנקודה A גדול ב 4 וולט מהפוטנציאל בנקודה B.	$V_A = 64V$	הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאלים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	7.3- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A.	נתונים ערכי המרחקים בין הנקודות: $d_1 = 2m$ $d_2 = 8m$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11372	1. הנקודה D לא מופיעה בתרשים. יש לערוך תרשים המכיל את הנקודה D ואת המרחק הדרוש לפני חישוב המרחק בין הנקודה A לנקודה D. 2. בשימוש בביטוי השדה האחיד, יש להתייחס לסימן העתק וסימן הפרש הפוטנציאלים, כפי שמתואר בפתרון המלא. ניתן לחשב את גודל המרחק גם בהתאם לגודל הפרש הפוטנציאלים וגודל השדה. $E = \frac{ \Delta V }{d} \Rightarrow d = \frac{ E }{ \Delta V }$	$d_3 = 30.5m$		7.4- נתונה נקודה D שלא נמצאת באיור, הפוטנציאל בנקודה D שווה 3V חשב את המרחק שבין הנקודה A לנקודה D. נסמן מרחק זה ב-d3	ונתון הפוטנציאל בנקודה B: $V_B = 60V$

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
7. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון. בסביבת הלוח קיימות שלוש נקודות: C-B, A. המרחק בין הנקודה A לנקודה B מסומן ב-d1. המרחק בין הנקודה B לנקודה C מסומן ב-d2. כמוראה באיור הבא:  נתונים ערכי המרחקים בין הנקודות: $d_1 = 2\text{m}$ $d_2 = 8\text{m}$ ונתון הפוטנציאל בנקודה B: $V_B = 60\text{V}$	7.5- לשדה יש שתי יחידות מידה: ניוטון לקולון $\left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$ ו-וולט למטר $\left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right]$ מה המשמעות של כל אחת משתי יחידות האלו.	השדה החשמלי מתאר תכונה הקיימת במרחב. יחידות השדה החשמלי ניוטון לקולון מתארת את גודל הכוח החשמלי הפועל על מטען שגודלו 1 קולון הנמצא בנקודה במרחב. יחידות השדה החשמלי וולט למטר מתארת את גודל השינוי בפוטנציאל לאורך 1 מטר במורד השדה.	1. לשדה החשמלי יש שתי יחידות מידה שקולות: ניוטון לקולון ו-וולט למטר. כך למשל במקום לכתוב $5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ ניתן לכתוב $5 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ 2. הבנה טובה של משמעות היחידות תורמת רבות להבנת העקרונות הפיזיקליים, ההגדרות והנוסחאות. מומלץ להשקיע את הזמן הדרוש כדי להבין את משמעות היחידות. 3. בשאלוני הבגרות, היו סעיפים בהם הנבחן נדרש להסביר את המשמעות של גודל פיזיקלי מסוים. ניתן להסביר את משמעות הגודל הפיזיקלי בעזרת משמעות היחידות שלו. לדוגמה: לשאלה מה המשמעות של השדה החשמלי בנקודה, ניתן לענות גודל הכוח החשמלי הפועל על יחידת מטען בנקודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11373
7.6- הראה שהיחידות ניוטון לקולון שקולות ליחידות וולט למטר.	הקשר בין עוצמת שדה אחד להפרש פוטנציאליים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	$\left[\frac{\text{V}}{\text{m}} \right] = \left[\frac{\text{J}}{\text{C} \cdot \text{m}} \right]$ $\left[\frac{\text{J}}{\text{C} \cdot \text{m}} \right] = \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C} \cdot \text{m}} \right] = \left[\frac{\text{N}}{\text{C}} \right]$	1. רק בשדה אחד הפוטנציאל קטן בערך קבוע לכל מטר במורד השדה. בשדה ריאלי(שדה הנוצר ממטען נקודתי) עוצמת השדה לא משתנה בערך קבוע לכל מטר במורד השדה. לכן המשמעות של היחידות וולט למטר לא רלוונטיות לשדה הנוצר ממטען נקודתי. 2. אין צורך להוכיח שהיחידות ניוטון לקולון שקולות ליחידות וולט למטר. אם נתון שדה ביחידות של וולט למטר ניתן לתאר את השדה ללא הוכחה ביחידות של ניוטון לקולון. (וההיפך)	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11374

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11375	בהתאם להגדרת השדה החשמלי, בסביבת לוח הטעון במטען שלילי כיוון קווי השדה הוא פנימה אל הלוח הטעון, בניצב לפני הלוח.		עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון:	8.1- שרטט את קווי השדה החשמלי בסביבת הלוח.	8. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען שלילית. עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11376	1. כדי לחשב את הפוטנציאל בנקודה C בעזרת ביטוי השדה האחיד, יש להשתמש בביטוי השדה האחיד בהתייחס למטען הנע מנקודה B ל C, או מנקודה C ל B. 2. בהתאם לכיוון הציר נקבעים סימני ההעתק והשדה החשמלי. 3. ניתן לחשב את גודל הפרש הפוטנציאלים בין נקודה B ל C בעזרת ביטוי גודל הפרש הפוטנציאלים $E = \frac{ \Delta V }{d} \Rightarrow \Delta V = E \cdot d$ ובהתאם לפוטנציאל בנקודה B לחשב את הפוטנציאל בנקודה C. 4. הפוטנציאל בנקודה B קטן מהפוטנציאל בנקודה C.	$V_C = -44V$	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	8.2- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה C.	בסביבת הלוח קיימות שלוש נקודות: A, B, ו-C. המרחק בין הנקודה A לנקודה B מסומן ב-d1. המרחק בין הנקודה B לנקודה C מסומן ב-d2. כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11377	במורד השדה הפוטנציאל קטן (לא בערכו המוחלט). ובמעלה השדה הפוטנציאל גדל (לא בערכו המוחלט).	$V_A = -64V$	הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאלים בשדה: $E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$	8.3- חשב את הפוטנציאל החשמלי בנקודה A.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11378	1. בסביבת מטען נקודתי, נוח לבחור את האינסוף כמקום בו הפוטנציאל שווה לאפס. במקרה של שדה אחיד, גם באין סוף יש שדה, לכן הנקודה בה הפוטנציאל שווה לאפס נבחר שרירותית בנקודה כל שהיא. (גם אם לא קיימת בחירה מפורשת). 2. אין משמעות פיזיקלית לפוטנציאל בנקודה, יש משמעות פיזיקלית רק להפרש פוטנציאלים. לכן, כל גודל פיזיקלי שיש לו משמעות פיזיקלית תלוי בהפרש פוטנציאלים ולא בפוטנציאל.	$d_3 = 32m$		8.4- נתון שבנקודה D הפוטנציאל שווה לאפס וולט. חשב את מרחק הנקודה D מהנקודה A. נסמן מרחק זה ב-d3	נתונים ערכי המרחקים בין הנקודות: $d_1 = 2m$ $d_2 = 8m$ ונתון הפוטנציאל בנקודה B: $V_B = -60V$

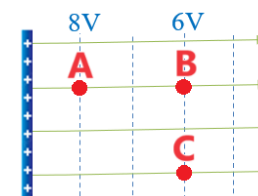
ג- עבודת הכוח החשמלי.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
9.1- מצא מהאיור את הפוטנציאל בנקודה A.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאלים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	$V_A = 8V$	1. משטח שווי פוטנציאל מורכב מאוסף נקודות בעלי פוטנציאל זהה. 2. בסביבתו של כל גוף טעון, משטחים שווי פוטנציאל הם משטחים הנצבים לשדה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=1379
9.2- חשב את עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון.		$E = 0.5 \frac{N}{C}$	כיוון השדה הוא ככיוון הציר הנבחר. לכן ביחס לציר הנבחר השדה הוא חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=1380
9.3- חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 1 מהנקודה A לנקודה B. השתמש בהגדרת העבודה במכניקה.		$W_{A \rightarrow B} = 2 \cdot 10^{-9} J$	1. מכיוון שבמקרה זה הכוח הפועל על הגוף הוא קבוע בגודלו ובכיוונו, ניתן לחשב בעזרת הגדרת העבודה במכניקה את עבודת הכוח החשמלי. 2. בכתיבת ביטוי העבודה מומלץ לסמן מאיזה נקודה לאיזה נקודה מבוצעת העבודה, בסעיף זה למשל העבודה מבוצעת בהנעת הגוף מנקודה A לנקודה B, לכן בסמון לסימן העבודה W מופיע הסימן $A \rightarrow B$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=1381

9. באיור שלפניך מתואר לוח הטעון בצפיפות מטען חיובי.

קווי השדה היוצאים מהלוח מתוארים בחיצים ירוקים ומשטחים שווי הפוטנציאל מתוארים בקווים מקווקווים באיור מופיעות שלוש נקודות: A, B ו-C.

המרחק בין הנקודה A לנקודה B הוא ארבעה מטרים.



גוף 1 שמטענו $1nC$ משוחרר ממנוחה מהנקודה A.

נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכוונו ככיוון השדה החשמלי.

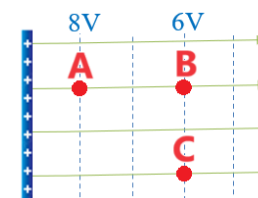
המשך שאלה 9

9. באיור שלפניך מתואר לוח הטעון בצפיפות מטען חיובי.

קווי השדה היוצאים מהלוח מתוארים בחיצים ירוקים ומשטחים שווי

הפוטנציאל מתוארים בקווים מקווקווים באיור מופיעות שלוש נקודות: A, B ו-C.

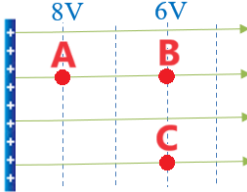
המרחק בין הנקודה A לנקודה B היא ארבעה מטרים.

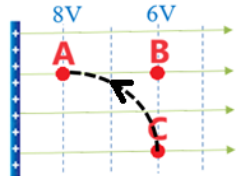


גוף 1 שמטענו 1nC משוחרר ממנוחה מהנקודה A.

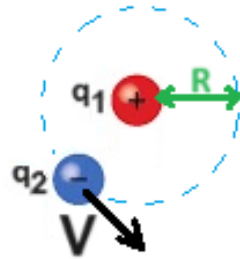
נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכייוונו ככיוון השדה החשמלי.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
9.4- חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 1 מהנקודה A לנקודה B. השתמש בביטוי לעבודת כוח חשמלי.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	$W_{A \rightarrow B} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	הביטוי לעבודת הכוח החשמלי מתאים לכל מקרה של גוף טעון הנע בין שתי נקודות, גם אם הכוח החשמלי משתנה בגודלו ובכיוונו, גם כאשר פועלים כוחות נוספים וגם כאשר האנרגיה הקינטית של הגוף משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11382
9.5- במקרה אחר, גוף 1 נזרק במהירות שגודלה 12 מטר לשנייה מנקודה A לכיוון נקודה B. חשב במקרה זה את עבודת הכוח החשמלי בהנעת גוף 1 מהנקודה A לנקודה B.	ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$	$W_{A \rightarrow B} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	עבודת הכוח החשמלי לא תלויה במהירות הגוף. עבודת הכוח החשמלי תלויה רק בהפרש הפוטנציאלים ובגודל המטען עליו פועל הכוח החשמלי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11383
9.6- חזור על הסעיף הקודם כאשר מסת הגוף קטנה פי 100.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאלים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	$W_{A \rightarrow B} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	עבודת הכוח החשמלי לא תלויה במסת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11384

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
10.1 גוף 2 שמטענו הוא -1nC משוחרר ממנוחה מהנקודה B. המרחק בין הנקודה B לנקודה A הוא 4 מטרים. 	10.1 חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 2 מהנקודה B לנקודה A. השתמש בהגדרת העבודה במכניקה.	$W_{B \rightarrow A} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	1. מהגדרת העבודה במכניקה, כל עוד הכוח פועל בכיוון התנועה העבודה היא חיובית. 2. סימן העבודה לא תלוי בכיוון הציר הנבחר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/booking/view.php?id=4649&chapterid=11385
10.2 חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 2 מנקודה B לנקודה A. השתמש בביטוי לעבודת כוח חשמלי.	ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	$W_{B \rightarrow A} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	בביטוי העבודה ערך הפרש הפוטנציאלים הוא שלילי, אך גם סימן המטען הוא שלילי. מהכפלת הפרש הפוטנציאלים במטען מתקבלת עבודה חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/booking/view.php?id=4649&chapterid=11386
10.3 במקרה אחר, גוף 2 נזרק מנקודה B בכיוון השדה במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. במהלך תנועתו הגוף נעצר, משנה את כיוון תנועתו וחולף בנקודה A. חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 2 מנקודה B לנקודה A.	הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאלים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$	$W_{B \rightarrow A} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	הכוח החשמלי הוא כוח משמר עבודתו לא תלויה במסלול התנועה. מביטוי עבודת הכוח החשמלי ניתן לראות שעבודת הכוח החשמלי תלויה רק בגודל המטען המונע ובסימונו ובפוטנציאל בנקודת תחילת התנועה ובפוטנציאל בנקודת סיום התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/booking/view.php?id=4649&chapterid=11387
10.4 חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת בהנעת גוף 2 מהנקודה C לנקודה B.		$W_{C \rightarrow B} = 0 \text{ J}$	1. מביטוי עבודת הכוח החשמלי, כל עוד אין הפרש פוטנציאלים בין הפוטנציאל בנקודת תחילת התנועה לפוטנציאל בנקודת סיום התנועה, עבודת הכוח החשמלי שווה לאפס. 2. משטחים שוי פוטנציאל הינם משטחים המאונכים לקווי השדה, מהגדרת העבודה במכניקה כאשר מטען נע לאורך משטח שווה פוטנציאל הכוח החשמלי ניצב לתנועה לכן עבודת הכוח החשמלי היא אפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/booking/view.php?id=4649&chapterid=11389

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
11. גוף 2 שמטענו -1nC נע ממנוחה מנקודה C לנקודה A, במסלול עקום, בהשפעת הכוח החשמלי ובהשפעת כוח חיצוני נוסף. מסלול תנועת הגוף מתואר בתרשים הבא: 	11. חשב את ערך עבודת הכוח החשמלי המבוצע בהנעת גוף 2 מנקודה C לנקודה A.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{x} \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	מסלול תנועת המטען נקבע רק בהתאם למהירותו ההתחלתית ולכוח השקול הפועל עליו. חשוב לשים לב, הערך המחושב מביטוי עבודת הכוח החשמלי הוא רק של עבודת הכוח החשמלי. לא של עבודת הכוח החיצוני ולא של עבודת הכוח השקול.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11388

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
12. נתון גוף נקודתי הטעון במטען Q שגודלו 8 מיקרו קולון. בסביבת המטען Q נמצאות שלוש נקודות.	12.1 – חשב את הפוטנציאלים הנוצרים מהמטען Q בכל אחת משלוש הנקודות.	$V_A = 600,000V$ $V_B = 553,846.15V$ $V_C = 514,285.71V$	בשדה ריאלי הפוטנציאל לא קטן בערך קבוע בכל מטר במורד השדה. לכן הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות AB שונה מהפרש הפוטנציאלים בין הנקודות BC.	https://moodle.youcubecol.com/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11390
נקודה A נמצאת במרחק 12 ס"מ מהגוף הטעון. נקודה B נמצאת במרחק 13 ס"מ מהגוף הטעון.	12.2 - חשב את עבודת הכוח החשמלי בהנעת גוף 1 מנקודה A לנקודה B.	$W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	1. בתנועת הגוף הטעון מנקודה A לנקודה B הכוח החשמלי הפועל על הגוף הולך וקטן. לכן, לא נוכל להשתמש בהגדרת העבודה במכניקה בצורה פשוטה. אך, ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החשמלי. 2. הכוח החשמלי פועל בכיוון התנועה, לכן עבודת הכוח החשמלי היא חיובית.	https://moodle.youcubecol.com/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11391
נקודה C נמצאת במרחק 14 ס"מ מהגוף הטעון.	12.3 - חשב את עבודת הכוח החשמלי בהנעת גוף 1 מנקודה B לנקודה C.	$W_{B \rightarrow C} = 1.58 \cdot 10^{-4} J$	הפרש הפוטנציאלים בין נקודה A לנקודה B גדול יותר מהפרש הפוטנציאלים בין נקודה B לנקודה C. לכן עבודת הכוח החשמלי בקטע AB גדולה מעבודת הכוח החשמלי בקטע BC.	https://moodle.youcubecol.com/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11392
ציר התנועה הנבחר, הגוף הטעון ושלושת הנקודות בסביבתו מתוארות באיור הבא:  גוף 1 שמטענו 4 ננו קולון משוחרר ממנוחה מהנקודה A.	12.4 - חשב את עבודת הכוח החשמלי בהנעת גוף 1 מנקודה A לנקודה C.	$W_{A \rightarrow C} = 3.42 \cdot 10^{-4} J$	עבודת הכוח החשמלי בהנעת המטען בקטע AC. שווה לסכום העבודות החשמליות בקטעים AB ו-BC. ביטוי סכום העבודות נכון גם אם סכום המרחקים AB ו-BC שונה מהמרחק AC, כמו למשל במקרה הבא: 	https://moodle.youcubecol.com/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11393

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
13. גוף 2 שמטענו $-1nC$ נע בתנועה מעגלית קצובה ברדיוס R, סביב המטען Q, כמראה באיור הבא: 	הגדרת העבודה במכניקה: $W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{x} \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	$W = 0J$	1. הכוח החשמלי הפועל על הגוף, פועל בכיוון רדיאלי, בניצב לתנועה. מהגדרת העבודה במכניקה הכוח חשמלי במקרה זה לא עושה עבודה. 2. הגוף נע בתנועה מעגלית קצובה, האנרגיה הקינטית של הגוף לא משתנה. מביטוי העבודה אנרגיה: $W = \Delta E_K$ ניתן לקבוע שהעבודה המבוצעת על הגוף שווה לאפס. 2. הגוף נע בתנועה מעגלית, כל הנקודות בהן חולף הגוף נמצאות במרחק זהה מהמטען Q לכן בכל הנקודות בהן חולף הפוטנציאל הוא זהה. ניתן לומר שאוסף נקודות אלו הוא משטח שווי פוטנציאל, מביטוי עבודת הכוח החשמלי, מכיוון שהגוף נע לאורך משטח שווי פוטנציאל, הכוח החשמלי לא עושה עבודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11394

ד- עבודת הכוח החיצוני.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
14.1 חשב את עבודת הכוח החשמלי הפועל על מטען q בתנועתו מנקודה A לנקודה B.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = -4.86 \cdot 10^{-5} \text{ J}$		1. הכוח החשמלי פועל נגד כיוון התנועה, לכן עבודתו שלילית. 2. ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החשמלי גם כאשר פועלים כוחות נוספים על הגוף, ללא כל קשר לעבודת הכוחות האחרים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11395
14.2 חשב את השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף.	ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	$\Delta E_k = 0$	מביטוי האנרגיה הקינטית: $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ מכיוון שהמהירות לא משתנה האנרגיה הקינטית לא משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11396
14.3 חשב את סכום העבודות המבוצעות על הגוף.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	$\Sigma W = 0$	1. ממשפט העבודה אנרגיה סכום העבודות (חשמלי וחיצוני) שווה לשינוי באנרגיה הקינטית. האנרגיה הקינטית לא משתנה. 2. הגוף נע במהירות קבועה, תאוצתו שווה לאפס. מהחוק השני של ניוטון שקול הכוחות שווה לאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11397
14.4 חשב בעזרת סכום העבודות את עבודת הכוח החיצוני.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	$W = 4.86 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ כוח חיצוני	במקרה מיוחד שבו פועלים על הגוף רק הכוח החשמלי והכוח החיצוני ואין שינוי באנרגיה הקינטית של הגוף עבודת הכוח החיצוני זהה בגודלה לעבודת הכוח החשמלי אך הפוכה לה בסימונה. במקרה מיוחד זה ביטוי עבודת הכוח החיצוני הוא: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ 2. ביטוי עבודת הכוח החשמלי דומה לביטוי אך יש הבדל גדול ביניהם. ביטוי עבודת הכוח החשמלי נכון תמיד. ביטוי עבודת הכוח החיצוני נכון רק כאשר אין שינוי באנרגיה הקינטית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11398

14. נתון מטען חיובי Q המקובע במקומו. גוף 1 הטעון במטען חיובי q מונע במהירות קבועה באמצעות כוח חיצוני מהנקודה A לנקודה B.

על המטען q פועלים שני כוחות, הכוח החשמלי והכוח החיצוני, כמוראה באיור הבא:



במהלך תנועת המטען הכוח החשמלי הולך וגדל, בהתאם גם הכוח החיצוני גדל כך ששקול הכוחות הפועלים על המטען שווה לאפס, כל זמן תנועת הגוף, מנקודה A לנקודה B.

נתון גודל המטען המקובע Q , וגודל מטען הגוף הטעון q :

$$Q = 6 \mu C$$

$$q = 3 nC$$

נתונים הערכים של הפוטנציאלים בנקודות A ו-B:

$$V_A = 10,800 V$$

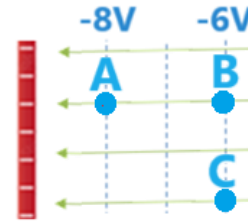
$$V_B = 27,000 V$$

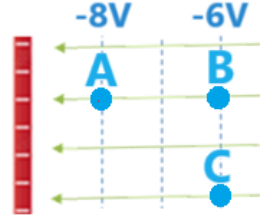
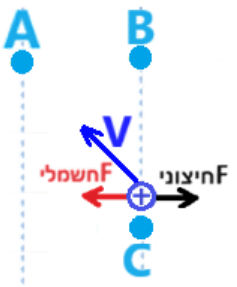
נתאר את תנועת המטען ביחס לציר שכיוונו ככיוון התנועה שמאלה.

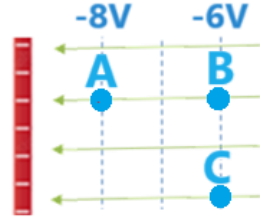
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
המשך שאלה 14 נתון מטען חיובי Q המקובע במקומו. גוף 1 הטעון במטען חיובי q מונע במהירות קבועה באמצעות כוח חיצוני מהנקודה A לנקודה B. על המטען q פועלים שני כוחות: הכוח החשמלי והכוח החיצוני, כמראה באיור הבא: 	14.5- חשב את מרחק הנקודה A מהמטען Q. 14.6- חשב את מרחק הנקודה B מהמטען Q. 14.7- בהתאם למרחקים המחושבים בשני הסעיפים הקודמים חשבו את ההעתק של תנועת המטען q בתנועתו מהנקודה A לנקודה B.	$r_A = 5m$ $r_B = 2m$ $\Delta X = 3m$	כדי לחשב את מרחק הנקודה הנתונה מהמטען. יש לבטא את המרחק r מביטוי הפוטנציאל.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11399
בביטוי הפוטנציאל בנקודה בסביבת מטען נקודתי, המרחק r הוא המרחק ממרכז הגוף הטעון לנקודה.	14.7- בהתאם למרחקים המחושבים בשני הסעיפים הקודמים חשבו את ההעתק של תנועת המטען q בתנועתו מהנקודה A לנקודה B.	$r_B = 2m$	בביטוי הפוטנציאל בנקודה בסביבת מטען נקודתי, המרחק r הוא המרחק ממרכז הגוף הטעון לנקודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11400
נתון שכיוון הציר הוא כיוון התנועה, לכן ההעתק הוא חיובי. מומלץ לערוך תרשים הכולל את המטען, הנקודות והציר.	14.7- בהתאם למרחקים המחושבים בשני הסעיפים הקודמים חשבו את ההעתק של תנועת המטען q בתנועתו מהנקודה A לנקודה B.	$\Delta X = 3m$	נתון שכיוון הציר הוא כיוון התנועה, לכן ההעתק הוא חיובי. מומלץ לערוך תרשים הכולל את המטען, הנקודות והציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11401

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	המשך שאלה 14
https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11402	באופן כללי, הכוח החיצוני יכול להיות כוח כלשהו, במקרה זה מכיוון שהגוף נע במהירות קבועה הכוח החיצוני שווה בכל נקודה בגודלו לכוח החשמלי. את הכוח החשמלי ניתן לחשב מחוק קולון.	$F_A = 6.48 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ חיצוני $F_B = 4.05 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ חיצוני	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	14.8- חשב את הכוח החיצוני F_A הפועל על המטען q כאשר המטען נמצא בנקודה A ואת הכוח החיצוני F_B כאשר המטען q נמצא בנקודה B.	נתון מטען חיובי Q המקובע במקומו. גוף 1 הטעון במטען חיובי q מונע במהירות קבועה באמצעות כוח חיצוני מהנקודה A לנקודה B. על המטען q פועלים שני כוחות: הכוח החשמלי והכוח החיצוני, כמראה באיור הבא:
https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11403	בתנועת הגוף מנקודה A לנקודה B, הכוח החיצוני משתנה בקצב לא קבוע. רק כאשר ערך משתנה בקצב קבוע ניתן להשתמש במוצע חשבוני פשוט. לכן ערך הכוח הממוצע המחושב בסעיף זה הוא לא מדויק.	$\bar{F} = 2.349 \cdot 10^{-5} \text{ N}$	ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	14.9- חשב את ערך הממוצע של שני הכוחות החיצוניים: F_A ו- F_B. הנחיה: יש לחשב ממוצע חשבוני פשוט. (הערך המחושב הוא לא מדויק).	במהלך תנועת המטען הכוח החשמלי הולך וגדל, בהתאם גם הכוח החיצוני גדל כך ששקול הכוחות הפועלים על המטען שווה לאפס, כל זמן תנועת הגוף, מנקודה A לנקודה B.
https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11404	בחישוב זה העבודה מבוססת על הכוח הממוצע מהסעיף הקודם לכן ערך העבודה המחושבת הוא לא מדויק.	$W_{A \rightarrow B} = 7.182 \cdot 10^{-5} \text{ J}$ כוח חיצוני	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	14.10- בהתאם לכוח הממוצע חשב את עבודת הכוח החיצוני.	נתון גודל המטען המקובע Q, וגודל מטען הגוף הטעון q: $Q = 6 \mu\text{C}$ $q = 3 \text{ nC}$ נתונים הערכים של הפוטנציאלים בנקודות A ו- B: $V_A = 10,800 \text{ V}$ $V_B = 27,000 \text{ V}$ נתאר את תנועת המטען ביחס לציר שכיוונו ככיוון התנועה.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
המשך שאלה 14 נתון מטען חיובי Q המקובע במקומו. גוף 1 הטעון במטען חיובי q מונע במהירות קבועה באמצעות כוח חיצוני מהנקודה A לנקודה B. על המטען פועלים שני כוחות: הכוח החשמלי והכוח החיצוני, כמראה באיור הבא:  במהלך תנועת המטען הכוח החשמלי הולך וגדל, בהתאם גם הכוח החיצוני גדל כך ששקול הכוחות הפועלים על המטען שווה לאפס, כל זמן תנועת הגוף, מנקודה A לנקודה B. נתון גודל המטען המקובע Q, וגודל מטען הגוף הטעון q: $Q = 6 \mu C$ $q = 3 nC$ נתונים הערכים של הפוטנציאלים בנקודות A ו-B: $V_A = 10,800 V$ $V_B = 27,000 V$ נתאר את תנועת המטען ביחס לציר שכיוונו ככיוון התנועה.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	$W_{A \rightarrow B} = 4.86 \cdot 10^{-5} J$ חיצוני	1. הערך המתקבל משימוש בביטוי עבודת הכוח החיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ חיצוני הוא זהה לערך המתקבל ממשוואת העבודה אנרגיה (סעיף 14.4). והוא מדויק. ביטוי זה הוא הסיבה להגדרת הפוטנציאל! 2. ביטוי עבודת הכוח החיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ חיצוני דומה לביטוי עבודת הכוח החשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ חשמלי קיים הבדל חשוב בין שני ביטויים אלו: ביטוי עבודת הכוח החשמלי מתאים לכל מקרה. אך ביטוי עבודת הכוח החיצוני מתאים רק למקרה שבו האנרגיה הקינטית של הגוף בנקודת תחילת התנועה זהה לאנרגיה הקינטית של הגוף בנקודת סיום התנועה.	https://modle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11405

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
15. באיור שלפניך מתואר לוח הטעון בצפיפות מטען שלילית. 	15.1 - גוף 1 שמטענו $3nC$ נע בהשפעת כוח חיצוני במהירות קבועה מהנקודה B לנקודה A. חשב את עבודת הכוח החיצוני.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{X} \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	1. לפני חישוב העבודה יש לערוך תרשים כוחות המתאר את שני הכוחות הפועלים על הגוף ואת כיוון התנועה. 2. מכיוון שאין שינוי באנרגיה הקינטית, ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני. 3. הכוח החיצוני פועל נגד כיוון התנועה, לכן עבודתו שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11406
באיור מופיעות שלוש נקודות: A, B ו-C. המרחק בין הנקודה A לנקודה B היא ארבעה מטרים. נתייחס בכל סעיפי שאלה זו לציר שכיוונו ככיוון השדה החשמלי.	15.2 - גוף 1 שמטענו $3nC$ נע בהשפעת כוח חיצוני במהירות קבועה מהנקודה A לנקודה B. חשב את עבודת הכוח החיצוני.	ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$	הכוח החשמלי לא תלוי בכיוון תנועת הגוף. כדי שהגוף ינוע במהירות קבועה הכוח החיצוני "מתאים את עצמו" לכוח החשמלי כך ששקול הכוחות יהיה אפס. במקרה הקודם הכוח החיצוני פועל נגד כיוון התנועה ועבודתו שלילית. במקרה זה הכוח החיצוני פועל בכיוון התנועה ועבודתו חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11407
	15.3 - גוף 2 שמטענו $3nC$ נע בהשפעת כוח חיצוני במהירות קבועה מהנקודה B לנקודה A. חשב את עבודת הכוח החיצוני.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	סימן העבודה תלוי בשלושה גורמים: א. סוג הכוח הפועל על הגוף (חשמלי או חיצוני). ב. סימן מטען הגוף (חיובי או שלילי). ג. כיוון תנועת הגוף. (במעלה או במורד השדה).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11408
	15.4 - גוף 2 שמטענו $3nC$ נע בהשפעת כוח חיצוני במהירות קבועה מהנקודה A לנקודה B. חשב את עבודת הכוח החיצוני.	הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאליים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	1. לאחר חישוב העבודה מומלץ לבדוק את סימן העבודה. מהגדרת העבודה, כאשר כוח פועל בכיוון התנועה עבודתו חיובי. כאשר הכוח פועל נגד כיוון התנועה עבודתו שלילית. 2. סימן העבודה לא תלוי בכיוון ציר התנועה הנבחר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11409

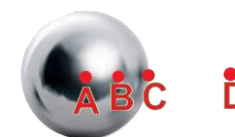
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
המשך שאלה 15 באיור שלפניך מתואר לוח הטעון בצפיפות מטען שלילית. 	15.5 - גוף 1 שמטענו 3nC נע בהשפעת כוח חיצוני במהירות קבועה מהנקודה C לנקודה B. א- חשב את עבודת הכוח החיצוני. ב- חשב את עבודת הכוח החשמלי.	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$	מכיוון שגוף 1 נע מפוטנציאל של -6V לפוטנציאל של -6V מביטוי עבודת הכוח החיצוני וגם מעבודת הכוח החשמלי העבודות שוות לאפס. מהגדרת העבודה, מכיוון שהכוח החשמלי והכוח החיצוני פועלים בניצב לתנועה הם לא עושים עבודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11410
באיור מופיעות שלוש נקודות: A, B ו-C. המרחק בין הנקודה A לנקודה B הוא ארבעה מטרים. נתייחס בכל סעיפי שאלה זו לציר שכיוונו ככיוון השדה החשמלי, שמאלה.	15.6 - כוח חיצוני מניע את גוף 1 שמטענו 3nC, במהירות קבועה בקו ישר, מהנקודה C לנקודה A. א- חשב את עבודת הכוח החיצוני. ב- חשב את עבודת הכוח החשמלי.	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאליים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	1. יש להכיר את הניסוח "גוף מועבר", הכוונה היא שמושקעת אנרגיה מינימלית רק כדי שהגוף ינוע מנקודה לנקודה, מבלי לשנות את האנרגיה קינטית של הגוף. לכן, כאשר גוף מועבר מנקודה לנקודה ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני. 2. הזווית שבין כיוון התנועה לכיוון הכוח החשמלי קטנה מ 90° מעלות, לכן מהגדרת העבודה במכניקה, עבודת הכוח החשמלי היא חיובית. לעומת זאת הזווית שבין כיוון התנועה לכיוון הכוח החיצוני היא גדולה מ 90° מעלות, לכן עבודת הכוח החיצוני היא שלילית. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11411

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	המשך שאלה 15 באיור שלפניך מתואר לוח הטעון בצפיפות מטען שלילית.  באיור מופיעות שלוש נקודות: A, B ו-C. המרחק בין הנקודה A לנקודה B הוא ארבעה מטרים. נתייחס בכל סעיפי שאלה זו לציר שכיוונו ככיוון השדה החשמלי, שמאלה.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11412	ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני רק כאשר ברור שהאנרגיה הקינטית לא משתנה, במקרה זה הגוף נע באופן לא ידוע, לכן לא ניתן לחשב את עבודת הכוח החיצוני. ניתן להשתמש בביטוי הכוח החשמלי גם במקרה זה.	א. $W_{C \rightarrow A} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ חשמלי ב. לא ניתן לחשב את עבודת הכוח החיצוני	הגדרת העבודה במכניקה: $W = F \cdot \Delta X \cdot \cos(\alpha)$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חיצוני: $W_{A \rightarrow B} = (V_B - V_A) \cdot q$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ הקשר בין עוצמת שדה אחיד להפרש פוטנציאליים בשדה: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	15.7 - גוף 1 שמטענו 3nC נע באופן לא ידוע בהשפעת כוח חיצוני מהנקודה C לנקודה A. א- חשב את עבודת הכוח החשמלי. ב- חשב את עבודת הכוח החיצוני.	

ה- השדה והפוטנציאל בסביבת כדור מוליך טעון.

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11413	1. מכיוון שהכדור עשוי מחומר מוליך, המטען העודף ימוקם על פני הכדור, בפיזור אחיד. 2. אם נמקם מטען בוחן בנקודה A (במרכז הכדור), שקול הכוחות שיפעלו על מטען הבוחן יהיה אפס. לכן, מהגדרת השדה החשמלי עוצמת השדה בנקודה A שווה לאפס.	$E_A = 0$	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	16.1- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה A.	16. נתון כדור מוליך הטעון במטען שלילי $Q = -5\mu C$ רדיוס הכדור הוא 8 ס"מ. נתונות ארבעת הנקודות הבאות: נקודה A נמצאת במרכז הכדור. נקודה B נמצאת במרחק 4 ס"מ מנקודת מרכז הכדור. נקודה C נמצאת על פני הכדור. נתונה D נמצאת במרחק 15 ס"מ מנקודת מרכז הכדור. הכדור וארבעת הנקודות מתוארים באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11414	1. מעט מפתיע, אך שקול הכוחות הפועלים על מטען הבוחן שווה לאפס בכל נקודה בתוך הכדור הטעון. בכל נקודה בתוך כדור מוליך טעון עוצמת השדה היא אפס. 2. עוצמת השדה החשמלי בתוך כדור לא מוליך שונה מאפס, מכיוון שפיזור המטען בכדור הלא מוליך הוא לא אחיד.	$E_B = 0$	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	16.2- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה B.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11415	1. הנקודה C נמצאת על פני הכדור יש להתייחס אליה כאל נקודה הנמצאת מחוץ לכדור. 2. לחישוב עוצמת השדה בכל נקודה מחוץ לכדור, יש להשתמש בביטוי לעוצמת שדה חשמלי בסביבת מטען נקודתי, ולהתייחס למטען הכדור כאל מטען נקודתי הממוקם במרכז הכדור.	$E_C = 7.03 \cdot 10^6 \frac{N}{C}$	ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$ הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$	16.3- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה C.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11416	קווי השדה החשמלי מחוץ לכדור הנוצרים מהכדור זהים לקווי השדה הנוצרים ממטען נקודתי המרוכז במרכז הכדור שמטענו זהה למטען הכדור.	$E_D = 2 \cdot 10^6 \frac{N}{C}$		16.4- חשב את עוצמת השדה החשמלי בנקודה D.	

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
המשך שאלה 16 נתון כדור מוליך הטעון במטען שלילי שערך $Q = -5\mu C$.	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$	$V_D = -300 \cdot 10^3 V$	הפוטנציאל הנוצר בנקודה D שווה לפוטנציאל הנוצר ממטען נקודתי במרכז הכדור שמטענו כמטען הכדור. מכיוון שלמטען נקודתי יש סימטריה כדורית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11417
רדיוס הכדור הוא 8 ס"מ. נתונות ארבעת הנקודות הבאות: נקודה A נמצאת במרכז הכדור.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	$V_C = -562.5 \cdot 10^3 V$	1. יש להתייחס לפוטנציאל בנקודה C כאל פוטנציאל בנקודה הנמצאת מחוץ לכדור. ולחשב את הפוטנציאל בדומה לחישוב בסעיף הקודם. 2. פני הכדור הוא משטח שווה פוטנציאל.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11418
נקודה B נמצאת במרחק 4 ס"מ מנקודת מרכז הכדור. נקודה C נמצאת על פני הכדור. נתונה D נמצאת במרחק 15 ס"מ מנקודת מרכז הכדור. הכדור וארבעת הנקודות מתוארים באיור הבא:	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	$V_B = -562.5 \cdot 10^3 V$	עוצמת השדה החשמלי בתוך הכדור הטעון שווה לאפס. (לא ניתן להתייחס לשדה בתוך הכדור כאל שדה הנוצר ממטען נקודתי הממוקם במרכזו). עבודת הכוח החיצוני הדרושה להנעת מטען בוחן מהאינסוף לפני הכדור זהה לעבודה הנדרשת כדי להביא את המטען מהאינסוף לכל נקודה בתוך הכדור. לכן מהגדרת הפוטנציאל, הפוטנציאל בנקודה B שווה לפוטנציאל בנקודה C.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11419
הפוטנציאל על פני הכדור זהה לפוטנציאל בתוך הכדור, אך השדה על פני הכדור הטעון שונה מאפס והשדה בתוך הכדור שווה לאפס. 2. מכיוון שהמטען העודף מרוכז על פני הקליפה, מבחינת השדה והפוטנציאל אין הבדל בין כדור טעון לקליפה טעונה.	הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$	$V_A = -562.5 \cdot 10^3 V$	1. הפוטנציאל על פני הכדור זהה לפוטנציאל בתוך הכדור, אך השדה על פני הכדור הטעון שונה מאפס והשדה בתוך הכדור שווה לאפס. 2. מכיוון שהמטען העודף מרוכז על פני הקליפה, מבחינת השדה והפוטנציאל אין הבדל בין כדור טעון לקליפה טעונה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11420



קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	17- בעזרת מנגנון מכני מיוחד, מכווצים את הכדור באופן אחיד בכל הכיוונים, הרדיוס הסופי של הכדור הוא 4 ס"מ.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11421	1. למרות שמטען הכדור לא משתנה, כיווץ הכדור גורם להגדלת הפוטנציאל על פניו. 2. בהתאם לביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, כיווץ הכדור לרדיוס קטן פי 2 מגדיל פי 2 את הפוטנציאל החשמלי על פני הכדור.	$V_B = -1.125 \cdot 10^6 \text{ V}$	הגדרת הפוטנציאל החשמלי: $V_A = \frac{W_{\infty \rightarrow A}}{q}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	17.1- חשב את ערך הפוטנציאל בנקודה B.	פעולת הכיווץ לא משנה את מטען הכדור. מטען הכדור נשאר: $Q = -5 \mu\text{C}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11422	בהתאם לביטוי השדה בסביבת מטען נקודתי, כיווץ הכדור לרדיוס קטן פי 2 מגדיל פי 4 את עוצמת השדה החשמלי על פני הכדור.	$E_B = 28.125 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	17.2- חשב את גודל השדה החשמלי בנקודה B.	1. נקודה A נמצאת במרכז הכדור, המרחק בין שלושת הנקודות: D, C, B לנקודה A זהה למרחקם בסעיף הקודם.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11423	הפוטנציאל בכל נקודה בתוך הכדור הטעון הוא זהה ושווה לפוטנציאל על פני הכדור.	$V_A = V_B = -1.125 \cdot 10^6 \text{ V}$	ביטוי לעוצמת השדה בסמוך למטען נקודתי: $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$	17.3- חשב את ערך הפוטנציאל בנקודה A.	באיור הבא מתואר הכדור לאחר כיווצו. ומיקומי ארבעת הנקודות:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11424	בתוך כל כדור מוליך טעון עוצמת השדה היא אפס.	$E_A = 0 \frac{\text{N}}{\text{C}}$	הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e . וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$	17.4- חשב את גודל השדה החשמלי בנקודה A.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11425	כל עוד מטען הכדור לא משתנה, כיווץ הכדור לא משפיע על עוצמת השדה הנמצאת בכל נקודה מחוץ לכדורים.	$V_D = -300 \cdot 10^3 \text{ V}$		17.5- חשב את ערך הפוטנציאל בנקודה D.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11426	כל עוד מטען הכדור לא משתנה, כיווץ הכדור לא משפיע על הפוטנציאל הנמצא בכל נקודה מחוץ לכדורים.	$E_D = 2 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{C}}$		17.6- חשב את גודל השדה החשמלי בנקודה D.	

ו- חיבור כדורים טעונים.

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11427	לשני הכדורים רדיוס זהה והם טעונים במטען זהה, לכן פוטנציאל הכדורים הוא זהה.	$V_1 = V_2 = -200V$	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} C$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$	18.1 – חשב את הפוטנציאל על פניו של כל אחד משני הכדורים, לפני חיבור המוליך.	18. נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים זהים. נסמן את הכדור הימני ככדור מספר 1, ואת הכדור השמאלי ככדור מספר 2.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11428	1. המוליך מחובר לכדורים בעלי פוטנציאל זהה. אין הפרש פוטנציאלים בין קצות המוליך. מהגדרת עבודת החשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ לא מבוצעת עבודה בהנעת מטען מכדור לכדור דרך המוליך. 2. מכיוון שאין הפרש פוטנציאלים בין קצות המוליך, עוצמת השדה החשמלי במוליך שווה לאפס. לא יפעל כוח על האלקטרונים במוליך. 3. מטען נע דרך המוליך המחובר לכדורים רק כאשר הפוטנציאלים של הכדורים הם שונים.	$Q = 0C$	הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e . וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	18.2 – חשב את כמות המטען Q העוברת בין הכדורים, זמן רב לאחר חיבור המוליך בין הכדורים.	הכדורים טעונים במטענים שליליים זהים. נתונים המטען והרדיוס של הכדורים: $Q_1 = Q_2 = -4nC$ $R_1 = R_2 = 18cm$ מחברים מוליך בין הכדורים, כמראה באיור הבא: 

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון	
19. נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים שונים. נסמן את הכדור הגדול ככדור מספר 1 ואת הכדור הקטן ככדור מספר 2.  הכדורים טעונים במטענים שליליים זהים. נתונים מטעני הכדורים ורדיוסם: $Q_1 = Q_2 = -4nC$ $R_1 = 18cm$ $R_2 = 9cm$ מחברים מוליך בין הכדורים, כמראה באיור הבא: 	19.1 – חשב את הפוטנציאל על פניו של כל אחד משני הכדורים, לפני חיבור המוליך. 19.2 – נסמן את המטען בכל אחד משני הכדורים (זמן רב לאחר חיבור המוליך) בסימונים: Q_1' ו- Q_2' א. מה כיוון תנועת האלקטרונים במוליך לאחר חיבור המוליך. ב. חשב את המטען בכל אחד מהכדורים זמן רב לאחר חיבור המוליך. 19.3 – חשב את גודל המטען Q העובר בין הכדורים, זמן רב לאחר חיבור המוליך בין הכדורים.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19}C$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$ הקשר בין כמות האלקטרונים N . מטען האלקטרון q_e . וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	$V_1 = -200V$ $V_2 = -400V$ א. האלקטרונים ינועו ימינה. מכדור 2 לכדור 1. ב. $Q_1' = -5.33 \cdot 10^{-9}C$ $Q_2' = -2.66 \cdot 10^{-9}C$ $Q = 1.33 \cdot 10^{-9}C$	מביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי, פוטנציאל הכדור תלוי ביחס הפוך ברדיוס הכדור. 1. הפרש פוטנציאלים גורם לתנועת מטען. מטען חיובי נע מפוטנציאל גבוה לפוטנציאל נמוך. ומטען שלילי נע מפוטנציאל נמוך לפוטנציאל גבוה. לאחר חיבור המוליך בין הכדורים, מטען ינוע מכדור לכדור עד שהפוטנציאלים של הכדורים יהיה שווה. (ולא עד שהמטען בכדורים יהיה שווה) 2. כדי למצוא את המטען בכל כדור זמן רב לאחר חיבור המוליך יש לכתוב שתי משוואות עם הנעלמים Q_1' ו- Q_2' . משוואה אחת מתקבלת מהשוואת הפוטנציאלים ומשוואה נוספת מתקבלת מחוק שימור מטען. 1. שני הכדורים והמוליך מהווים מערכת מבודדת. המטען יכול לנוע רק בין הכדורים, לכן אם כמות המטען בכדור אחד גדלה בכמות מסוימת של מטען. כמות המטען בכדור השני קטנה בדיוק באותה כמות של מטען. ומתקיים: $ \Delta Q_1 = \Delta Q_2 $ כמות המטען שעוברת בין הכדורים שווה לגודל שינוי המטען של כל אחד מהכדורים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chaptersid=11429 https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chaptersid=11430 https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chaptersid=11431

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
המשך שאלה 19 19. נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים שונים. נסמן את הכדור הגדול ככדור מספר 1 ואת הכדור הקטן ככדור מספר 2.	19.4 – חשב את מספר האלקטרונים שעבר בין הכדורים, מרגע חיבור המוליך ועד זמן רב לאחר חיבור המוליך.	$N = 8.31 \cdot 10^9$	בהתאם לכמות המטען שעברה בין הכדורים Q ומטען האלקטרון בעזרת הביטוי: $Q = q_e \cdot N$ ניתן לחשב את מספר האלקטרונים N שעברו בין הכדורים.	https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11432
19.5 – חשב את הפוטנציאל בכל אחד משני הכדורים זמן רב לאחר חיבור המוליך.	ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e . וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	$V_1' = -266.6 \text{ V}$ $V_2' = -266.6 \text{ V}$	סכום הפוטנציאלים בשני הכדורים לפני חיבור המוליך שונה מסכום הפוטנציאלים לאחר חיבור הכדורים. המטען נשמר אך הפוטנציאל לא נשמר.	https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11477



הכדורים טעונים במטענים שליליים זהים. נתונים מטעני הכדורים ורדיוסם:

$$Q_1 = Q_2 = -4 \text{ nC}$$

$$R_1 = 18 \text{ cm}$$

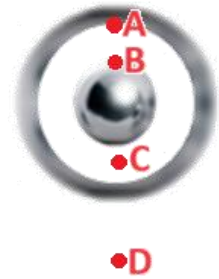
$$R_2 = 9 \text{ cm}$$

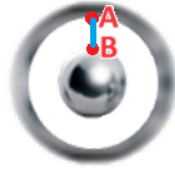
מחברים מוליך בין הכדורים, כמראה באיור הבא:



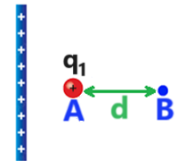
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
20. נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים שונים. נסמן את הכדור הגדול ככדור מספר 1 ואת הכדור הקטן ככדור מספר 2.  הכדורים טעונים במטענים שונים, הכדור הגדול טעון במטען חיובי והכדור הקטן טעון במטען שלילי. נתונים מטעני הכדורים ורדיוסים: $Q_1 = 4nC$ $Q_2 = -8nC$ $R_1 = 18cm$ $R_2 = 9cm$ מחברים מוליך בין הכדורים, כמורה באיור הבא: 	20.1 - נסמן את המטען בכל אחד משני הכדורים, (זמן רב לאחר חיבור המוליך) בסימונים: Q_1' ו- Q_2'. חשב את המטען בכל אחד מהכדורים זמן רב לאחר חיבור המוליך. 20.2 - חשב את גודל המטען Q העובר בין הכדורים, זמן רב לאחר חיבור המוליך בין הכדורים 20.3 - מה כיוון תנועת האלקטרונים במוליך. 20.4 - חשב את מספר האלקטרונים שעברו בין הכדורים, מרגע חיבור המוליך ועד זמן רב לאחר חיבור המוליך.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} C$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$ הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	לפני חיבור הכדורים הטעונים בכל כדור יכול להיות מטען כלשהו ובהתאם פוטנציאל כלשהו. זמן רב לאחר חיבור הכדורים, ממשוואת הפוטנציאלים מתקיים שיחס המטענים זהה ליחס הרדיוסים: $\frac{Q_2'}{Q_1'} = \frac{r_1}{r_2}$ 1. כמות המטען העובר בין הכדורים לא תלוי רק ביחס רדיוסי הכדורים הוא תלוי גם בכמות המטען ההתחלתית הקיימת בכל כדור. 2. גודל המטען העובר בין הכדורים שווה לגודל שינוי המטען בכל אחד משני הכדורים. כדור 1 היה טעון לפני חיבור הכדורים במטען חיובי. לאחר חיבור הכדורים כדור 1 טעון במטען שלילי. לכן הוא קיבל אלקטרונים. המטען בכדור 2 הוא פחות שלילי כתוצאה מחיבור המוליך לכן כדור 2 מסר אלקטרונים. 1. הביטוי המקשר בין כמות מטען למספר האלקטרונים: $Q = q_e \cdot N$ לא מופיע בדפי הנוסחאות. 2. ההיגיון של הביטוי דומה להיגיון בקניית מוצרים זהים, מכפלת מספר המוצרים בעלות מוצר בודד שווה לעלות הכוללת.	https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11433 https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11434 https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11435 https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11436

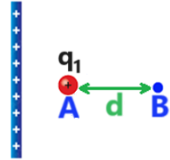
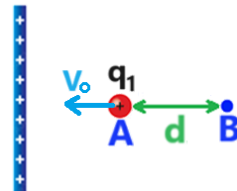
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
21. בהמשך לשאלה הקודמת, משנים את המטען בכדורים, לפני חיבור המוליך: $Q_1 = -2.66 \text{ nC}$ $Q_2 = -1.33 \text{ nC}$ ומחברים מוליך בין הכדורים, כמראה באיור הבא: 	21 – חשב את גודל המטען Q העובר בין הכדורים, זמן רב לאחר חיבור המוליך בין הכדורים.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	1. פוטנציאל הכדורים זהה כאשר יחס המטענים זהה ליחס הרדיוסים, זה המצב במקרה זה לפני חיבור המוליך. מכיוון שפוטנציאל הכדורים זהה לפני חיבור לא יעבור מטען מכדור לכדור. 2. אם נכתוב את משוואת שימור המטען ואת משוואת השוואת הפוטנציאלים, ונפתור מערכת של שתי משוואות בשני נעלמים נראה שהמטען בכדורים לאחר חיבור המוליך זהה למטען שהיה בהם לפני חיבור המוליך. מטען לא ינוע בין הכדורים.	https://moodle.youcubec.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11437
22. נתונים שתי קליפות (כדורים חלולים) בעלי רדיוסים שונים. שתי הקליפות עשויות מחומרים מוליכים. נסמן את הקליפה הגדולה כקליפה מספר 1 ואת הקליפה הקטנה כקליפה מספר 2.  מחברים מוליך בין שתי הקליפות, וממתינים זמן רב. נתון מטען קליפה 1 לפני חיבור המוליך. זמן רב לאחר חיבור המוליך. $Q_1 = 24 \mu\text{C} \quad Q_1' = 14 \mu\text{C}$ נתונים רדיוסי הקליפות: $R_1 = 18 \text{ cm} \quad R_2 = 9 \text{ cm}$	22- חשב את מטען כדור 2 לפני חיבור המוליך Q_2 וזמן רב לאחר חיבור המוליך Q_2'.	הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	1. אין הבדל מבחינה פיזיקלית בין תנועת מטענים בין כדורים טעונים לתנועת מטענים בין קליפות טעונות. המטען העודף בכדור הטעון מרוכז על פני הכדור (בדומה לקליפה) 2. בשאלה הקלאסית בנושא חיבור כדורים טעונים. נתונים מטעני הכדורים לפני חיבור המוליך, יש למצוא את מטען הכדורים זמן רב לאחר חיבור המוליך. שאלה זו מעט שונה, נתון מטען כדור 1 לפני חיבור המוליך וזמן רב אחרי חיבור המוליך. יש למצוא את מטען כדור 2 לפני חיבור המוליך ואחרי חיבור המוליך. מהלך הפתרון דומה, יש לנו שתי משוואות, בכל משוואה יש ארבעה נעלמים: $Q_1 \quad Q_2 \quad Q_1' \quad Q_2'$ בשאלה נתונים שני נתונים ויש למצוא בעזרת המשוואות את שני הנתונים החסרים. 3. בשאלות העוסקות בחיבור כדורים טעונים, אנחנו עוסקים במוליך ארוך ודק. המוליך הוא דק כדי שהוא לא יהיה גוף נוסף. (הוא לא מקבל ולא מוסר לאקטרונים) המוליך ארוך כך שהמרחק בין הכדורים הטעונים הוא גדול, הכדורים לא משפיעים על פיזור המטען בכדורים.	https://moodle.youcubec.co.il/mod/boook/view.php?id=4649&chapterid=11438

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
23. שאלת רשות! נתונים שתי קליפות דקות ומוליכות בעלי רדיוסים שונים. נסמן את הקליפה הגדולה כקליפה מספר 1 ואת הקליפה הקטנה כקליפה מספר 2. רדיוסי הקליפות: $R_1 = 18\text{cm}$ $R_2 = 9\text{cm}$ נתונים מטעני הקליפות: $Q_1 = 14\mu\text{C}$ $Q_2 = 7\mu\text{C}$ מכניסים את הקליפה הקטנה לתוך הקליפה הגדולה. בסביבת הקליפות מתוארות ארבע נקודות A, B, C, D, כמוראה באיור הבא: 	23.1 - מרכזי שתי הקליפות ממוקמים בנקודה זוה. חשב את הפוטנציאל בנקודה A, הנמצאת במרחק 18 ס"מ מנקודת מרכז הקליפות. 23.2 - חשב את הפוטנציאל בנקודה B, הנמצאת במרחק 9 ס"מ מנקודת מרכז הקליפות. 23.3 - חשב את הפוטנציאל בנקודה C, הנמצאת במרחק 13 ס"מ מנקודת מרכז הקליפות. 23.4 - חשב את הפוטנציאל בנקודה D, הנמצאת במרחק 25 ס"מ מנקודת מרכז הקליפות.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	1. במקרה של קליפה בתוך קליפה, מעיקרון הסופרפוזיציה, הפוטנציאל בכל נקודה שווה לסכום הפוטנציאלים שיצרות הקליפות בנקודה. 2. בחישוב הפוטנציאל בנקודה בסביבת קליפה טעונה (או כדור טעון) יש להבחין בין נקודה הנמצאת בתוך הקליפה לנקודה הנמצאת מחוץ לקליפה. הפוטנציאל בנקודה הנמצאת בתוך הקליפה שווה לפוטנציאל על פני הקליפה. הפוטנציאל בנקודה הנמצאת מחוץ לקליפה שווה לפוטנציאל הנוצר בנקודה ממטען נקודתי הממוקם במרכז הקליפה שמטענו כמטען הקליפה. לכן, לפני חישוב הפוטנציאל הנוצר מהקליפה בנקודה יש להבחין בין נקודה הנמצאת בתוך הקליפה לנקודה הנמצאת מחוץ לקליפה. כך למשל הנקודה C נמצאת בתוך הקליפה הגדולה ומחוץ לקליפה הקטנה. והנקודה D נמצאת מחוץ לשתי הקליפות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11&id=440 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11&id=441 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11&id=442 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11&id=443
השאלה		התשובה		

קישור לפתרון	הערות חשובות		העקרונות הפיזיקליים		
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4649&chapterid=11439	1. גם במקרה של קליפה בתוך קליפה, זמן רב לאחר חיבור הקליפות הפוטנציאלים של הקליפות משתווים וסכום מטעני הקליפות לא משתנה. 2. מכיוון שהפוטנציאל בכל נקודה בתוך קליפה טעונה כלשהי שווה לפוטנציאל על פני הקליפה. במקרה זה, לאחר חיבור המוליך, הפוטנציאל בנקודות A ו B יכול להיות זהה רק כאשר מטען הקליפה הקטנה הוא אפס. לכן כתוצאה מחיבור המוליך כל המטען בקליפה הפנימית יעבור לקליפה החיצונית. 3. לאחר חיבור המוליך ניתן לראות את שתי הקליפות כגוף אחד טעון. בכל נקודה בתוך הכדור (בחלל הריק או בקליפה הקטנה) הפוטנציאל זהה ושווה לפוטנציאל על פני הקליפה.	$Q_1' = 21\mu\text{C}$ $Q_2' = 0\text{C}$	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ ערכי המטענים האלמנטריים: $q_p = +1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ הקשר בין כמות האלקטרונים N. מטען האלקטרון q_e. וסך כל המטען Q הוא: $Q = N \cdot q_e$ חוק שימור מטען: מטען לא נולד ולא נכחד הוא רק עובר בין גוף לגוף.	24. חשב את המטען בכל אחד משתי הקליפות, זמן רב לאחר חיבור המוליך.	בהמשך לשאלת הרשות בדף הקודם 24. מחברים מוליך בין הקליפות, כמראה באיור הבא:  נסמן את המטענים בקליפות זמן רב לאחר חיבור המוליך $Q_1' \quad Q_2'$

ז- שימור אנרגיה מכאנית.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
25. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון. בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 1 הטעון במטען חיובי q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A, כמוראה באיור הבא:  הגוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B. נתייחס לציר שכיוונו ככיוון השדה החשמלי, ימינה.	25.1- בתנועת גוף 1 מנקודה A לנקודה B, הגוף נע בתאוצה קבועה. חשב את תאוצת הגוף. 25.2- חשב בעזרת עקרונות הקינמטיקה את מהירותו של הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B.	1. סימן התאוצה נקבע רק בהתאם לכיוון הכוח ביחס לכיוון הציר הנבחר. כל עוד הכוח פועל בכיוון ציר התנועה הנבחר התאוצה היא חיובית, גם אם סימן המטען הנע הוא שלילי וגם אם הלוח טעון במטען שלילי. 2. בתנועת מטען בשדה אחיד לא ניתן להשתמש בחוק קולון לחישוב הכוח, ניתן לחשב את הכוח רק בעזרת הגדרת השדה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11978
25.2- חשב בעזרת עקרונות הקינמטיקה את מהירותו של הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B.	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	1. מכיוון שהגוף נע בתאוצה קבועה ניתן לחשב בעזרת עקרונות המכניקה את מהירות הגוף בנקודה B במדויק. 2. כדי להבחין בין פוטנציאל למהירות. נסמן מהירות ב- V ופוטנציאל ב- V.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11979
25.3- נתון שהפוטנציאל הנוצר מהלוח הטעון בנקודה A הוא 28 וולט. חשב את הפוטנציאל הנוצר מהלוח הטעון בנקודה B.		$V_B = 16V$ יחידות השדה הן גם וולט למטר. עוצמת השדה 2 וולט למטר, המשמעות היא שלאורך מטר במורד השדה, הפוטנציאל קטן ב 2 וולט. במקרה זה לאורך שישה מטרים הפוטנציאל קטן ב 12 וולט. ניתן להגיע לאותה המסקנה משימוש בביטוי השדה האחיד: $E = -\frac{\Delta V}{\Delta X}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11980

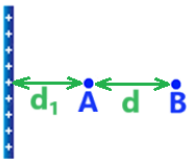
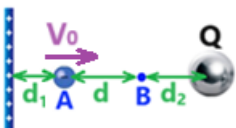
קישור לפתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11981	$V_B = 2 \frac{m}{s}$ 1. בעזרת שימור אנרגיה אנחנו מקשרים בין המהירות לפוטנציאל. (כשם שבמכניקה, בעזרת שימור אנרגיה, אנחנו מקשרים בין המהירות לגובה). 2. לפני שימוש במשוואת שימור האנרגיה יש לציין שרק הכוח החשמלי עושה עבודה לכן האנרגיה המכנית נשמרת.	עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	25. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון. בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 1 הטעון במטען חיובי q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A, כמורה באיור הבא:	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11983	$d' = 6m$ 1. נקודת העצירה והמרחק המבוקש לא מופיעים באיור. לפני כתיבת הפתרון, חשוב להגדיר את נקודת העצירה ואת המרחק המבוקש ולערוך תרשים חדש בהתאם, ורק לאחר מכן לפתור את השאלה. 2. הגוף נע בתאוצה קבועה. לכן, ניתן למצוא את המרחק המבוקש בעזרת עקרונות המכניקה. 3. בסעיף זה ובסעיף הקודם רק הכוח החשמלי מבצע עבודה. בסעיף קודם הכוח החשמלי פועל בכיוון התנועה הוא מבצע עבודה חיובית, גורם להגדלת האנרגיה הקינטית. בסעיף זה הכוח החשמלי פועל בכיוון נגדי לכיוון התנועה הוא מבצע עבודה שלילית, גורם להקטנת האנרגיה הקינטית. בסעיף זה ובסעיף הקודם העבודות זהות בגודלן ושונות בסימון. השינוי באנרגיה הקינטית במקרה זה הינו מינוס השינוי באנרגיה הקינטית בסעיף הקודם.	25.5- במקרה אחר, הגוף נזרק מנקודה A שמאלה, במהירות גודלה 2 מטר לשנייה.  הגוף לא פוגע בלוח, הוא נעצר סמוך ללוח וחוזר ימינה. חשב את המרחק בין נקודה A לנקודת העצירה.	הגוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B. נתייחס לציר שכיוונו ככיוון השדה החשמלי, ימינה. נתון מטען גוף 1 q_1, המרחק בין הנקודות d ומסת הגוף m_1:	$q_1 = 5mc$ $d = 6m$ $m_1 = 0.03kg$

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
26. נתון כדור הטעון במטען חיובי Q, המקובע במקומו. בסמוך לכדור קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 1 הטעון במטען חיובי q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A, כמוראה באיור הבא:  הגוף משוחרר ממנוחה ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B. נתונים ערכי המטענים, מרחקי הנקודות ממרכז הכדור הטעון ומסת הגוף הנקודתי: $Q = 50 \mu\text{C}$ $q_1 = 3 \text{ nC}$ $r_A = 1 \text{ m}$ $r_B = 3 \text{ m}$ $m_1 = 0.03 \text{ kg}$	26.1 - הגוף נע בתאוצה הולכת וקטנה. כתוב ביטוי לתאוצת הגוף, כתלות במרחק הגוף r ממרכז הכדור הטעון. 26.2 - חשב את תאוצת הגוף כאשר הוא נמצא בנקודה A וכאשר הוא נמצא בנקודה B. 26.3 - בתנועת הגוף מנקודה A לנקודה B, תאוצת הגוף הולכת וקטנה. חשב את הערך של ממוצע התאוצות. הנחיה: יש לחשב את הממוצע החשבוני הפשוט בין תאוצת הגוף בנקודה A לתאוצת הגוף בנקודה B.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11968 $a = \frac{K \cdot Q \cdot q}{r^2 \cdot m_1}$ הביטוי מתאר את תאוצת הגוף בכל נקודה בה נמצא הגוף, בהתאם למרחק הנקודה מנקודת מרכז הכדור.
		$a_B = 0.005 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_A = 0.045 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ מביטוי התאוצה בסעיף הקודם, ניתן לראות שתאוצת הגוף תלויה ביחס הפוך בריבוע המרחק. הנקודה B רחוקה מנקודת מרכז הכדור פי 3 יחסית למרחק הנקודה A. התאוצה בנקודה B קטנה פי 9 מהתאוצה בנקודה A.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11969
		$\bar{a} = 0.025 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ רק כאשר גודל פיזיקלי משתנה בקצב קבוע, הממוצע החשבוני הפשוט של הערך ההתחלתי והערך הסופי שווה בדיוק לממוצע הגודל הפיזיקלי. במקרה זה תאוצת הגוף לא משתנה בקצב קבוע. לכן, ערך התאוצה הממוצע המדויק שונה מעט מ- 0.025 מטר לשנייה בריבוע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11970

קישור לפתרון	תשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	
https://moodle.youcubecol.org/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11972	$V_B = 150,000V$ $V_A = 450,000V$ ערכי הפוטנציאלים גדולים (גם כאשר מטען הכדור Q הוא יחסית קטן) בגלל ערכו הגדול של הקבוע K.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$	26.5- חשב את הפוטנציאלים הנוצרים מהכדור הטעון בנקודות A ו-B.	המשך שאלה 26 נתון כדור הטעון במטען חיובי Q, המקובע במקומו. בסמוך לכדור קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 1 הטעון במטען חיובי q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A, כמורה באיור הבא:
https://moodle.youcubecol.org/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11973	$V_B = 0.24 \frac{m}{s}$ 1. האנרגיה המכאנית נשמרת מכיוון שרק הכוח החשמלי מבצע עבודה. 2. ערך המהירות המחושב משימור האנרגיה הוא מדויק. 3. במשוואת שימור האנרגיה מופיעה המהירות והפוטנציאל. לכן חשוב לסמן אותם בסימון שונה. בתרגול זה המהירות מסומנת ב- V והפוטנציאל מסומן ב- V.	ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	26.6- חשב את מהירות הגוף בנקודה B בעזרת שימור האנרגיה המכאנית.	 הגוף משוחרר ממנוחה ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B. נתונים ערכי המטענים, מרחקי הנקודות ממרכז הכדור הטעון ומסת הגוף הנקודתי: $Q = 50 \mu c$ $q_1 = 3 n c$ $r_A = 1 m$ $r_B = 3 m$ $m_1 = 0.03 kg$

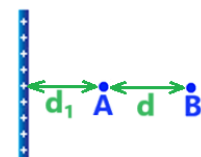
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון
27. נתון כדור הטעון במטען חיובי Q, המקובע במקומו. בסמוך לכדור קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 2 הטעון במטען שלילי q_2 מוחזק במנוחה בנקודה B, כמוראה באיור הבא:  הגוף משוחרר ממנוחה ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה A. נתונים ערכי המטענים, מרחקי הנקודות ממרכז הכדור הטעון ומסת הגוף הנקודתי: $Q = 50\mu\text{C}$ $q_2 = -3\text{nC}$ $r_A = 1\text{m}$ $r_B = 3\text{m}$ $m_2 = 0.03\text{kg}$	27.1- חשב את האנרגיה הפוטנציאלית של גוף 2 כאשר הוא נמצא בנקודה A וכאשר הגוף נמצא בנקודה B.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	1. יש להבחין בין פוטנציאל לאנרגיה פוטנציאלית. הפוטנציאל הוא תכונה של נקודה במרחב, האנרגיה הפוטנציאלית היא תכונה של הגוף. הפוטנציאל בנקודה לא תלוי במטען הממוקם בנקודה. לעומת זאת, האנרגיה הפוטנציאלית תלויה במטען הממוקם בנקודה. 2. האנרגיה הפוטנציאלית היא של שני הגופים הטעונים. אנרגיה פוטנציאלית חיובית מתארת את יכולת הכוח החשמלי לבצע עבודה בהרחקת המטענים עד לאינסוף. כאשר האנרגיה הפוטנציאלית היא שלילית הכוח החשמלי פועל לקרב בין המטענים.	https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11974
27.2- עבודת כוח משמר שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית, השתמש בעובדה זו ובמשפט העבודה אנרגיה וחשב את מהירותו של גוף 2 כאשר הוא חולף בנקודה A.	שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	עבודת הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית חשמלית: $W = -\Delta U$ ביטוי זה שקול לביטוי עבודת הכוח החשמלי: $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$	עבודת הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית חשמלית: $V_A = 0.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11975

קישור לפתרון	הערות חשובות	התשובה	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	המשך שאלה 27
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11976	$V_A = 0.24 \frac{m}{s}$ בכתיבת הפתרון, לפני כתיבת משוואת שימור האנרגיה, יש לנמק מדוע האנרגיה נשמרת. הנימוק: רק הכוח החשמלי עושה עבודה לכן האנרגיה המכנית נשמרת.		חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$	27.3- חשב בעזרת משוואת שימור האנרגיה את מהירותו של גוף 2 כאשר הוא חולף בנקודה A.	נתון כדור הטעון במטען חיובי Q, המקובע במקומו. בסמוך לכדור קיימות שתי נקודות A ו-B. גוף 2 הטעון במטען שלילי q_2 מוחזק במנוחה בנקודה B, כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11977	$V_A = 0.47 \frac{m}{s}$ 1. אין צורך במקרה זה לדעת מה הוא כיוון הזריקה כדי לחשב את גודל המהירות בנקודה A. 2. משוואת שימור האנרגיה לא מתייחסת לכיוון תנועת הגוף רק לגודל המהירות.		אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: במקרה בו רק כוח חשמלי מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	27.4- במקרה אחר גוף 2 נזרק מנקודה B בכיוון לא ידוע, במהירות שגודלה 0.4 מטר לשנייה, בתנועתו חולף הגוף בנקודה A. חשב את מהירותו של גוף 2 כאשר הוא חולף בנקודה A.	 הגוף משוחרר ממנוחה ונע בהשפעת הכוח החשמלי בלבד. בתנועתו חולף הגוף בנקודה A. נתונים ערכי המטענים, מרחקי הנקודות ממרכז הכדור הטעון ומסת הגוף הנקודתי: $Q = 50 \mu c$ $q_2 = -3 nc$ $r_A = 1 m$ $r_B = 3 m$ $m_2 = 0.03 kg$

קישור לפתרון	התשובה והערות חשובות	השאלה	
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4747&chapterid=11982	$V_B = -68V$ $V_A = 12V$ 1. בכל מקרה שבו בסביבת הנקודה יש מספר מטענים כדי לחשב את פוטנציאל הנקודה יש לסכום את הפוטנציאלים הנוצרים מכל הגופים בנקודה. 2. הפוטנציאל הנוצר בנקודות A ו-B הוא ביחס לאינסוף גם מבחינת הלוח וגם מבחינת הכדור, לכן ניתן לחבר בין הפוטנציאלים. אם הפוטנציאל בסביבת הכדור לא היה ביחס לאינסוף לא ניתן היה לחבר בין הפוטנציאלים.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	28. נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחדיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון. בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B. נסמן ב-d את המרחק בין הנקודות. וב-d₁ את המרחק בין נקודה A ללוח הטעון. נתונים הפוטנציאלים הנוצרים מהלוח הטעון בנקודות A ו-B, ביחס לאינסוף: $V_A = 30V$ $V_B = 22V$  ממקמים מימין לנקודה B כדור נקודתי הטעון במטען שלילי שמטענו Q. נסמן את המרחק בין הכדור הטעון לנקודה B ב-d₂. גוף נקודתי הטעון במטען שלילי q נזרק מהנקודה A. נתון: $q = -7mc$ $d_1 = 0.7m$ $d_2 = 0.5m$ $d = 2m$ $m = 0.03kg$ $Q = -5nC$
https://moodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4747&chapterid=11984	$V_0 = 6.11 \frac{m}{s}$ האנרגיה היא גודל סקלרי שיכול להיות שלילי. לכן יש להתייחס לסימן המטען השלילי במשוואת האנרגיה.	28.2- ממקמים בנקודה A את הגוף הנקודתי הטעון במטען שלילי, הגוף נזרק ימינה במהירות V₀, כמוראה באיור הבא:  הגוף נע מנקודה A לנקודה B ונעצר רגעית בנקודה B. התייחס לציר תנועה שכיוונו ימינה. וחשב את גודל מהירות זריקת הגוף V₀.	נתון: $q = -7mc$ $d_1 = 0.7m$ $d_2 = 0.5m$ $d = 2m$ $m = 0.03kg$ $Q = -5nC$

המשך שאלה 28

נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית.
עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון.



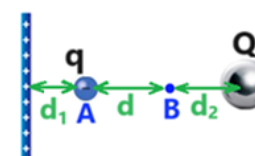
בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B.
נסמן ב-d את המרחק בין הנקודות. וב-
 d_1 את המרחק בין נקודה A ללוח הטעון.

נתונים הפוטנציאלים הנוצרים מהלוח הטעון בנקודות A ו-B,
ביחס לאינסוף:

$$V_A = 30V$$

$$V_B = 22V$$

ממקמים מימין לנקודה B כדור
נקודתי הטעון במטען שלילי
שמטענו Q.



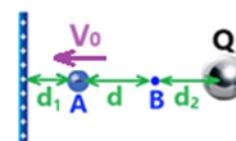
נסמן את המרחק בין הכדור הטעון
לנקודה B ב- d_2 .

גוף נקודתי הטעון במטען שלילי q נזרק מהנקודה A.
נתון:

$$\begin{aligned} q &= -7mc \\ d_1 &= 0.7m \\ d_2 &= 0.5m \\ d &= 2m \\ m &= 0.03kg \\ Q &= -5nC \end{aligned}$$

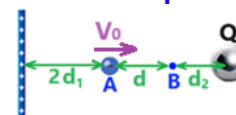
המשך שאלה 28

28.3- במקרה אחר,
הגוף הטעון במטען
שלילי, שוב נזרק
מהנקודה A במהירות
 V_0 (המחושבת בסעיף
הקודם), הפעם הגוף
נזרק שמאלה, כפי
שניתן לראות באיור
הבא:



הגוף עובר דרך הלוח
ונעצר בצידו השני
בנקודה C.
מה הפוטנציאל בנקודה
C?

28.4- מגדילים את
המרחק בין הלוח
למטען (d_1) פי 2.
מבלי לשנות את
המרחקים האחרים



זורקים שוב את הגוף
הטעון מהנקודה A
ימינה, באותה המהירות
 V_0 האם במקרה זה
הגוף ייעצר בנקודה B
הסבר.

חוק קולון:

$$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

עוצמת השדה
החשמלי בסביבת
לוח טעון:

$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$$

ביטוי לפוטנציאל
בסביבת מטען
נקודתי:

$$V = \frac{K \cdot q}{r}$$

אנרגיה פוטנציאלית
חשמלית:

$$U_E = V \cdot q$$

ביטוי לעבודת כוח
חשמלי:

$$\begin{aligned} W &= -\Delta U_E \\ W_{A \rightarrow B} &= (V_A - V_B) \cdot q \end{aligned}$$

שימור אנרגיה
מכאנית:

$$\begin{aligned} E_A &= E_B \\ E_{K_A} + U_A &= E_{K_B} + U_B \end{aligned}$$

$$V_C = V_B = -68V$$

1. כפי שראינו במכניקה, במסילה אנכית, כאשר
האנרגיה המכנית נשמרת, בכל נקודה יש לגוף
מהירות המתאימה לגובה בו נמצא הגוף.

באופן דומה, בתנועת מטען חשמלי, כאשר
האנרגיה המכנית נשמרת, בכל נקודה יש לגוף
מהירות המתאימה לפוטנציאל בו נמצא הגוף.

לכן, אם הגוף נזרק ימינה והוא נעצר בנקודה B,
גם כאשר הוא ייזרק שמאלה הוא ייעצר
בפוטנציאל הזהה לפוטנציאל בנקודה B.

2. ניתן לענות על סעיף זה באופן מילולי.

הגוף ייעצר בנקודה B.

1. הלוח הטעון יוצר שדה חשמלי אחיד.
מביטוי השדה האחיד:

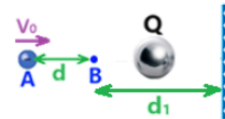
$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta X}$$

כל עוד השדה לא משתנה והמרחק בין הנקודות
לא משתנה, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות
לא ישתנה, לכן למרות השינוי במיקום הלוח,
המטען ייעצר בנקודה B.

2. שינוי מיקום הלוח לא משנה את תנועת הגוף
הטעון, לכן הוא ייעצר בנקודה B.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11985>

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11986>

קישור לפתרון	התשובה והערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	השאלה	נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית. עוצמת השדה האחד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון. בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B. נסמן ב-d את המרחק בין הנקודות. וב-d₁ את המרחק בין נקודה A ללוח הטעון. נתונים הפוטנציאלים הנוצרים מהלוח הטעון בנקודות A ו-B: $V_A = 30V \quad V_B = 22V$ ממקמים מימין לנקודה B כדור נקודתי הטעון במטען שלילי q. שמטענו Q. נסמן את המרחק בין הכדור הטעון לנקודה B ב-d₂. גוף נקודתי הטעון במטען שלילי q נזרק מהנקודה A. נתון: $q = -7mc$ $d_1 = 0.7m$ $d_2 = 0.5m$ $d = 2m$ $m = 0.03kg$ $Q = -5nC$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11987	הגוף לא ייעצר בנקודה B. בניגוד להזזת הלוח בסעיף הקודם שינוי מיקום הלוח במקרה זה גורם לשינוי כיוון השדה. <u>מעקרונות החשמל</u> – במורד השדה הפוטנציאל קטן, לכן הפוטנציאל הנוצר מהלוח בנקודה A קטן מהפוטנציאל הנוצר מהלוח בנקודה B. הפוטנציאל הנוצר בנקודות שווה לסכום הפוטנציאלים הנוצרים בכל נקודה מהלוח ומהכדור. מכיוון שהפוטנציאלים משתנים, המטען לא ייעצר בנקודה B. <u>מעקרונות המכניקה</u> – בעקבות שינוי מיקום הלוח במקרה זה, השדה החשמלי יהפוך את כיוונו. ובהתאם גם הכוח החשמלי הפועל על הגוף הטעון יהפוך את כיוונו ויפעל ימינה. בהתאם הכוח השקול משתנה, התאוצה משתנה, והגוף לא יעצור בנקודה B.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	28.5- ממקמים את הלוח הטעון מימין לכדור הטעון במרחק d₁ מהנקודה B כמוראה באיור הבא:  *התרשים הוא לא בקנה מידה נכון. זורקים שוב את הגוף הטעון מנקודה A במהירות V₀ האם הגוף ייעצר בנקודה B?	

המשך שאלה 28

נתון לוח אין סופי הטעון בצפיפות מטען חיובית.
עוצמת השדה האחיד הנוצר מהלוח הטעון היא 2 ניוטון לקולון.

בסמוך ללוח קיימות שתי נקודות A ו-B.
נסמן ב-d את המרחק בין הנקודות. וב-
 d_1 את המרחק בין נקודה A ללוח הטעון.

נתונים הפוטנציאלים הנוצרים מהלוח הטעון בנקודות A ו-B:

$$V_A = 30V$$

$$V_B = 22V$$

ממקמים מימין לנקודה B כדור נקודתי הטעון במטען שלילי שמטענו Q.

נסמן את המרחק בין הכדור הטעון לנקודה B ב- d_2 .

גוף נקודתי הטעון במטען שלילי q נזרק מהנקודה A.

נתון:

$$q = -7mc$$

$$d_1 = 0.7m$$

$$d_2 = 0.5m$$

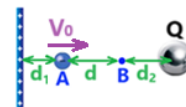
$$d = 2m$$

$$m = 0.03kg$$

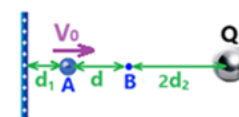
$$Q = -5nC$$

השאלה

28.6- מחזירים את המערכת למצב ההתחלתי:



ומגדילים את המרחק d_2 פי 2. כמראה באיור הבא:



במצב החדש, זורקים את הגוף הטעון במהירות V_0 מהנקודה A. האם הגוף ייעצר בנקודה B?

העקרונות הפיזיקליים

חוק קולון:

$$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון:

$$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$$

ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי:

$$V = \frac{K \cdot q}{r}$$

אנרגיה פוטנציאלית חשמלית:

$$U_E = V \cdot q$$

ביטוי לעבודת כוח חשמלי:

$$W = -\Delta U_E$$

$$W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$$

שימור אנרגיה מכאנית:

$$E_A = E_B$$

$$E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$$

התשובה והערות חשובות

הגוף לא ייעצר

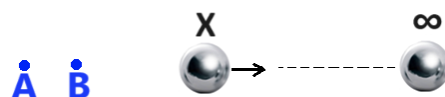
בנקודה B.

1. בשונה מלוח טעון, גם כאשר הכדור הטעון מוזז, באותו הצד של הנקודות, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודה B לנקודה A משתנה. (הוכחה מתמטית נמצאת בקישור לפתרון המלא)

מכיוון שהפרש הפוטנציאלים משתנה אם הגוף ייזרק במהירות V_0 מהנקודה A, הגוף לא ייעצר בנקודה B.

2. מכיוון שחוקי הפיזיקה פועלים באופן עקרוני, לפעמים יותר קל להגיע למסקנה הנכונה כאשר בוחנים את המקרה בצורה קיצונית.

אם נזיז את הכדור הטעון מנקודה מסוימת X לאינסוף

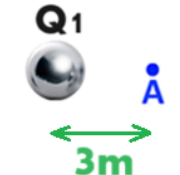


הפוטנציאל בנקודות A ו-B ישאף לאפס, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות יהיה אפסי. לכן, עקרונית גם כאשר הכדור מוזז במרחק קטן יש שינוי בהפרש הפוטנציאלים בנקודות (בניגוד ללוח טעון).

3. סעיף זה הוא מעט מאתגר גם מבחינת ההבנה וגם מבחינת הפעולות האלגבריות. מאוד חשוב להתחבר להיגיון של התשובה לאחר ביצוע הפעולות האלגבריות.

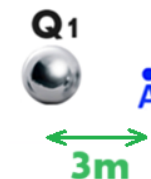
קישור לפתרון

<https://mooodle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=4747&chapterid=11988>

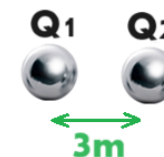
השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
29. נתון מטען Q_1 המקובע במקומו, במרחק 3 מטרים ממרכז הכדור נמצאת הנקודה A. כמראה באיור הבא:  מטען אחר Q_2 מובא על ידי כוח חיצוני מהאינסוף לנקודה A, כמראה באיור הבא:  נתונים הרדיוסים של הכדורים, מטענם ומסתם: $Q_1 = 20\mu\text{C}$ $Q_2 = 10\mu\text{C}$ $m_1 = 0.2\text{kg}$ $m_2 = 0.8\text{kg}$ נתייחס לציר תנועה שכיוונו ימינה.	29.1- חשב את הפוטנציאל הנוצר על ידי המטען Q_1 בנקודה A. 29.2- חשב את עבודת הכוח החיצוני הדרוש להבאת המטען Q_2 מהאינסוף לנקודה A. 29.3- חשב את האנרגיה הפוטנציאלית של המטען Q_2 כאשר הוא נמצא בנקודה A. 29.4- מפסיקים את פעולת הכוח החיצוני ומשחררים את המטען Q_2 ממנוחה חשב את מהירותו כאשר הוא מגיע לאינסוף.	$V_A = 60,000\text{V}$ הפוטנציאל הוא יחסי, ערך הפוטנציאל המתקבל מביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי הוא ביחס לפוטנציאל אפס באינסוף. $W_{\infty \rightarrow A} = 0.6\text{J}$ חיצוני ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני רק בתנועת מטען שבה האנרגיה הקינטית לא משתנה. במקרה זה מטען Q_2 רק מובא מהאינסוף לנקודה A, האנרגיה הקינטית של Q_2 לא משתנה. לכן, ניתן להשתמש בביטוי עבודת הכוח החיצוני. $U_A = 0.6\text{J}$ 1. בחישוב האנרגיה הפוטנציאלית יש להכפיל את הפוטנציאל הנוצר ממטען Q_1 בנקודה A, בערכו של המטען Q_2. 2. האנרגיה הפוטנציאלית האגורה במערכת שווה לעבודת הכוח החיצוני. $V_{\infty} = 1.224 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ מכיוון שרק הכוח החשמלי עושה עבודה, האנרגיה המכנית נשמרת. ניתן לחשב את מהירות המטען באינסוף ממשוואת שימור האנרגיה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11989 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11990 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11991 https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11992

המשך שאלה 29

נתון מטען Q_1 המקובע במקומו, במרחק 3 מטרים ממרכז הכדור נמצאת הנקודה A. כמוראה באיור הבא:



מטען אחר Q_2 מובא על ידי כוח חיצוני מהאינסוף לנקודה A, כמוראה באיור הבא:



נתונים הרדיוסים של הכדורים, מטענם ומסתם:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 20\mu\text{C} \\ Q_2 &= 10\mu\text{C} \\ m_1 &= 0.2\text{kg} \\ m_2 &= 0.8\text{kg} \end{aligned}$$

נתייחס לציר תנועה שכיוונו ימינה.

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
29.5- חשב את עבודת הכוח החשמלי בהנעת המטען Q_2 מהנקודה A לאינסוף.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	$W_{A \rightarrow \infty} = 0.6\text{J}$ חשמלי 1. הכוח החיצוני עושה עבודה של 0.6 ג'אול כדי להניע את המטען Q_2 מהאינסוף לנקודה A. כאשר המטען Q_2 נמצא בנקודה A, יש לו אנרגיה פוטנציאלית של 0.6 ג'אול. מרגע שחרור המטען Q_2 ועד שהוא מגיע לאינסוף, הכוח החשמלי מבצע עבודה של 0.6 ג'אול. 2. לאחר שחרור המטען Q_2 מהנקודה A, בתנועת המטען לאינסוף הוא נע במהירות משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11993
29.6- במקרה אחר, המטען Q_2 נזרק מהנקודה A ימינה. גודל מהירות הזריקה 3 מטר לשנייה. חשב את מהירותו כאשר הוא מגיע לאינסוף.		$V_\infty = 3.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ במקרה זה, המהירות ההתחלתית של המטען Q_2 גדולה ב 3 מטר לשנייה מהמהירות ההתחלתית בסעיף 29.4, אך מהירות המטען באינסוף בסעיף זה לא גדולה ב 3 מטר לשנייה ממהירות המטען באינסוף בסעיף 29.4. (האנרגיה נשמרת. המהירות לא נשמרת).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11994
29.7- חשב את עבודת הכוח החשמלי בהנעת המטען Q_2 מהנקודה A לאינסוף. כאשר המטען Q_2 נזרק מהנקודה A במהירות 30 מטר לשנייה.		$W_{A \rightarrow \infty} = 0.6\text{J}$ חשמלי עבודת הכוח החשמלי לא תלויה במהירות הגוף. היא תלויה רק בהפרש הפוטנציאלים ובגודל המטען עליו הכוח החשמלי עושה עבודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11995

המשך שאלה 29.	השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
מחזירים את המטען Q_2 לנקודה A (המרחק בין מרכזי הכדורים הוא 3 מטרים). משחררים את שני הגופים ממנוחה, גוף 1 נע שמאלה וגוף 2 נע ימינה. כמוראה באיור הבא:  נתאר את תנועת הכדורים ביחס לציר תנועה שכיוונו ימינה. נתונים מסת הכדורים, ומטענם: $r_1 = 0.5m$ $r_2 = 0.5m$ $Q_1 = 20\mu C$ $Q_2 = 10\mu C$ $m_1 = 0.2kg$ $m_2 = 0.8kg$	29.8- תאר את תנועת הכדורים באופן מילולי, מרגע שחרורם ועד שהם מגיעים לאין סוף.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	הכדורים ינועו בתאוצה הולכת וקטנה בגודלה, עד לאינסוף. באינסוף ינועו הכדורים במהירות קבועה. ביחס לציר שכיוונו ימינה, כדור 2 ינוע בתאוצה חיובית הולכת וקטנה, וכדור 1 ינוע בתאוצה שלילית הולכת וגדלה. באין סוף תאוצת הגופים היא אפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11996
	29.9- מי מבין שני הכוחות החשמליים הפועלים על הכדורים גדול יותר בערכו המוחלט?	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	שני הכוחות זהים בגודלם. 1. בזמן תנועת הכדורים הכוחות החשמליים משתנים בגודלם, אך הם שווים זה לזה בכל רגע. 2. החוק השלישי מתקיים בכל פעולת כוח.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11997
	29.10- במהלך תנועת הגופים תאוצתו של כל אחד מהגופים משתנה אך יחס התאוצות הוא קבוע. כתוב ביטוי ליחס תאוצות הגופים.		1. יש למצוא את יחס התאוצות לא את יחס גודל התאוצות. לכן יש להתייחס לסימן התאוצות (ביחס לציר). 2. יחס התאוצות הפוך ליחס המסות, ככל שמסת הכדור גדולה יותר כך תאוצתו קטנה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11998

המשך שאלה 29

מחזירים את המטען Q_2 לנקודה A (המרחק בין מרכזי הכדורים הוא 3 מטרים).

משחררים את שני הגופים ממנוחה, גוף 1 נע שמאלה וגוף 2 נע ימינה. כמוראה באיור הבא:



נתאר את תנועת הכדורים ביחס לציר תנועה שכיוונו ימינה.

נתונים מסת הכדורים, ומטענם:

$$\begin{aligned} r_1 &= 0.5\text{m} \\ r_2 &= 0.5\text{m} \\ Q_1 &= 20\mu\text{C} \\ Q_2 &= 10\mu\text{C} \\ m_1 &= 0.2\text{kg} \\ m_2 &= 0.8\text{kg} \end{aligned}$$

השאלה	העקרונות הפיזיקליים	התשובה והערות חשובות	קישור לפתרון
29.11- נסמן את מהירות כדור 1 כאשר הוא מגיע לאינסוף ב- V_1'. נסמן את מהירות כדור 2 כאשר הוא מגיע לאינסוף ב- V_2'. חשב את מהירותם של כל אחד משני הכדורים כאשר הם מגיעים לאינסוף.	חוק קולון: $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ עוצמת השדה החשמלי בסביבת לוח טעון: $E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית: $U_E = V \cdot q$ ביטוי לעבודת כוח חשמלי: $W = -\Delta U_E$ $W_{A \rightarrow B} = (V_A - V_B) \cdot q$ שימור אנרגיה מכאנית: $E_A = E_B$ $E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$	1. מהכפלת הפוטנציאל שיוצר מטען 1 בנקודה A במטען של מטען 2, מתקבלת אנרגיה פוטנציאלית: $U = V_A \cdot Q_2 = \frac{K \cdot Q_1}{r_A} \cdot Q_2$ אנרגיה פוטנציאלית זו היא של שני הכדורים. (לרוב האנרגיה הפוטנציאלית מומרת לקינטית רק באחד הגופים, לכן נוח להתייחס לאנרגיה הפוטנציאלית כתכונה של הגוף הנע בלבד. אך כאמור, האנרגיה הפוטנציאלית היא של שני הגופים) 2. האנרגיה המכנית שווה לסכום של שני האנרגיות הקינטיות ושל האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית של הכדורים: $E = E_{K_1} + E_{K_2} + U$ 3. ממשוואת שימור האנרגיה מתקבלת משוואה עם שני נעלמים: V_1' ו- V_2'. משוואה נוספת עם אותם הנעלמים מתקבלת משימור התנע. 4. הפתרון של סעיף זה הוא ארוך יחסית, שאלות הבגרות עוסקות יותר בהבנת העקרונות, דורשות פחות פעולות מתמטיות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=11999
29.12- חשב את עבודת הכוח החשמלי המבוצעת כדי להניע את שני המטענים לאינסוף. הנחיה: ניתן להשתמש בביטוי עבודת כוח משמר		$W = 0.6\text{J}$ 1. משמעות האנרגיה הפוטנציאלית היא יכולת ביצוע עבודה של הכוח החשמלי. זה נכון כאשר גוף אחד מונע וגם כאשר שני הגופים מונעים. 2. ניתן לחשב את עבודת הכוח החשמלי בעזרת ביטוי עבודת הכוח המשמר: $W = -\Delta U$ ובעזרת משפט העבודה אנרגיה: $W = \Delta E_{K_1} + \Delta E_{K_2}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4747&chapterid=12000

אוגדני פתרונות שאלות בגרות אלקטרוסטטיקה

כוח חשמלי חוק קולון (קיום 35)

- 1,2009- כוחות חשמליים פועלים על מטענים נקודתיים בשלושה ניסויים שונים.
1,1996- מערכת משמשת למדידת מטען. מורכבת משני מטענים, האחד תלוי והשני מונח במרחקים שונים.

107

השדה החשמלי (קיום 36)

- 1,2021- שלושה כדורים נטענים בתוך שדה חשמלי, מוצאים מהשדה ומקיימים תנועה מעגלית קצובה.
1,2020- גוף טעון תלוי על חוט נטוי בסמוך ללוח טעון.
1,2003- כדורים שונים נטענים בתוך שדה חשמלי, מוצאים שני כדורים טעונים ותולים על חוטים סמוכים.
4,2002- שדה חשמלי בסביבת טבעת טעונה במטען חשמלי.

פוטנציאל חשמלי ועבודה בשדה חשמלי (קיום 37)

- 1,2022- שדה ופוטנציאל בסביבת לוח טעון.
2,2021- שדה ופוטנציאל בסביבת שני מטענים נקודתיים. בהמשך נתון גרף $V(X)$ יש למצוא גרף $E(X)$.
1,2013- חיבור שני כדורים טעונים באמצעות מוליך.
1,2011- נתון כדור מוליך טעון ומספר קווים שווי פוטנציאל בסביבתו.
1,2010- נתונים קווי שווי פוטנציאל לאורכו של ציר X .
1,2007- יש למצוא שדה ופוטנציאל בסביבת קליפה טעונה, בהמשך מחברים את הקליפה לקליפה אחרת.
1,2005- שני כדורים מחוברים באמצעות מוליך, לאחר תנועת המטענים מכניסים כדור לתוך כדור (שאלות הבגרות כיום לא עוסקות בקליפה בתוך קליפה)
1,2004- שתי קליפות טעונות נמצאות האחת בתוך השנייה, מחברים בין הקליפות.
14,1989- שני כדורים אחד תלוי והשני מתקרב.

אנרגיה פוטנציאלית חשמלית ושימור אנרגיה מכנית (קיוב 38)

[2023,1- נתון כדור מוליך טעון יש שדה פוטנציאל בסביבתו ולמצוא מהירות בעזרת שימור אנרגיה.](#)

[2019,1- שני מטענים סמוכים וקווי השדה בסביבתם.](#)

[2018,1- מטען נקודתי. בהמשך נתונים שני מטענים נקודתיים.](#)

[2017,1- מטען הממוקם בסמוך ללוח טעון.](#)

[2016,1- חלקיקי צבע טעונים נעים לאורך קווי שדה ונצמדים למוצר.](#)

[2015,1- נתון מטען נקודתי קווי שדה ומשטחים שווי פוטנציאל. מביאים מטען נוסף בסמוך למטען הנתון.](#)

[2014,1- נתון גרף \$V\(X\)\$ המתאר את הפוטנציאל בסביבת שלושה לוחות טעונים , חלקיק נע בין הלוחות.](#)

[2012,1- חרוז טעון נע בתוך מוט אנכי.](#)

[2006,1- מטען נע בסביבת שני מטענים המוחזקים במנוחה.](#)

[1997,1- אלקטרון משוחרר ממנוחה בסמוך לקליפה כדורית טעונה.](#)

[1995,1- קליפה מתמלאת בטיפות טעונות.](#)

[1994,1- נתונים שני מטענים נקודתיים סמוכים , מבוצעת עבודה כדי להגדיל את המרחק ביניהם.](#)

[1993,1- חמישה מטענים ממוקמים בחמישה קודקודים של משושה.](#)

[1991,1- מטען נע בסביבת שני מטענים המוחזקים במנוחה.](#)

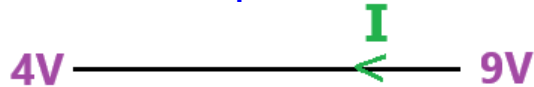
[1990,1- מטען מונע בסביבת כדור מוליך טעון.](#)

[1984,20- שני כדורים שונים וטעונים מחוברים בעזרת מוליך .](#)

[1983,22- אלקטרונים נעים דרך מוליך טעון.](#)

סיכום פסיפס מעגלי זרם

סיכום פסיפס מעגלי זרם - הגדרות **פיתוח** **דוגמאות** **דגשים** **ותקפות**

Cube-39 עוצמת הזרם החשמלי	זרם חשמלי הוא תנועה מכוונת של אלקטרונים חופשיים. הזרם החשמלי מוגדר ככמות המטען העובר דרך שטח החתך של המוליך בשנייה. הגדרת עוצמת הזרם I היא : $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ מהגדרת הזרם יחידות הזרם הן קולון לשנייה. יחידות אלו נקראות בקיצור אמפר [A] הזרם תלוי ביחס ישר בכמות המטען העוברת דרך שטח החתך של המוליך ΔQ וביחס הפוך בזמן המדידה Δt. לדוגמה: דרך שטח החתך של מוליך נתון עובר מטען שגודלו 20 קולון במשך 5 שניות. נחשב את עוצמת הזרם במוליך. $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{20}{5} = 4A$ הזרם הוא גודל סקלרי שערכו חיובי תמיד, הזרם לא מוגדר ביחס לציר. ניתן להשתמש בהגדרת הזרם לכל סוג של תנועת מטען מכוונת, לא רק לתנועת אלקטרונים.
Cube-39 כיוון הזרם החשמלי	כיוון הזרם החשמלי הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך. לדוגמה: נתון מוליך הנמצא בין שני פוטנציאלים קבועים 9 וולט ו-4 וולט. כיוון הזרם הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך שמאלה. כמוראה באיור הבא:  זרם במוליך הוא תנועה מכוונת של אלקטרונים (הפרוטונים במוליך לא נעים בתנועה מכוונת כיוון שהם מקובעים בגרעין). מעקרונית האלקטרוסטטיקה האלקטרונים נעים מהפוטנציאל הנמוך לפוטנציאל הגבוה, הפוך לכיוון הזרם. בפזיקה כיוון הזרם החשמלי הפוך לכיוון תנועת האלקטרונים האמיתי כיוון שכאשר הוגדר הזרם לא הייתה הבנה טובה של משמעות המטען, כיוון הזרם הוגדר בטעות בכיוון הלא נכון. במקום לתקן את כיוון הזרם החליטו להישאר בכיוון הלא נכון ולא להגדיר אותו ככיוון מוסכם. בהתאם לתוכנית הלימודים אנחנו נשתמש רק בכיוון המוסכם של הזרם ולא בכיוון האמיתי של תנועת האלקטרונים .

Cube-39**ההתנגדות
החשמלית**

בכל מוליך היחס בין הפרש הפוטנציאלים (מתח) בקצות המוליך U לעוצמת הזרם דרכו I הוא קבוע, יחס זה מוגדר כהתנגדות המוליך R .

$$R = \frac{U}{I}$$

מביטוי התנגדות המוליך ניתן לראות שההתנגדות נמדדת ביחידות של וולט לאמפר או בקיצור אוהם $[\Omega]$.

מוליך בעל התנגדות גדולה הוא מוליך שאם נחבר אותו להפרש פוטנציאלים גדול עוצמת הזרם שתזרום דרכו תהיה קטנה, בהתאם הוגדרה התנגדות המוליך ביחס ישר להפרש הפוטנציאלים בין הדקיו וביחס הפוך לעוצמת הזרם דרכו.

דוגמה: נתון מוליך הנמצא בין שני פוטנציאלים קבועים שגודלם 9 וולט ו-4 וולט. עוצמת הזרם במוליך היא 2 אמפר. נחשב את התנגדות המוליך בעזרת ביטוי התנגדות המוליך:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{2} = 2.5 \Omega$$

$4V \xleftarrow{I=2A} 9V$

ניתן לחשב את התנגדות המוליך בעזרת המתח בין קצות המוליך והזרם דרך המוליך, התנגדות המוליך היא תכונה של המוליך, לכל מוליך יש התנגדות קבועה שלא תלויה במתח בין קצותיו וגם לא בזרם דרכו.

(כשם שניתן לתאר את מסת המוליך מהחוק השני כיחס שבין הכוח לתאוצה, אך מסת הגוף היא תכונה של הגוף שלא תלויה בכוח הפועל על הגוף ולא תלויה בתאוצת הגוף).

הגדרת ההתנגדות מתאימה לכל מוליך דרכו זרם חשמלי.

Cube-39**התנגדות מוליך
בהתאם לנתוניו
הגאומטריים ולסוג
החומר ממנו עשוי
המוליך.**

התנגדות המוליך תלויה באורכו של המוליך L בשטח החתך שלו A והתנגדותו הסגולית ρ .
ההתנגדות הסגולית ρ היא התנגדות אופיינית לחומר ממנו עשוי המוליך, היא נמדדת ביחידות אוהם כפול מטר $[\Omega \cdot m]$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

ביטוי התנגדות המוליך נקבע בהתאם למדידות שבוצעו בניסויים על מוליכים שונים.

דוגמה: נתון מוליך שאורכו $L = 200m$, שטח החתך של המוליך הוא $A = 2 \cdot 10^{-5} m^2$ המוליך עשוי מכסף.

ההתנגדות הסגולית של הכסף היא $\rho = 1.59 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ נחשב את ההתנגדות של המוליך R :

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{1.59 \cdot 10^{-8} \cdot 200}{2 \cdot 10^{-5}} = 0.159 \Omega$$

במקרים בהם ההתנגדות הסגולית ושטח החתך נתונים ביחידות לא תקינות יש להמיר את הערכים הנתונים לערכים ביחידות תקינות ורק לאחר מכן להציב בביטוי התנגדות המוליך.

ביטוי התנגדות המוליך בהתאם לנתוניו מתאים למוליך בעל שטח חתך A קבוע העשוי כולו מחומר אחד.

Cube-39 צרכן חשמלי	צרכן חשמלי הוא מכשיר הצורך אנרגיה חשמלית וממיר אותה לאנרגיה אחרת בהתאם לייעוד המכשיר. צרכנים לדוגמה: נורה- ממירה אנרגיה חשמלית לאור. תנור- ממיר אנרגיה חשמלית לחום, מנוע חשמלי ממיר אנרגיה חשמלית לתנועה. 1. לכל צרכן יש שני הדקים המחוברים לפוטנציאלים שונים, הפרש הפוטנציאלים יוצר זרם בתוך הצרכן. זרם זה גורם לפעולות המרת האנרגיה, בהתאם לייעוד המכשיר. 2. התנגדות הצרכן היא קבועה והיא מאפיינת את הצרכן. 3. כל צרכן מיועד לפעול בהפרש פוטנציאלים מסוים בהתאם להתנגדות הצרכן וזרם זרם דרך הצרכן .
Cube-39 מקור מתח	מקור מתח הוא מכשיר הצורך אנרגיה לא חשמלית (כמו אנרגיה כימית, אנרגיית אור, אנרגיית תנועה) והוא ממיר אותה לאנרגיה חשמלית. לכל מקור מתח יש שני הדקים בעלי פוטנציאל שונה. הפרש פוטנציאלים בין הדקי מקור המתח הוא קבוע ומאפשר יצירת זרם בצרכנים. הפרש הפוטנציאלים של מקור מתח אידיאלי (מקור מתח שאין לו התנגדות פנימית) מסומן על ידי $\mathcal{E}$. קיימים סוגים שונים של מקורות מתח. דוגמאות של מקורות מתח: סוללה- ממירה אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית. טורבינת רוח - ממירה אנרגיית תנועה לאנרגיה חשמלית. לוח סולארי - ממיר אנרגיית אור לאנרגיה חשמלית. 1. הפוטנציאל הגבוה של מקור המתח מסומן על ידי "+" והפוטנציאל הנמוך מסומן על ידי "-". 2. מבחינה אנרגטית מקור המתח מבצע פעולה הפוכה לפעולת הצרכן. 3. בקיבול 41 נעסוק בהרחבה בנושא מקור המתח. נעסוק גם במקור מתח לא אידיאלי (מקור מתח שיש לו התנגדות פנימית) . 4. בפרק מעגלי הזרם אנחנו עוסקים בסוללה חשמלית הפועלת כמקור מתח.
Cube-39 חוק אוהם	חוק אוהם מתאר את עוצמת הזרם דרך הצרכן כתלות בהפרש הפוטנציאלים בין הדקי הצרכן ובהתנגדותו. $I = \frac{U}{R}$ ניתן לקבל את חוק אוהם מהגדרת ההתנגדות. דוגמה: נתונה נורה שהתנגדותה R היא 2 אוהם, הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הנורה U הוא 9 וולט. נחשב בעזרת חוק אוהם את עוצמת הזרם דרך הנורה: $I = \frac{U}{R} = \frac{9}{2} = 4.5A$ 1. חוק אוהם הוא אחד החוקים הבסיסיים והחשובים ביותר בנושא מעגלי הזרם. 2. החוק מתאר קשר של סיבה ותוצאה, כתוצאה מהפרש הפוטנציאלים נוצר זרם דרך הצרכן בהתאם להתנגדות הצרכן. (בדומה לחוק השני של ניוטון המתאר את התאוצה של הגוף כתוצאה מפעולת הכוח בהתאם למסת הגוף). 3. ניתן להשתמש בחוק אוהם על צרכן בודד, על מספר צרכנים או על כל המעגל החשמלי. קיימים רכיבים המוגדרים כ"רכיבים לא אוהמים" (כמו דיודה) חוק אוהם לא מתקיים שבהם נשתמש בנושא מעגלי הזרם מקיימים את חוק אוהם.

Cube-40

המעגל החשמלי

מעגל החשמלי הוא אוסף של צרכנים המחוברים ביניהם בעזרת מוליכים למקור מתח. המעגל מתואר באופן סכמתי בעזרת סימונים מקובלים.

סימון מקור המתח: מקור המתח מסומן ע"י שני קווים מקבילים, הקו הארוך מייצג את הפוטנציאל הגבוה של הסוללה, את ה "+" והקו הקצר מייצג את הפוטנציאל הנמוך של הסוללה, את ה "-". נסמן את ערך הפרש הפוטנציאלים בין הדקי מקור מתח אידיאלי ב $\mathcal{E}$.

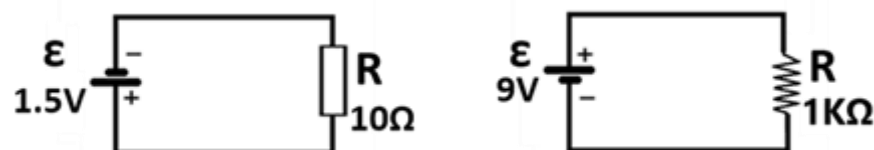
סימון הצרכן: קיימים סימונים שונים לצרכנים, סימונים מקובלים מתוארים באיור הבא:



ערך התנגדות הצרכן מסומן ע"י R .

סימון המוליך חשמלי: המוליך החשמלי המחובר בין צרכן למקור מתח מסומן על ידי קו.

דוגמה: באיורים הבאים מתוארים שלושה מעגלים המתארים צרכן המחובר למקור מתח בודד.



1. בשאלות בהן נעסוק נתייחס למעגלים שבהם כל המוליכים הם חסרי התנגדות.
2. כיוון שלכל צרכן קיימת התנגדות קבועה הצרכנים מתוארים במעגל כנגדים (רכיבים בעלי התנגדות קבועה).
3. קיימים שלושה סוגים עיקריים של מעגלים חשמליים: מעגל טורי, מעגל מקבילי ומעגל מעורב. נעסוק בכל סוג מעגל בהרחבה.

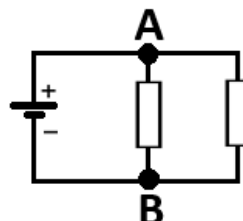
Cube-40

צומת חשמלית

צומת חשמלית היא נקודת מפגש של יותר משני מוליכים.

סימון הצומת: הצומת מסומנת על ידי נקודה.

דוגמה: באיור הבא מתואר מעגל חשמלי עם שני צמתים, צומת A וצומת B:



בצומת חשמלית הזרם מתפצל או מתמזג בהתאם לכיווני הזרמים.

כל נקודת מפגש של יותר משני מוליכים היא צומת חשמלית, גם אם הצומת לא מסומנת כנקודה במעגל.

מד מתח

מד המתח הוא מכשיר המציג את הפרש הפוטנציאלים בין הדקיו. הוא מסומן על ידי הסימון הבא:



כדי שמד המתח יוכל למדוד את הפרש הפוטנציאלים בין הדקיו של רכיב במעגל (כמו מקור מתח או נגד), יש לחבר את מד המתח במקביל לרכיב.

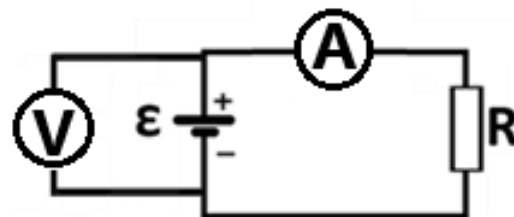
מד זרם

מד הזרם הוא מכשיר המציג את עוצמת הזרם העובר דרכו. הוא מסומן על ידי הסימון הבא:



כדי שמד הזרם יוכל למדוד את עוצמת הזרם בנקודה כלשהיא במעגל, יש לחבר את מד הזרם בתוך המעגל.

לדוגמה: באיור הבא מתואר מעגל חשמלי המורכב מקור מתח וצרכן, כדי למדוד את עוצמת הזרם במעגל משולב בתוך המעגל מד זרם. וכדי למדוד את הפרש הפוטנציאלים בין הדקי מקור המתח מחובר מד המתח במקביל למקור המתח.



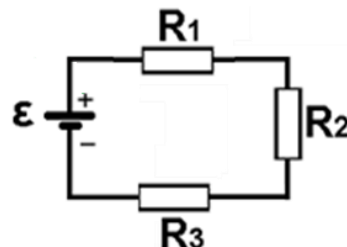
כדי שמכשירי המדידה לא יפגעו בפעולתו התקינה של המעגל התנגדויות של מכשירי המדידה נקבעים באופן הבא: ההתנגדות הפנימית של מד הזרם היא אפסית- כך שמד הזרם לא משנה את התנגדות המעגל לא משפיע על עוצמת הזרם במעגל. ההתנגדות הפנימית של מד המתח היא אין סופית – זרם לא מתפצל בנקודת חיבור מד המתח למעגל. כל הזרם זורם דרך הצרכן.

בהתאם לתכנית הלימודים נעסוק בעיקר במכשירי מדידה אידיאליים. ההתנגדות פנימית של מד זרם אידיאלי שווה לאפס, והתנגדות הפנימית של מד המתח אידיאלי שווה לאינסוף.

Cube-40

מעגל טורי

מעגל טורי הוא מעגל בו כל הנגדים מחוברים בטור זה לזה ללא צומת חשמלית. כמראה באיור הבא:



עקרונות המעגל הטורי:

1. הזרם דרך כל הנגדים הוא זהה ושווה לזרם המקור.

$$I = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3}$$

כיוון שלא קיים צומת חשמלית במעגל הטורי, הזרם לא מתפצל במעגל לכן זרם זהה זורם דרך כל הנגדים.

2. סכום המתחים על הנגדים שווה למתח המקור ε.

$$\epsilon = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3}$$

סכום הפרש הפוטנציאלים על הנגדים שווה להפרש הפוטנציאלים בין הדקי המקור ε.

3. ההתנגדות השקולה שווה לסכום התנגדויות הנגדים.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

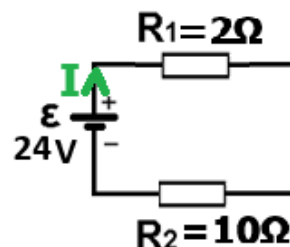
ניתן לפתח ביטוי להתנגדות השקולה מביטוי המתחים בעזרת חוק אוהם:

$$\epsilon = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} \Rightarrow R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I \cdot R_T = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

דוגמה למעגל טורי: במעגל הבא מתואר מעגל טורי המכיל שני נגדים מחוברים בטור.

ערכי התנגדויות הנגדים הם $R_1 = 2\Omega$ $R_2 = 10\Omega$, הפרש הפוטנציאלים בין הדקי מקור המתח הוא $\epsilon = 24V$.



א- נמצא את כיוון הזרם במעגל:

כיוון הזרם I הוא בכיוון השעון מהפוטנציאל הגבוה של מקור מתח לפוטנציאל הנמוך של מקור המתח, כפי שמופיע באיור.

ב- נחשב את ההתנגדות השקולה של המעגל: $R_T = R_1 + R_2 = 2 + 10 = 12\Omega$

ג- נחשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת חוק אוהם על כל המעגל: $I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{24}{12} = 2A$

ד- נחשב את המתח על כל אחד משני הנגדים:

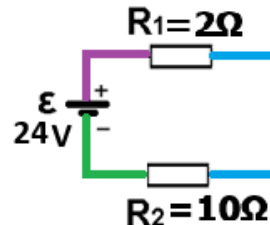
$$U_{R_1} = I \cdot R_1 = 2 \cdot 2 = 4V$$

$$U_{R_2} = I \cdot R_2 = 2 \cdot 10 = 20V$$

1. הוספת נגד למעגל טורי גורמת להגדלת ההתנגדות השקולה של המעגל.

2. כיוון שזרם זהה זורם דרך כל הנגדים ניתן לקבוע מחוק אוהם שבמעגל הטורי יחס המתחים על הנגדים זהה ליחס ההתנגדויות. במעגל המתואר בדוגמה התנגדות של נגד R_2 גדולה פי 5 מהתנגדות הנגד R_1 לכן המתח על R_2 גדול פי 5 מהמתח על R_1 .

3. מחוק אוהם התנגדות המוליכים היא זניחה לכן אין הפרש פוטנציאלים בין קצותיו של המוליך, לכל מוליך יש פוטנציאל זהה. יש הפרש פוטנציאלים בין הדקי מקור המתח והפרש פוטנציאלים בין הדקיו של כנגד, לכן במעגל המתואר קיימים שלושה פוטנציאלים שונים, באיור הבא מתואר כל פוטנציאל בצבע שונה.



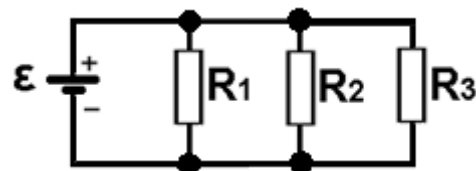
4. בהינתן פוטנציאל בנקודה אחת במעגל ניתן למצוא את הפוטנציאל בכל נקודה אחרת במעגל. כך למשל אם הפוטנציאל הנמוך של מקור המתח הוא 2 וולט - פוטנציאל המוליך הירוק הוא 2 וולט. כיוון שמקור המתח יוצר הפרש פוטנציאלים של 24 וולט בין הדקיו הפוטנציאל הגבוה של המקור הוא 26 וולט- פוטנציאל החוט הסגול הוא 26 וולט. בהתאם למתחים על הנגדים פוטנציאל החוט הכחול הוא 22 וולט.

ניתן להשתמש בעקרונות המעגל הטורי רק במעגל טורי, מעגל שאין בו צומת חשמלית.

Cube-40

מעגל מקבילי

מעגל מקבילי הוא מעגל שבו כל הנגדים מחוברים משני ההדקים ישירות למקור המתח. כמוראה באיור הבא:



עקרונות המעגל המקבילי:

1. המתח על כל הנגדים הוא זהה ושווה למתח המקור $\mathcal{E}$. $\mathcal{E} = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3}$

בהתאם לחיבור הנגדים במעגל הפרש הפוטנציאלים על כל נגד הוא זהה ושווה להפרש הפוטנציאלים של הדקי המקור.

2. סכום הזרמים דרך כל הצרכנים שווה לזרם המקור. $I = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$

זרם המקור I מתפצל בין הצרכנים כך שסכום הזרמים דרך הצרכנים שווה לזרם המקור.

3. ההתנגדות השקולה של כל הצרכנים במעגל R_T נתונה בביטוי הבא:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ניתן לפתח ביטוי להתנגדות השקולה ממשוואת הזרמים, יש לבטא כל אחד מהזרמים בעזרת חוק אוהם, ולצמצם את המתחים בביטוי המתקבל.

$$\begin{aligned} I &= I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} \\ \frac{\mathcal{E}}{R_T} &= \frac{U_{R1}}{R_1} + \frac{U_{R2}}{R_2} + \frac{U_{R3}}{R_3} \end{aligned} \Rightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

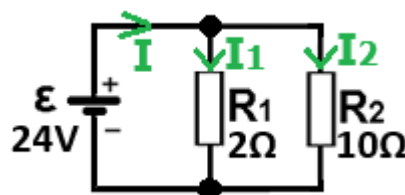
במעגל מקבילי המורכב משני נגדים בלבד ניתן לבטא את ההתנגדות השקולה לפי ביטוי מכפלתם חלקי סכומם.

ניתן לפתח את ביטוי מכפלתם חלקי סכומם מביטוי ההתנגדות השקולה במקרה של שני נגדים בעזרת מכנה משותף.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

ניתן להשתמש בביטוי מכפלתם חלקי סכומם לחישוב התנגדות שקולה רק בחיבור של שני נגדים המחוברים במקביל.

דוגמה למעגל מקבילי: במעגל הבא מתואר מעגל מקבילי המכיל שני נגדים המחוברים במקביל. ערכי התנגדויות הנגדים הם $R_1 = 2\Omega$ $R_2 = 10\Omega$, הפרש הפוטנציאלים בין הדקי מקור המתח הוא $\varepsilon = 24V$.



א- נמצא את כיווני הזרמים במעגל:

כיוון זרם המקור I הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך, בהתאם נקבעים כיווני הזרמים בנגדים כפי שניתן לראות באיור.

ב- נחשב את ההתנגדות השקולה של המעגל: $R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 10}{2 + 10} = \frac{20}{12} = 1.66\Omega$

ג- נחשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת חוק אוהם על כל המעגל: $I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{24}{1.66} = 14.4A$

ד- נחשב את הזרם דרך כל אחד משני הנגדים בעזרת חוק אוהם על כל נגד בנפרד:

$$I_1 = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{24}{2} = 12A \quad I_2 = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{24}{10} = 2.4A$$

1. הוספת נגד למעגל מקבילי גורמת להקטנת ההתנגדות השקולה של המעגל.

2. מחוק אוהם כיוון שהמתח על הנגדים הוא זהה, יחס הזרמים דרך הנגדים הפוך ליחס התנגדויות הנגדים.

במעגל המתואר בדוגמה כיוון שההתנגדות של R_2 גדולה פי 5 מהתנגדות הנגד R_1 הזרם דרך R_2 קטן פי 5 מהזרם דרך R_1 .

3. התנגדות המוליכים זניחה, לכן במעגל המתואר בדוגמה יש רק שני פוטנציאלים שונים.

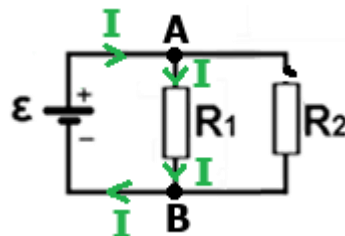


ניתן להשתמש בעקרונות המעגל המקבילי רק במעגל מקבילי, מעגל שבו כל הנגדים מחוברים במקביל למקור המתח.

Cube-40

נתק חשמלי

במעגל החשמלי הזרם זורם רק במסלולים סגורים (מסלולים מוליכים ורצופים) בין הדקי מקור המתח. נקודה של חוסר מוליכות במעגל נקראת נתק חשמלי. הנתק גורם להפסקת פעולת הזרם במסלול בו נמצא הנתק. דוגמה: נתון מעגל מקבילי המכיל שני נגדים R_1 ו- R_2 המחוברים במקביל למקור המתח. המוליך המחובר לנגד R_2 התנתק מהנגד, נוצר נתק במעגל. כמוראה באיור הבא:



כתוצאה מהנתק לא יזרום זרם דרך הנגד R_2 , הזרם לא יתפצל בצומת A כל זרם המקור יזרום דרך הנגד R_1 .

1. נתק יוצר התנגדות אין סופית במעגל, לכן זרם לא זורם במקום בו יש נתק.
2. נתק במעגל יכול לשנות את סוג המעגל, כך למשל במעגל המתואר בדוגמה כתוצאה מהנתק המעגל המקבילי משתנה למעגל בעל צרכן בודד.

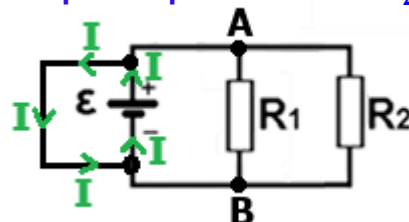
נתק יכול להיווצר כתוצאה מחוט מנותק או נורה "שרופה".

Cube-40

קצר חשמלי

הזרם זורם מהפוטנציאל הגבוה של הסוללה לפוטנציאל הנמוך. אם נחבר מוליך שהתנגדותו אפסית בין הדקי הסוללה זרם המקור יזרום דרך המוליך ולא דרך המעגל, מוליך זה נקרא קצר.

דוגמה: נתון מעגל מקבילי המכיל שני נגדים R_1 ו- R_2 המחוברים במקביל למקור המתח. מוסיפים מוליך שהתנגדותו אפסית בין הדקי מקור המתח כמוראה באיור הבא:



כתוצאה מחיבור המוליך המקצר בין הדקי הסוללה כמעט כל זרם המקור יזרום דרך המוליך המקצר ולא דרך הנגדים.

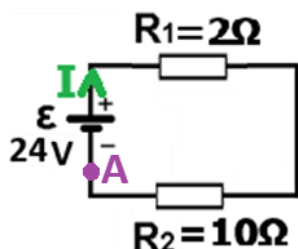
1. קצר יוצר התנגדות אפסית במעגל, כל הזרם זורם דרך הקצר.
2. כאשר מקור המתח מקוצר זרם המקור הוא מקסימאלי, אך כמעט ולא עובר זרם דרך הצרכנים, לכן הם לא פועלים.
3. אם נחבר מוליך בין הדקיו של אחד הנגדים, הזרם לא יעבור דרך אותו נגד.
4. הקצר והנתק פוגעים בפעולתו התקינה של המעגל הם נגרמים לרוב מתקלה במעגל.

קצר נוצר כתוצאה משני מוליכים בעלי פוטנציאל שונה הנוגעים אחד בשני (ישירות או באמצעות מוליך בעל התנגדות זניחה)

Cube-40

חוק קרכהוף למתחים

חוק קרכהוף למתחים – החוק קובע שסכום המתחים בכל לולאה סגורה במעגל החשמלי שווה לאפס. ניתן להבין את הסיבה לקיום החוק משימור אנרגיה ומהבנת הפוטנציאל כפי שניתן לראות בדוגמה הבאה. דוגמה: נתון מעגל טורי המורכב ממקור מתח ושני נגדים. המתח על הנגד R_1 הוא 4 וולט, המתח על R_2 הוא 20 וולט ומתח המקור 24 וולט.



כדי להמחיש את משמעות חוק קרכהוף למתחים, ננוע לאורך הלולאה הסגורה בכיוון השעון, מנקודה A (הסמוכה להדק השלילי של מקור המתח) להדק החיובי יש עליה פוטנציאל של 24 וולט. מההדק השמאלי של הנגד R_1 להדק הימני שלו יש ירידה בפוטנציאל של 4 וולט. מההדק הימני של הנגד R_2 להדק השמאלי שלו יש ירידה של 20 וולט. כך בלולאה סגורה, מנקודה A לנקודה A סכום העלויות בפוטנציאל שווה לסכום הירידות בפוטנציאל, מבחינה זו סכום כל הפרשי הפוטנציאלים (המתחים) שווה לאפס. חוק קרכהוף למתחים מסביר את העובדה שבמעגל טורי סכום המתחים בצרכנים שווה למתח המקור. ניתן להשתמש בחוק קרכהוף למתחים בכל מסלול סגור במעגל החשמלי. גם במסלול סגור שהוא חלק מהמעגל.

Cube-40

חוק קרכהוף לזרמים

חוק קרכהוף לזרמים – החוק קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת. דוגמה: נתונה צומת אליה נכנס הזרם I_1 שעוצמתו 4 אמפר. יוצאים מהצומת הזרם I_2 שעוצמתו 1 אמפר והזרם I_3 .



נשתמש בחוק קרכהוף לזרמים ונמצא את עוצמת הזרם I_3 . הזרם I_1 נכנס לצומת והזרמים I_2 ו- I_3 יוצאים מהצומת. חוק הזרמים קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת, לכן מתקיים: $I_1 = I_2 + I_3$. נחשב בהתאם את I_3 .

$$I_3 = I_1 - I_2 = 4 - 1 = 3A$$

1. חוק הזרמים של קרכהוף נקרא גם חוק הצומת.
 2. החוק קובע מחוק שימור מטען, כיוון שמטענים לא נוצרים או אובדים בצומת סכום הזרמים הנכנסים שווה לסכום הזרמים היוצאים.
 3. חוק הצומת מסביר את העובדה שבכל מעגל מקבילי סכום הזרמים דרך כל הצרכנים שווה לזרם המקור.
- ניתן להשתמש בשני חוקי קרכהוף כדי לנתח מעגלים מורכבים, בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק במעגלים פשוטים יחסית. שיש בהם עד שני צמתים חשמליים, לכן נושא חוקי קרכהוף נלמד באופן מתומצת.

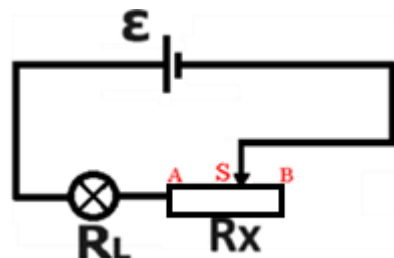
ניתן להשתמש בחוק הצומת בכל צומת חשמלית.

Cube-41

הריאוסטט

הריאוסטט הוא שם של התקן המשמש ליצירת התנגדות משתנה במעגל החשמלי. הריאוסטט מורכב ממוליך חשוף המלוכף על מוט מבודד וגררה (קליפס מתכתי) הממוקמת על הריאוסטט.

מיקום הגררה קובע את אורך המוליך דרכו יעבור הזרם, בכך שינוי מיקום הגררה גורם לשינוי התנגדות הריאוסטט. לדוגמה: באיור הבא מתואר מעגל חשמלי המורכב מנורה מקור מתח R_x וריאוסטט, הנורה מחוברת להדק A של הריאוסטט, והפוטנציאל השלילי של מקור המתח מחובר לגררה בנקודה S.



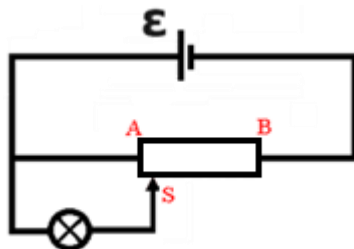
במעגל המתואר, כאשר מזיזים את הגררה ימינה, אורך המוליך בין נקודה A לגררה דרכו יזרום הזרם יהיה ארוך יותר ובהתאם התנגדות הריאוסטט תהיה גדולה יותר. כך שינוי מיקום הגררה גורם להגדלת התנגדות הריאוסטט.

1. הריאוסטט מחובר למעגל בגררה ובאחד ההדקים של הריאוסטט, ההדק השני של הריאוסטט (נקודה B בדוגמה) מנותק מהמעגל.
2. בדוגמה המתוארת הזזת הגררה ימינה, גורמת להגדלת התנגדות הריאוסטט ובכך להקטנה עוצמת הזרם במעגל, הנורה תאיר באור חלש יותר.
3. השימוש בריאוסטט כנגד משתנה הוא נפוץ בשאלות הבגרות ובמעבדות.

Cube-41

הפוטנציומטר

פוטנציומטר הוא שם של חיבור חשמלי הנעשה באמצעות התקן הריאוסטט ליצירת מתח משתנה כתלות במיקום הגררה. בחיבור פוטנציומטר הריאוסטט מחובר בהדק אחד לפוטנציאל גבוהה ובהדק השני לפוטנציאל נמוך כך שבכל נקודה בין הדקי הפוטנציומטר קיים פוטנציאל שונה. כדי לקבל מתח שונה בין שתי נקודות יש לחבר נקודת אחת לגררה ואת הנקודה השנייה לאחד מהדקי הריאוסטט. לדוגמה: באיור הבא מתואר מעגל חשמלי המורכב מנורה, מקור מתח ופוטנציומטר.



הנורה מחוברת בקצה אחד להדק החיובי של הסוללה ובקצה השני שלה לגררה. כך שינוי מיקום הגררה גורם לשינוי המתח בנורה.

1. בדוגמה המתוארת הזזת הגררה ימינה, גורמת להגדלת המתח על הנורה. הזזת הגררה ימינה תגרום לנורה להאיר באור חזק יותר.
2. בחיבור ריאוסטט ההתקן מחובר למעגל רק בגררה ובאחד הקצוות. לעומת זאת בחיבור פוטנציומטר ההתקן מחובר למעגל בגררה ובשני הקצוות.
3. כדי ליצור התנגדות משתנה במעגל יש להשתמש בריאוסטט וכדי ליצור מתח משתנה בין שתי נקודות יש להשתמש בפוטנציומטר.
4. שינוי מיקום הגררה בדוגמה של הפוטנציומטר יכולה ליצור מתח אפס בנורה, לעומת זאת בדוגמה עם הריאוסטט לא ניתן ליצור מתח אפס בנורה.

Cube-41**כא"מ ε**

כא"מ הסוללה היא תכונה של הסוללה המתארת את כמות האנרגיה החשמלית המוענקת ליחידת מטען המונע במסלול סגור בין הדקי הסוללה. הכא"מ מסומן ע"י ε ונמדד ביחידות של וולט.

בסוללה אידיאלית (סוללה שאין לה התנגדות פנימית) ערך כא"מ הסוללה שווה לערך הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הסוללה.

דוגמה: נתונה סוללה בעלת כא"מ של 9 וולט, בהתאם לערך כא"מ הסוללה ניתן לקבוע שכמות האנרגיה שהסוללה מעניקה למטען שגודלו 1 קולון המונע בין הדקי הסוללה היא 9 ג'אול. סוללה של 24 וולט מעניקה למטען של 1 קולון 24 ג'אול בהנעת המטען בין הדקי הסוללה.

1. ראשי התיבות של כא"מ הם כמות אנרגיה מטען.

2. הסוללה ממירה אנרגיה כימית לאנרגיה חשמלית, במעגל נתון ככל שכא"מ הסוללה גדול יותר קצב המרת האנרגיה הכימית לחשמלית גדול יותר.

3. לסוללה ריקה יש כא"מ אך כיוון שלא אגורה בה עוד אנרגיה כימית היא לא מבצעת עבודה. (בדומה לחבית ריקה עם ברז פתוח).

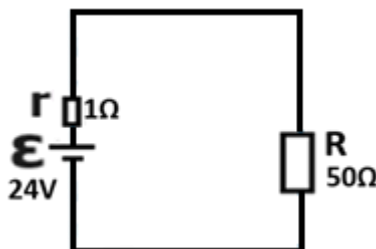
כא"מ הסוללה יכול להשתנות מעט בתנאים מסוימים, בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק רק בסוללות בעלות כא"מ קבוע.

Cube-41**התנגדות פנימית****של סוללה r**

התנגדות פנימית היא תכונה של הסוללה המתארת את התנגדות הסוללה לזרם העובר דרכה. ההתנגדות הפנימית של הסוללה מסומנת ע"י r

ונמדדת ביחידות של אוהם. ההתנגדות הפנימית מתוארת במעגל כנגד נוסף r המשורטט בסמוך למקור המתח.

לדוגמה: באיור הבא מתואר מקור מתח בעל כא"מ של 24 וולט והתנגדות פנימית של 1 אוהם המחובר לצרכן שהתנגדותו היא 50 אוהם.



1. להתנגדות הפנימית של הסוללה יש שתי השפעות עיקריות:

א. המתח בין הדקי הסוללה קטן יותר מהכא"מ של הסוללה. (הסוללה מספקת למעגל מתח קטן ממתח הכא"מ)
ב. הסוללה מתחממת. (חלק מהאנרגיה הכימית של הסוללה הולך לאיבוד בחימום הסוללה).

2. ההתנגדות הפנימית והכא"מ הן שתי תכונות המאפיינות כל סוללה.

בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק רק בסוללות בעלות התנגדות פנימית קבועה.

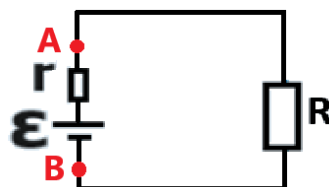
מתח ההדקים הוא הפרש הפוטנציאלים בין הדקיה של הסוללה. מתח ההדקים מסומן על ידי V_{eff} (או V_{ab}) ונמדד ביחידות של וולט.

ערכו של מתח ההדקים נקבע בהתאם לכא"מ הסוללה $\mathcal{E}$ והתנגדותה הפנימית r כתלות בעוצמת הזרם I הסוללה I .
ביטוי מתח ההדקים הוא:

$$V_{eff} = \mathcal{E} - I \cdot r$$

ניתן לפתח את ביטוי מתח ההדקים מעקרונות המעגל הטורי.

נתייחס למעגל המורכב מצרכן המחובר למקור מתח לא אידיאלי. נסמן את הדקי מקור המתח ב A ו- B. כמוראה באיור הבא:



הצרכן וההתנגדות הפנימית מחוברים בטור, מעקרונות המעגל הטורי סכום המתחים על הצרכן ועל ההתנגדות הפנימית שווה לכא"מ הסוללה. ומתקיים:

$$\mathcal{E} = U_r + U_R$$

המתח על הצרכן שווה למתח בין הנקודה A לנקודה B, לכן המתח על הצרכן שווה למתח ההדקים. $V_{eff} = U_R$

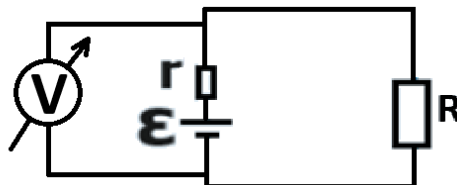
$$\mathcal{E} = U_r + V_{eff} \quad \text{נכתוב בהתאם את משוואת המתחים:}$$

$$V_{eff} = \mathcal{E} - U_r \quad \text{נבטא מהמשוואה את מתח ההדקים:}$$

בעזרת חוק אוהם נבטא את המתח על ההתנגדות הפנימית כתלות בזרם ובהתנגדות הפנימית, ונקבל את ביטוי מתח ההדקים:

$$V_{eff} = \mathcal{E} - I \cdot r$$

לדוגמה: נתון צרכן שהתנגדותו R היא 20 אוהם הוא מחובר לסוללה בעלת כ"מ של 12 וולט שהתנגדותה הפנימית היא 0.8 אוהם. מד מתח מחובר להדקי הסוללה כמוראה באיור הבא:



נחשב את מתח ההדקים של הסוללה (המתח הנמדד על ידי מד המתח) בעזרת ביטוי מתח ההדקים.

$$V_{eff} = \varepsilon - I \cdot r$$

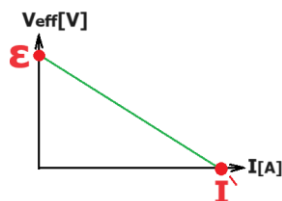
נחשב תחילה את הזרם במעגל בעזרת חוק אוהם על כל המעגל:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12}{20 + 0.8} = \frac{12}{20.8} = 0.576A$$

בהתאם לערך הזרם נחשב את מתח ההדקים:

$$V_{eff} = \varepsilon - I \cdot r = 12 - 0.576 \cdot 0.8 = 11.53V$$

1. ערך של מתח ההדקים הוא לא תכונה המאפיינת את הסוללה, הוא משתנה בעוצמת הזרם במעגל.
2. מתח ההדקים מתאר את המתח המסופק למעגל בפועל בקיזוז המתח על ההתנגדות הפנימית, לכן הוא נקרא מתח יעיל (effective).
3. מביטוי מתח ההדקים כאשר עוצמת הזרם במעגל שווה לאפס מתח ההדקים שווה לכא"מ הסוללה גם אם הסוללה לא אידיאלית ($r \neq 0$).
4. מחוק אוהם היחס בין מתח ההדקים לזרם במעגל שווה להתנגדות החיצונית של המעגל (ההתנגדות השקולה פחות ההתנגדות הפנימית).
5. בהתאם לביטוי מתח ההדקים, בגרף המתאר את מתח ההדקים כתלות בזרם מתקיים:
 - א. נקודת חיתוך הגרף עם הציר האנכי שווה לכא"מ הסוללה.
 - ב. שיפוע הגרף שווה למינוס ההתנגדות הפנימית.
 - ג. נקודת חיתוך הגרף עם הציר האופקי שווה לזרם מקסימאלי (זרם קצר).
6. בשונה מחוק אוהם על הצרכן, ככל שהזרם דרך הסוללה גדל מתח ההדקים קטן. (אין סתירה מקרים שונים).



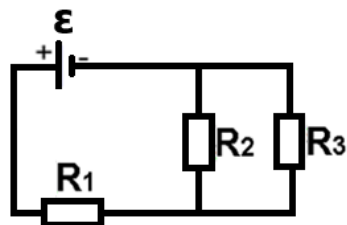
ניתן להשתמש בביטוי מתח ההדקים בכל מעגל חשמלי (לא רק במעגל המכיל צרכן בודד)

Cube-42

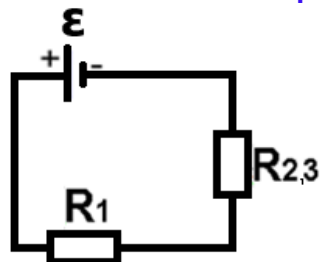
מעגל מעורב

124

מעגל מעורב הוא מעגל בו לא כל הנגדים מחוברים בטור וגם לא כול הנגדים מחוברים במקביל, אך ניתן למצוא התנגדות שקולה של חלק מהנגדים ולקבל מעגל שקול טורי או מקבילי.
דוגמה א' – נתון מעגל עם שלושה נגדים מחוברים למקור מתח.

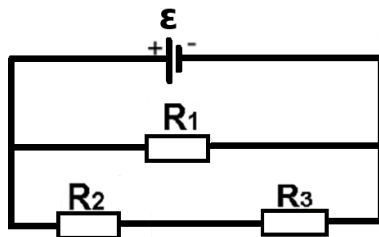


הנגדים R_2 ו- R_3 מחוברים אחד לשני משני הצדדים לכן הם מחוברים במקביל. הנגד R_1 לא מחובר אליהם במקביל (הוא מחובר אליהם רק בצד אחד, הצד השני שלו מחובר למקור המתח) לכן המעגל הנתון הוא לא מעגל מקבילי.
ניתן להחליף את שני הנגדים R_2 ו- R_3 בנגד אחד השקול לשניהם ולקבל את המעגל הטורי הבא השקול למעגל הנתון.



כיוון שניתן להגיע מהמעגל הנתון למעגל טורי המעגל הנתון הוא מעגל מעורב.

דוגמה ב' – נתון מעגל נוסף עם שלושה נגדים מחוברים למקור מתח.



במעגל הנתון הנגדים R_2 ו- R_3 מחוברים בטור, הנגד השקול שלהם מחובר במקביל לנגד R_1 ניתן להגיע מהמעגל הנתון למעגל מקבילי, לכן המעגל הנתון הוא מעגל מעורב.

Cube-42

המשך
מעגל מעורבחישוב ערכי המתח והזרם בכל נגד במעגל מעורב:

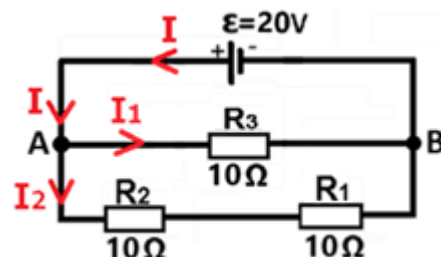
לא ניתן להשתמש רק בעקרונות המעגל הטורי או המקבילי כדי לחשב את המתח והזרם בכל אחד מהנגדים במעגל המעורב. כדי לנתח את המעגל המעורב יש לבצע א הפעולות הבאות:

א. יש לחשב תחיל את ההתנגדות השקולה של המעגל המעורב.

ב. בהתאם להתנגדות השקולה ובהתאם למתח המקור ניתן לחשב בעזרת חוק אוהם על כל המעגל את זרם המקור.

ג. הזרם הנכנס לצומת מתפצל בענפים כך שיחס הזרמים הפוך ליחס ההתנגדויות הענפים.

ד. בהתאם לעוצמת הזרם דרך כל נגד ניתן לחשב בעזרת חוק אוהם את המתח על הנגד.



דוגמה: נתון מעגל חשמלי המורכב ממקור מתח אידיאלי של 20 וולט ושלושה נגדים זהים R_1 , R_2 ו- R_3 . ההתנגדות של כל אחד משלושת הנגדים היא 10 אוהם. הנגדים R_1 ו- R_2 מחוברים בטור, במקביל אליהם מחובר הנגד R_3 ומקור המתח.

נסמן את שני הצמתים במעגל ב A ו- B. נסמן את עוצמת הזרם דרך R_3 ב- I_1 ואת הזרם דרך R_2 ב- I_2 ואת זרם המקור ב- I כפי שניתן לראות במעגל החשמלי.

נחשב את ההתנגדות השקולה במעגל: נסמן חיבור מקבילי ב "||" וחיבור טורי ב "+". נכתוב ביטוי להתנגדות השקולה ונחשב את ערכה:

$$R_T = (R_1 + R_2) \parallel R_3 \Rightarrow R_T = 20 \parallel 10 = \frac{20 \cdot 10}{20 + 10} = \frac{200}{30} = 6.666\Omega$$

נחשב את זרם המקור, מחוק אוהם על כל המעגל:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{20}{6.66} = 3A$$

נחשב את עוצמת הזרם דרך כל נגד: כיוון שההתנגדות השקולה של שני הנגדים R_1 ו- R_2 גדולה פי 2 מהתנגדות הנגד R_3 עוצמת הזרם I_1 גדולה פי 2 מעוצמת הזרם I_2 . מתקיים: $I_1 = 2 \cdot I_2$.

חוק הצומת קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת, לכן מחוק הצומת לצומת A מתקיים: $3 = I_1 + I_2$ קבלנו שתי משוואות בשני נעלמים, מפתרון מערכת המשוואות מתקיים: $I_1 = 2A$ $I_2 = 1A$

נחשב את המתח על כל אחד מהנגדים, מחוק אוהם על כל נגד:

$$U_{R_1} = I_1 \cdot R_1 = 2 \cdot 10 = 20V$$

$$U_{R_2} = I_2 \cdot R_2 = 1 \cdot 10 = 10V$$

$$U_{R_3} = I_2 \cdot R_3 = 1 \cdot 10 = 10V$$

Cube-42 המשך מעגל מעורב	1. סדר הפעולות בביטוי ההתנגדות הוא חשוב. כדי למנוע טעויות יש להקפיד על השימוש בסוגריים. 2. עקרונות המעגל הטורי והמקבילי מתקיימים במעגל המעורב באופן מקומי . כך למשל בדוגמה הנגדים R_1 ו- R_2 מחוברים בטור לכן זורם דרכם זרם זהה. הנגד R_3 מחובר במקביל למקור המתח לכן המתח עליו שווה למתח המקור. 3. לא כל הנגדים במעגל מעורב צריכים להיות מחוברים בטור או במקביל, R_2 ו- R_3 המופיעים בדוגמה לא מחוברים בטור ולא מחוברים במקביל. 4. בכל מעגל מעורב יש לפחות שני נגדים מחוברים בטור או במקביל וניתן להגיע מהמעגל המעורב למעגל טורי או מקבילי. 5. מעגל שאין בו נגדים מחוברים בטור וגם אין בו נגדים מחוברים במקביל הוא לא מעגל מעורב ולא ניתן לכתוב ביטוי להתנגדות השקולה של המעגל. במקרה כזה יש להשתמש בחוקי קרכהוף . 6. בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק במעגלים פשוטים יחסית המכילים עד שני צמתים בלבד. ניתן להשתמש בעקרונות המעגל המעורב רק במעגלים מעורבים (מעגלים שניתן להגיע מהם למעגל טורי או למעגל מקבילי).
Cube-43 W- עבודת הצרכנים	כל צרכן ממיר את האנרגיה החשמלית המושקעת בו לצורה שונה של אנרגיה, בהתאם לייעודו. פעולת המרת האנרגיה היא עבודתו של הצרכן. עבודת הצרכן היא גודל פיזיקלי המסומן על ידי W ונמדד ביחידות של בג'אול [J]. דוגמה: מנוע ממיר 1,000 ג'אול של אנרגיה חשמלית ל 1,000 ג'אול של אנרגיית תנועה - עבודתו היא 1,000 ג'אול. דוגמה נוספת: נורה ממירה 300 ג'אול של אנרגיה חשמלית ל 300 ג'אול של אנרגיית אור- עבודת הנורה היא 300 ג'אול. 1. אנחנו משתמשים במושג העבודה כתיאור כללי של פעולת הצרכן, אך העבודה היא גם שמו של גודל פיזיקלי (כמו הזרם והמתח). 2. עבודת הצרכנים היא בדיוק אותה עבודה בה עסקנו במכניקה(מכפלת ההעתק בכוח) וגם אותה העבודה בה עסקנו באלקטרוסטטיקה (מכפלת המתח במטען). העבודה מחושבת בכל תחום בפיזיקה בהתאם לגדלים הפיזיקליים באותו התחום. 3. בתחום מעגלי הזרם אין משמעות לעבודת צרכנים שלילית (בשונה ממכניקה ואלקטרוסטטיקה). 4. צרכנים לא מצליחים להמיר את כל האנרגיה המושקעת בהם לאנרגיה הרצויה. כך למשל, בנורה רגילה רק כ- 20 אחוז מהאנרגיה המושקעת בנורה מומר לאור, כל שאר האנרגיה המושקעת מומר לחום. בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק רק בצרכנים שכל האנרגיה המושקעת בהם מגיע לייעודה. לכן אם נתון שהנורה מפיקה אנרגיה של 20 ג'אול או מקבלת אנרגיה של 20 ג'אול ניתן לקבוע שעבודת הנורה היא 20 ג'אול. 5. ערך עבודת הצרכנים מחושב בהתאם להספקם, כפי שמתואר בדף הבא.

Cube-43**P- הספק**

הספק הצרכן P מתאר את קצב ביצוע עבודת הצרכן. הגדרת ההספק היא:

$$P = \frac{W}{t}$$

בהתאם להגדרת ההספק, ההספק נמדד ביחידות של ג'אול לשנייה או בקיצור וואט [W]

ככל שהצרכן יבצע יותר עבודה בפחות זמן כך הספקו יהיה גדול יותר.
לכן ההספק הוגדר ביחס ישר לגודל העבודה המבוצעת וביחס הפוך לזמן ביצוע העבודה.

דוגמה: נורה מבצעת עבודה של 3,600 ג'אול במשך 2 דקות, נחשב את הספק הצרכן:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3,600}{2 \cdot 60} = \frac{3,600}{120} = 30W$$

1. הספק הצרכן לא תלוי בזמן פעולת הצרכן וגם לא בכמות העבודה שהצרכן מבצע היא שווה ליחס שבין העבודה לזמן. (כשם שמסה של הגוף לא תלויה בכוח הפועל על הגוף וגם לא תלויה בתאוצתו, היא שווה ליחס שבין הכוח לתאוצה).
2. לכל צרכן יש הספק אופייני שנקבע על ידי היצרן. כך למשל לתנור קטן יש הספק של כ- 1000 וואט, לתנור אפיה גדול יש הספק של כ-3000 וואט.
3. במקרים בהם הצרכן מבצע עבודה משתנה ההספק המחושב הוא ההספק הממוצע.

ניתן להשתמש בהגדרת ההספק בכל תחום בפיזיקה בו מבוצעת עבודה.

Cube-43**חוק ג'אול**

חוק ג'אול קובע שההספק של כל צרכן שווה למכפלת המתח בין הדקיו לעוצמת הזרם דרכו.

$$P = U \cdot I$$

ניתן לפתח את חוק ג'אול מהגדרת ההספק בעזרת ביטוי העבודה והגדרת הזרם.
מעקרונות האלקטרוסטטיקה, עבודת הצרכן בהנעת מטען Q בין הדקיו שווה למכפלת הפרש הפוטנציאליים בין הדקיו הצרכן במטען המונע דרך הצרכן נכתוב בהתאם ביטוי להספק:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta V \cdot Q}{t}$$

מהגדרת הזרם היחס שבין כמות המטען העוברת דרך הצרכן לזמן פעולת הצרכן שווה לעוצמת הזרם זרם הצרכן, ניתן לכתוב בהתאם את ביטוי

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta V \cdot Q}{t} = U \cdot I$$

דוגמה: נתונה נורה המחוברת למתח של 9 וולט, עוצמת הזרם דרך הנורה הוא 0.5 אמפר. נחשב את הספק הנורה בעזרת חוק ג'אול:

$$P = U \cdot I = 9 \cdot 0.5 = 4.5W$$

ההספק מתאר את קצב ביצוע העבודה, בדוגמה המתוארת המשמעות של ערך ההספק המחושב היא שבכל שניה הנורה עושה עבודה של 4.5 ג'אול

ניתן להשתמש בחוק ג'אול כדי לחשב את הספק הצרכן וגם כדי לחשב את הספק המקור.

Cube-43

חוק ג'אול
המורחב

חוק ג'אול המורחב מתאר את ההספק של הצרכן כתלות בהתנגדותו.

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

ניתן לפתח את חוק ג'אול המורחב בעזרת חוק אוהם.

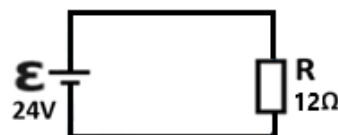
לפיתוח ההספק כתלות במתח וההתנגדות, יש להציב את ביטוי הזרם מחוק אוהם בחוק ג'אול:

$$P = U \cdot I = U \cdot \left(\frac{U}{R} \right) = \frac{U^2}{R}$$

לפיתוח ההספק כתלות בזרם וההתנגדות, יש להציב את ביטוי המתח מחוק אוהם בחוק ג'אול:

$$P = U \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R$$

דוגמה: נתון צרכן שהתנגדותו 12 אוהם המחובר ישירות לסוללה אידיאלית. כא"מ הסוללה 24 וולט. המעגל מתואר באיור הבא:



הצרכן מחובר ישירות לסוללה לכן המתח על הצרכן הוא 24 וולט.
נחשב את הזרם דרך הנגד מחוק אוהם.

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{24}{12} = 2 \text{ A}$$

נחשב את הספק הצרכן בשלושה דרכים:

דרך א' - נחשב את הספק הצרכן בעזרת חוק ג'אול : $P_R = U_R \cdot I = 24 \cdot 2 = 48 \text{ W}$

דרך ב' - נחשב את הספק הצרכן בעזרת חוק אוהם המורחב כתלות במתח: $P_R = \frac{U_R^2}{R} = \frac{24^2}{12} = \frac{576}{12} = 48 \text{ W}$

דרך ג' - נחשב את הספק הצרכן בעזרת חוק אוהם המורחב כתלות בזרם: $P_R = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 12 = 4 \cdot 12 = 48 \text{ W}$

1. בעזרת חוק ג'אול המורחב ניתן לחשב את הספק הצרכן ישירות ללא חישוב הזרם או המתח כאשר נתונה התנגדות הצרכן.
2. ההספק תלוי בהתנגדות הצרכן ביחס ישר וגם ביחס הפוך ואין בכך סתירה כיוון ששינוי ההתנגדות גורם לשינוי בזרם או לשינוי במתח.

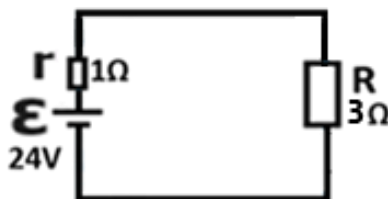
ניתן להשתמש בחוק ג'אול המורחב לחישוב הספקם של הצרכנים בלבד, לא ניתן להשתמש בחוק ג'אול המורחב לחישוב הספק המקור.

Cube-43

ההספק במעגל חשמלי

בכל מעגל חשמלי סכום הספקי הצרכנים שווה להספק המקור. משימור אנרגיה בכל מעגל חשמלי האנרגיה שהמקור מעניק שווה לסכום האנרגיות המתקבלות בצרכנים. לכן בכל מעגל חשמלי סכום הספקי הצרכנים שווה להספק המקור.

דוגמה: צרכן שהתנגדותו 3 אוהם מחובר לסוללה לא אידיאלית, כ"מ הסוללה 24 וולט והתנגדותה הפנימית 1 אוהם. כמוראה באיור הבא:



נראה שסכום הספקי הצרכנים במקרה זה שווה להספק המקור. נחשב תחילה את הזרם במעגל מחוק אוהם על כל המעגל:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{24}{1+1} = 6 \text{ A}$$

נחשב את הספק הצרכן P_R בעזרת חוק ג'אול המורחב:

$$P_R = I^2 \cdot R = 6^2 \cdot 3 = 108 \text{ W}$$

נחשב את הספק ההתנגדות הפנימית P_r בעזרת חוק ג'אול המורחב:

$$P_r = I^2 \cdot r = 6^2 \cdot 1 = 36 \text{ W}$$

נחשב את הספק המקור מחוק ג'אול:

$$P_{\text{מקור}} = \varepsilon \cdot I = 24 \cdot 6 = 144 \text{ W}$$

ניתן לראות שבדוגמה זו מתקיים שסכום הספקי הצרכנים שווה להספק המקור.

1. אומנם מקור המתח מספק את האנרגיה החשמלית למעגל אך יש להתייחס להתנגדות הפנימית של הסוללה כאל צרכן אנרגיה כמו כל צרכן אחר.
2. לא קיימת נוסחה בדפי הנוסחאות הקובעת שסכום הפסקי הצרכנים שווה להספק המקור, יש שאלות בגרות שפתרונם מבוסס על עיקרון זה.

בכל מעגל חשמלי סכום הספקי הצרכנים שווה להספק המקור.

Cube-43

התנגדות צרכן הדרושה להספק מקסימאלי בצרכן

כאשר צרכן מחובר למקור מתח לא אידיאלי הספק הצרכן הוא מקסימאלי רק כאשר התנגדות הצרכן שווה להתנגדות הפנימית של הסוללה.

ניתן להוכיח שהספק הצרכן הוא מקסימאלי כאשר התנגדותו שווה להתנגדות הפנימית של מקור המתח מביטוי ההספק כתלות בזרם.

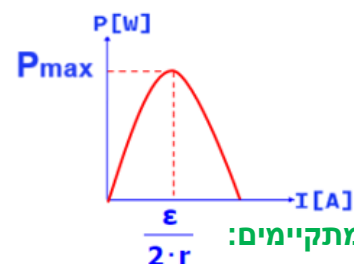
$$P_R = V_{\text{eff}} \cdot I = (\varepsilon - I \cdot r) \cdot I = \varepsilon \cdot I - I^2 \cdot r \quad \text{נכתוב ביטוי להספק הצרכן כתלות בזרם:}$$

נסמן את הזרם שבו ההספק הוא מקסימאלי ב- I' . ההספק המקסימאלי הוא בנקודת הקיצון, נגזור את ביטוי ההספק ונשווה אותו לאפס. ונבטא את I' .

$$\varepsilon - 2 \cdot I' \cdot r = 0$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{2 \cdot r}$$

ביטוי נוסף לזרם זה מתקבל מחוק אוהם על כל המעגל:

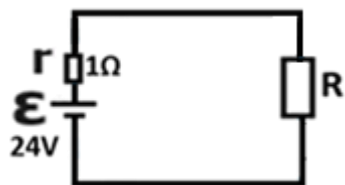


מהשוואה בין שני הביטויים ניתן לראות שרק כאשר התנגדות הצרכן שווה להתנגדות הפנימית שני הביטויים מתקיימים:

$$\frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{2 \cdot r} \Rightarrow \frac{1}{R+r} = \frac{1}{2 \cdot r} \Rightarrow R+r = 2 \cdot r \Rightarrow \boxed{R=r}$$

לכן כדי שהספק הצרכן יהיה מקסימאלי התנגדותו צריכה להיות שווה להתנגדות הפנימית של מקור המתח.

דוגמה : נתון צרכן המחובר ישירות למקור מתח לא אידיאלי, כא"מ המקור הוא 24 וולט והתנגדותו הפנימית 1 אום.



נחשב את הספק הצרכן R בשלושה מקרים שונים.

$$P_R = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R = \frac{24^2}{(0.8+1)^2} \cdot 0.8 = \frac{576}{3.24} \cdot 0.8 = 142.22 \text{ W} \quad \text{מקרה א' התוש}$$

$$P_R = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R = \frac{24^2}{(1+1)^2} \cdot 1 = \frac{576}{4} \cdot 1 = 144 \text{ W} \quad \text{מקרה ב' התנגדות}$$

$$P_R = I^2 \cdot R = \frac{\varepsilon^2}{(R+r)^2} \cdot R = \frac{24^2}{(1.2+1)^2} \cdot 1.2 = \frac{576}{4.84} \cdot 1.2 = 142.8 \text{ W} \quad \text{מקרה ג' התנגדות הצרכן שווה 1.2 אום:}$$

ניתן לראות שהספק הצרכן הוא מקסימאלי כאשר התנגדות הצרכן שווה להתנגדות הפנימית של הסוללה.

1. מחוק ג'אול הספק הצרכן תלוי ביחס זרם דרכו ובמתח על הצרכן. כשהתנגדותו מאוד גדולה הזרם אפסי כשהתנגדותו מאוד קטנה המתח אפסי, לכן ההספק המקסימאלי מתקבל כאשר התנגדותו לא גדולה מידי ולא קטנה מידי, כאשר היא שווה בדיוק לערך ההתנגדות הפנימית.

2. בשאלות הבגרות ניתן לקבוע שהספק הצרכן מקסימאלי כאשר התנגדותו שווה להתנגדות מקור המתח ללא הוכחה. חשוב להכיר את ההוכחה.

בכל מעגל חשמלי המורכב ממקור מתח לא אידיאלי הספק הצרכן הוא מקסימאלי כאשר ערך התנגדות הצרכן שווה לערך ההתנגדות הפנימית.

Cube-43**נצילות**

הנצילות מתארת את היעילות האנרגטית של המערכת, היא מוגדרת לפי היחס שבין האנרגיה המתקבלת במערכת לאנרגיה המושקעת במערכת. מקובל לתאר את הנצילות באחוזים, באופן הבא:

$$\eta = \frac{E_{\text{מתקבלת}}}{E_{\text{מושקעת}}} \cdot 100\%$$

ככל שהאנרגיה המושקעת היא קטנה יותר והאנרגיה המתקבלת גדולה יותר נצילות המערכת גדולה יותר, לכן הנצילות תלויה ביחס ישר באנרגיה המתקבלת וביחס הפוך באנרגיה המושקעת.

לדוגמה: מנוע חשמלי משתמש באנרגיה חשמלית כדי להפיק אנרגיה מכנית מושקעת אנרגיה חשמלית של 200 ג'אול, המנוע, אם האנרגיה המכנית המתקבלת היא 50 ג'אול בלבד מהגדרת הנצילות, נצילות המנוע היא רק 25 אחוז.

1. מושג הנצילות מתאר את יעילותם של מערכות בתחומים רבים, בכל תחום נצילות המערכת שווה ליחס שבין האנרגיה המתקבלת למושקעת ניתן לבטא את יחס הנצילות בכל תחום ספציפי בעזרת גדלים פיזיקליים מאותו תחום.

2. כדי לתאר את הנצילות באחוזים היחס בין האנרגיה המתקבלת למושקעת מוכפל ב 100 אחוז (משמעות אחוז הוא מאית).

3. בכל תחום ובכל מערכת ערך האנרגיה המתקבלת קטנה או שווה לערך האנרגיה המושקעת.

לפני שימוש בהגדרת הנצילות בכל מערכת יש להבין מי היא האנרגיה המתקבלת ומי היא האנרגיה המושקעת.

Cube-43**נצילות במעגל חשמלי**

במעגל החשמלי האנרגיה מושקעת ע"י מקור המתח ומתקבלת בצרכן. חלק מהאנרגיה המושקעת המגיע להתנגדות הפנימית מתפתח כחום בסוללה. חלק זה של האנרגיה מוגדר כאנרגיה מתבזזת. ניתן לחשב את הנצילות של המעגל החשמלי כיחס אנרגיות, יחס הספקים, יחס מתחים או יחס התנגדויות:

$$\eta = \frac{P_R}{P_{\text{מקור}}} \cdot 100\% = \frac{V_{\text{eff}}}{\varepsilon} \cdot 100\% = \frac{R}{r+R} \cdot 100\%$$

ניתן לפתח את ביטויי הנצילות בעזרת הגדרת ההספק, חוק ג'אול וביטוי מתח ההדקים.

מהגדרת ההספק האנרגיה המתקבלת שווה למכפלת ההספק בצרכן בזמן פעולת המעגל. והאנרגיה המושקעת שווה למכפלת הספק המקור בזמן מחוק ג'אול הספק הצרכן שווה למכפלת מתח ההדקים בזרם, והספק המקור שווה למכפלת הכא"מ בזרם המעגל. כפי שניתן לראות במשוואה הבאה.

$$\eta = \frac{P_R}{P_{\text{מקור}}} = \frac{V_R \cdot I}{V \cdot I} = \frac{V_R}{V} = \frac{V_{\text{eff}}}{\varepsilon}$$

כדי לבטא את הנצילות כתלות בהתנגדות הצרכן וההתנגדות פנימית של הסוללה, נבטא את מתח ההדקים בעזרת ביטוי מתח ההדקים, ואלגברה.

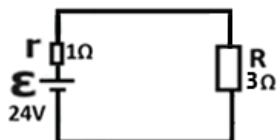
$$\frac{V_{\text{eff}}}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon - I \cdot r}{\varepsilon} = \frac{\varepsilon - \frac{\varepsilon}{r+R} \cdot r}{\varepsilon} = 1 - \frac{r}{r+R} = \frac{r+R}{r+R} - \frac{r}{r+R} = \frac{r+R-r}{r+R} = \frac{R}{r+R}$$

Cube-43

המשך נצילות במעגל חשמלי

132

דוגמה: נתון צרכן שהתנגדותו 3 אוהם המחובר ישירות למקור מתח לא אידיאלי, כ"מ המקור הוא 24 וולט והתנגדותו הפנימית 1 אום, כמתואר באיור הבא:



נחשב את נצילות המעגל:

$$\eta = \frac{R}{r+R} \cdot 100\% = \frac{3}{1+3} \cdot 100\% = 75\%$$

1. הנצילות מתארת את אחוז האנרגיה המושקעת שהגיעה לייעודה.
2. נצילות המעגל לא תלויה בכ"מ הסוללה. היא נקבעת בהתאם להתנגדות הצרכן והתנגדות הפנימית של הסוללה
3. כאשר ההספק הוא מקסימאלי ($R=r$) נצילות המעגל היא לא מקסימאלית, היא שווה 50 אחוז. הנצילות היא מקסימאלית (100%) רק כאשר הסוללה אידיאלית, כשההתנגדות הפנימית שווה לאפס.
4. ביטויי הנצילות לא מופיעים בדפי הנוסחאות, חשוב להכיר את ביטויי הנצילות ולדעת לפתח אותם.
5. במעגל המכיל מספר צרכנים ניתן להשתמש בביטוי הנצילות כתלות בהתנגדות השקולה של הצרכנים. (התנגדות שקולה חיצונית ללא ההתנגדות הפנימית).
6. בשאלות הבגרות יש מקרים בהן התלמיד נדרש להתייחס להספק אחד הנגדים במעגל כאל הספק מתבזבז ולא הספק מתקבל. לדוגמה מעגל המכיל ראוסטט ונורה, ההספק המתקבל בנורה הוא הספק מתקבל ניתן להגדיר את הספק הראוסטט כהספק מתבזבז. הראוסטט משמש לקביעת עוצמת הזרם במעגל האנרגיה המושקעת בו באה לידי ביטוי בהתחממותו, לכן ניתן להתייחס לאנרגיה המושקעת בראוסטט כאנרגיה מתבזבזת.

ניתן להשתמש בביטויי הנצילות בכל מעגל חשמלי.

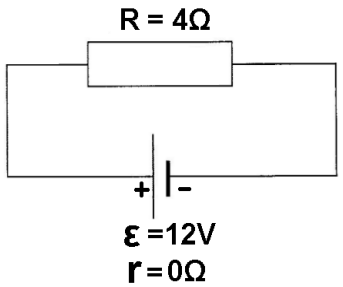
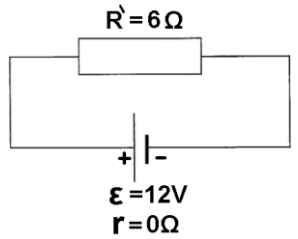
פרקטיקות מעגלי זרם

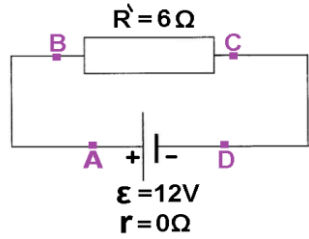
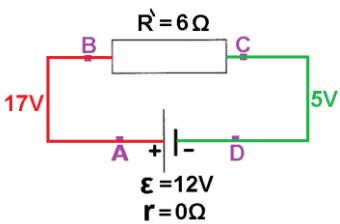
נושאי התרגול:

- א. מעגל בסיסי - מקור מתח אידיאלי.
- ב. מעגל בסיסי- מקור מתח לא אידיאלי.
- ג. חיבור טורי או מקבילי.
- ד. חיבור מעורב.
- ה. הספק ונצילות.
- ו. מעגל בעל שני מקורות מתח.

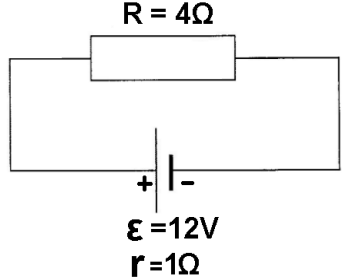
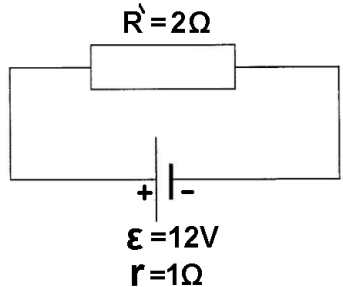
133

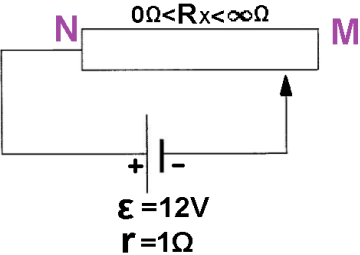
א. מעגל בסיסי - מקור מתח אידיאלי

תיאור המעגל	השאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1. א - צרכן R שהתנגדותו 4Ω מחובר באמצעות מוליכים חסרי התנגדות, ישירות למקור מתח אידיאלי בעל כ"מ של $12V$. 	א -כיוון הזרם דרך הצרכן. ב - מתח ההדקים. ג -המתח על הצרכן R. ד - עוצמת הזרם במעגל.	חוק אוהם $V = R \cdot I$ מתח ההדקים $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$ כיוון הזרם מהפוטנציאל הגבוה לנמוך.	א - כיוון הזרם משמאל לימין. ב - $V_{ab} = 12V$ ג - $U_R = 12V$ ד - $I = 3A$	1. כיוון הזרם המוסכם הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך, מההדק החיובי של הסוללה להדק השלילי. 2. במעגל אין נקודת צומת, הזרם לא מתפצל, זרם זהה זורם דרך כל נקודה במעגל. 3. הצרכן R מחובר ישירות להדקי הסוללה, המתח על הצרכן R שווה למתח ההדקים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858
2. א - מחליפים את הצרכן R בצרכן אחר $R' = 6\Omega$ שהתנגדותו 6Ω . 	א - מתח ההדקים ב - המתח על הצרכן R. ג - עוצמת הזרם במעגל.	הפרש הפוטנציאליים	א - $V_{ab} = 12V$ ב - $U_R = 12V$ ג - $I = 2A$	צרכן בעל התנגדות גדולה יותר יגרום לזרם במעגל להיות קטן יותר. אך מביטוי מתח ההדקים: $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$ מכיוון שההתנגדות הפנימית שווה לאפס מתח ההדקים שווה בסוללה אידיאלית לכ"מ הסוללה. נסמן את התנגדות המוליך	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12109

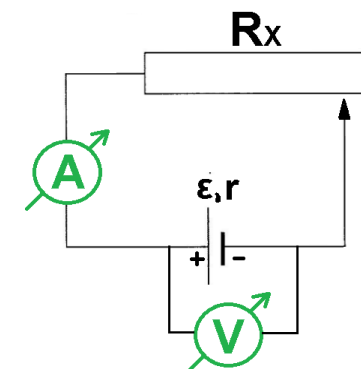
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12110	בין הנקודות A ו-B ב RAB. מכיוון שהתנגדות המוליכים היא אפסית, מחוק אום מתקיים: $V_{AB} = I \cdot R_{AB}$ לכן, הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות A ו-B הוא אפס וולט.	$V_{AD} = 12V$ - א $V_{AB} = 0V$ - ג	VAD מוגדר כך: $V_{AD} = V_A - V_D$	חשב את הפרשי הפוטנציאלים הבאים: VAD - א VCB - ב VAB - ג	א.3 - במעגל מסומנים ארבע נקודות: A, B, C, D 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12111	1. הפוטנציאל בהדק החיובי גדול ב 12V מהפוטנציאל בהדק השלילי. 2. בכל המעגל יש רק שני פוטנציאלים שונים: 5V ו-17V. 	$V_A = 17V$ - א $V_B = 17V$ - ב $V_C = 5V$ - ג		חשב את הפוטנציאלים בנקודות הבאות: VA - א VB - ב VC - ג	א.4 - נתון שהפוטנציאל בנקודה D הוא 5V.

ב. מעגל בסיסי - מקור מתח לא אידיאלי

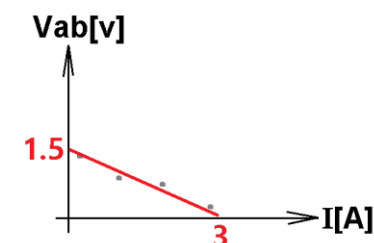
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12112	1. התנגדות הצרכן וההתנגדות הפנימית של הסוללה מחוברים בטור. 2. מביטוי מתח ההדקים, כאשר מקור המתח הוא לא אידיאלי, וזורם זרם במעגל, מתח ההדקים קטן מכא"מ הסוללה. 3. גם כאשר מקור המתח הוא לא אידיאלי, מתח ההדקים שווה למתח על הצרכן.	א- $I=2.4A$ ב- $V_{ab} = 9.6V$ ג- $U_R = 9.6V$	<u>חוק אוהם</u> $V = R \cdot I$ <u>מתח ההדקים</u> $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$ <u>כיוון הזרם</u> מהפוטנציאל הגבוה לנמוך.	א-עוצמת הזרם במעגל. ב-מתח ההדקים. ג-המתח על הצרכן R.	1.ב - צרכן R שהתנגדותו 4Ω מחובר באמצעות מוליכים חסרי התנגדות ישירות למקור מתח לא אידיאלי בעל כא"מ של $12V$, והתנגדות פנימית של 1Ω. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12113	כאשר התנגדות הצרכן קטנה, ההתנגדות השקולה קטנה, עוצמת הזרם גדלה, ומתח ההדקים קטן.	א- $I=4A$ ב- $V_{ab} = 8V$		א-עוצמת הזרם במעגל. ב-מתח ההדקים.	2.ב - מחליפים את הצרכן R בצרכן אחר R' שהתנגדותו 2Ω. 

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12114	1. סוללה מספקת זרם מקסימאלי כאשר התנגדות הצרכן היא אפס. (סוללה מקוצרת, נקודת המגע נמצאת בנקודה N). לכן, הזרם המקסימאלי שכל סוללה יכולה לספק שווה ליחס שבין כ"מ הסוללה להתנגדותה הפנימית. 2. כאשר הסוללה מקוצרת מתח ההדקים שווה לאפס: $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$ $V_{ab} = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{r} \cdot r = 0V$ 3. כאשר הסוללה מנותקת, מתח ההדקים שווה לכא"מ הסוללה: $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$ $V_{ab} = \varepsilon - 0 \cdot r = \varepsilon$	א- קצה N. ב- $I_{max} = 12A$ ג- $V_{AB} = 0V$ ד- קצה M. ה- $I_{min} = 0A$ ו- $V_{AB} = 12V$	חוק אוהם $V = R \cdot I$ מתח ההדקים $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$	א- מיקום נקודת המגע כאשר עוצמת הזרם היא מקסימאלית (קצר). ב- עוצמת הזרם המקסימאלית שהסוללה יכולה לספק. ג- מתח ההדקים כאשר עוצמת הזרם היא מקסימאלית. ד- מיקום נקודת המגע כאשר עוצמת הזרם היא מינימאלית. ה- עוצמת הזרם המינימאלית. ו- מתח ההדקים כאשר עוצמת הזרם היא אפס. (נתק).	3. ב- נתון מעגל חשמלי המורכב ממקור מתח לא אידיאלי וריאוסטט (נגד משתנה) שהתנגדותו משתנה בין אפס אוהם לאין סוף אוהם. נסמן את הקצה הימני של הריאוסטט ב M ואת הקצה השמאלי של הריאוסטט ב N.  מניעים את נקודת המגע (הגררה) מנקודת הקצה M לנקודת הקצה N.
---	---	---	--	---	--

4.2 - תלמיד ערך ניסוי
למציאת כ"מ הסוללה
והתנגדותה הפנימית, לשם כך
הוא הרכיב את המעגל הבא:



התלמיד שינה מספר פעמים את
מיקום נקודת המגע, ורשם בכל
פעם את ערכי המתח והזרם.
בהתאם שרטט את הגרף הבא:



א - התנגדות פנימית של
הסוללה.

ב - כ"מ הסוללה.

ג - עוצמת הזרם המקסימלית.

ד - התנגדות R_x כאשר מתח
ההדקים שווה לאפס וולט.

ה - התנגדות R_x כאשר מתח
ההדקים שווה למחצית מתח
כ"מ הסוללה.

ו - התנגדות R_x כאשר הזרם
במעגל שווה למחצית הזרם
המקסימאלי.

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

מתח ההדקים
$$V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$$

א - $r = 0.5\Omega$

ד - $R_x = 0\Omega$

ה, ו - $R_x = 0.5\Omega$

1. גרף מתח ההדקים בתלות
בזרם הוא גרף נפוך בשאלות
הבגרות.

חשוב להכיר את הגרף
ולדעת כיצד לחשב
באמצעותו את כ"מ
הסוללה ואת התנגדותה
הפנימית.

2. את כל המסקנות הנובעות
מהגרף יש להפיק רק מקו
המגמה (הישר המסתבר
ביותר) ולא על סמך חלק
מהמדידות.

3. יש לקבוע את קו המגמה
כך שהוא ייצג את פיזור כל
הנקודות בגרף.

יש לשרטט את קו המגמה
בעזרת סרגל (בודקי
מחברות הבגרות מקפידים
על זה).

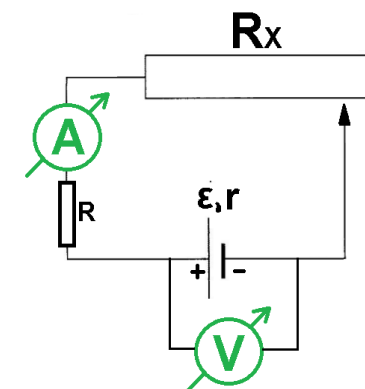
4. מביטוי מתח ההדקים ניתן
לקבוע ששיפוע קו המגמה
שווה למינוס ההתנגדות,
ונקודת החיתוך של קו
המגמה עם הציר האנכי שווה
לכ"מ הסוללה.

5. מתח ההדקים שווה
למתח על הנגד המשתנה.

<https://modle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=121>
15

5.2 - תלמיד ערך ניסוי

למציאת כ"מ הסוללה והתנגדותה הפנימית, לשם כך הוא הרכיב מעגל הזה למעגל בסעיף הקודם (4) בתוספת נגד R שהתנגדותו 20Ω :



התלמיד שינה מספר פעמים את מיקום נקודת המגע, ורשם בכל פעם את ערכי המתח והזרם.

א- האם בגרף מתח ההדקים כתלות בזרם ישתנה שיפוע קו המגמה כתוצאה מהוספת הנגד R?

ב- האם בגרף מתח ההדקים כתלות בזרם ישתנו הנקודות בהן קו המגמה חוצה את הצירים?

ג- תלמיד מניע את נקודת המגע במהירות גדולה, מהקצה הימני לשמאלי. כיצד ישתנה גרף מתח ההדקים כתלות בזרם?

ד- תלמיד מניע את נקודת המגע במהירות קטנה מהקצה השמאלי לימני. כיצד ישתנה גרף מתח ההדקים כתלות בזרם?

ה- מחליפים את המוליכים חסרי ההתנגדות במוליכים שהתנגדותם איננה זניחה וחוזרים על הניסוי. כיצד ישתנה גרף מתח ההדקים בתלות בזרם?

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

מתח ההדקים

$$V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$$

א- שיפוע קו המגמה לא ישתנה.

ב- הנקודות בהן קו המגמה חוצה את הצירים לא ישתנו.

ג- הגרף לא ישתנה.

ד- הגרף לא ישתנה.

ה- הגרף לא ישתנה.

1. ערך שיפוע הגרף שווה ל מינוס ההתנגדות הפנימית של הסוללה, כל עוד התנגדות הפנימית של הסוללה לא תשתנה שיפוע הגרף לא ישתנה.

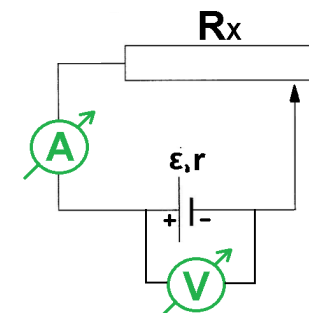
2. ערך הנקודה בה קו המגמה חוצה את הציר האנכי שווה לערך כ"מ הסוללה, כל עוד כ"מ הסוללה לא משתנה וההתנגדות הפנימית לא משתנה – הנקודות בהן קו המגמה חוצה את הצירים לא ישתנו.

3. גרף מתח ההדקים בתלות בזרם נקרא גם אופיין הסוללה מכיוון שקו המגמה תלוי רק בהתנגדות הפנימית ובכ"מ הסוללה.

4. אנחנו משתמשים בזרם כדי לדעת מה ערכי הכ"מ ואת ההתנגדות הפנימית, אך חשוב להבין שערכי הכ"מ וההתנגדות הפנימית לא תלויים בזרם.

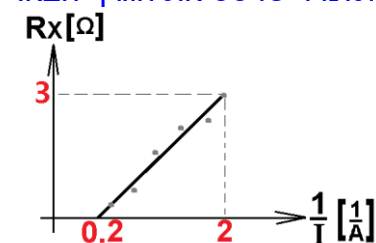
<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12116>

ב.6 - תלמיד ערך ניסוי למציאת כ"מ הסוללה והתנגדותה הפנימית, לשם כך הוא הרכיב את המעגל הבא:



התלמיד שינה מספר פעמים את מיקום נקודת המגע ורשם בכל פעם את ערכי המתח והזרם. בהתאם חישוב את R_X בכל פעם.

התלמיד שרטט את הגרף הבא:



א- פתח את הביטוי הבא:

$$R_X = \varepsilon \cdot \frac{1}{I} - r$$

ב- כ"מ הסוללה.

ג- חישוב ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ד- מציאת ההתנגדות הפנימית של הסוללה מהגרף.

ה- עוצמת הזרם המקסימאלית בעזרת חישוב.

ו- עוצמת הזרם המקסימאלית מהגרף.

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

מתח ההדקים

$$V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$$

ב - $\varepsilon = 1.66 \text{ V}$

ג, ד - $r = 0.33 \Omega$

ה, ו - $I_{\max} = 5 \text{ A}$

1. כדי לפתח ביטוי נתון כלשהו, יש להתחיל מביטוי ידוע ולהגיע לביטוי הדרוש.

או להתחיל מהביטוי הדרוש וממנו להגיע לביטוי ידוע. במקרה זה אם נכפיל את המשוואה בזרם נקבל ביטוי הדומה לביטוי כ"מ מתח ההדקים.

2. נקודת החיתוך עם הציר האנכי שווה למינוס ההתנגדות הפנימית.

3. מבחינה פיזיקלית ההתנגדות לא יכולה להיות שלילית. למרות זאת, ניתן לחשב מתמטית את ההתנגדות הפנימית מנקודת חציית קו המגמה את הציר האנכי.

המתמטיקה מכסה את העולם הפיזיקלי וגולשת גם לעולם הלא פיזיקלי. (כמו זמן שלילי בקינמטיקה)

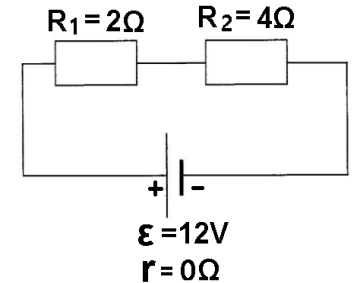
לפעמים אנחנו מגיעים באמצעות המתמטיקה לתובנות פיזיקליות מהעולם הלא פיזיקלי.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12117>

ג. מעגלים בחיבור טורי או מקבילי

141

ג.1 - שני צרכנים R_1 ו- R_2 מחוברים בטור למקור מתח אידיאלי כמוראה בתרשים הבא:



א- התנגדות שקולה R_T .

ב- עוצמת הזרם במעגל I .

ג- המתח על כל נגד U_{R1} ו- U_{R2} .

ד- מגדילים את התנגדותו של הנגד R_2 .

1. כיצד ישתנה המתח U_{R1} ?

2. כיצד ישתנה מתח ההדקים?

חוק אוהם
 $V = R \cdot I$

מתח ההדקים
 $V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א - $R_T = 6\Omega$

ב - $I = 2A$

ג - $U_{R1} = 4V$

$U_{R2} = 8V$

ד.1- המתח על $R1$ יקטן.

ד.2- מתח ההדקים לא ישתנה.

1. ניתן להשתמש בחוק אוהם על כל המעגל:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T}$$

ניתן להשתמש בחוק אוהם עבור כל נגד בנפרד לדוגמה:

$$I = \frac{U_{R1}}{R1}$$

2. זרם זהה זורם דרך הצרכנים. לכן יחס המתחים על הצרכנים זהה ליחס התנגדויות הצרכנים.

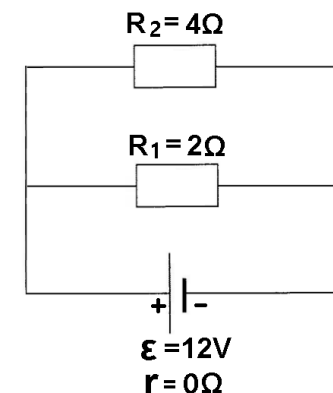
$$\frac{U_{R1}}{R1} = \frac{U_{R2}}{R2} \Rightarrow \frac{R2}{R1} = \frac{U_{R2}}{U_{R1}}$$

3. במעגל טורי שינוי בהתנגדותו של אחד הנגדים משפיעה על המתח של הנגדים האחרים.

4. כאשר $r=0$ מתח ההדקים שווה לכא"מ, ללא תלות בזרם.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12118>

ג.2 - שני צרכנים R_1 ו- R_2
מחוברים במקביל למקור מתח
אידיאלי כמראה בתרשים הבא:



א- התנגדות שקולה R_T .

ב- עוצמת הזרם במעגל I .

ג- המתח על כל נגד U_{R1} ו- U_{R2} .

ד- מגדילים את התנגדותו של הנגד R_2 .

1. כיצד ישתנה המתח U_{R1} ?

2. כיצד ישתנה מתח ההדקים?

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קירכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קירכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

התנגדות שקולה של שני נגדים המחוברים במקביל:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

א $R_T = 1.33\Omega$

ב $I = 9A$

ג $U_{R1} = 12V$

$U_{R2} = 12V$

ד.1- המתח על R_1 לא ישתנה.

ד.2- מתח ההדקים לא ישתנה.

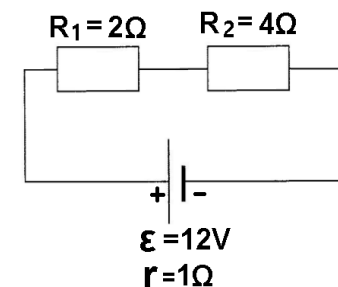
1. במעגל מקבילי כל הנגדים מחוברים ישירות למתח המקור, כך שהמתח על הצרכנים שווה למתח הדקי הסוללה ללא כל קשר להתנגדות הנגדים, לכן שינוי בהתנגדותו של אחד הצרכנים לא גורם לשינוי כל שהוא במתח או בזרם של הצרכנים האחרים.

2. כדי שהצרכנים בבית יוכלו לפעול ללא תלות האחד בשני, כל הצרכנים בבית מחוברים בחיבור מקבילי.

3. בחיבור מקבילי ההתנגדות השקולה קטנה מההתנגדות של כל אחד מהנגדים הנתונים.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12119>

ג.3 - שני צרכנים R_1 ו- R_2 מחוברים בטור למקור מתח לא אידיאלי כמוראה בתרשים הבא:



א- התנגדות שקולה R_T .

ב- עוצמת הזרם במעגל I .

ג- המתח על כל נגד U_{R1} ו- U_{R2} .

ד- מגדילים את התנגדותו של הנגד R_2 .

1. כיצד ישתנה המתח U_{R1} ?

2. כיצד ישתנה מתח ההדקים?

חוק אוהם
 $V = R \cdot I$

עקרונות המעגל הסורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א - $R_T = 7\Omega$

ב - $I = 1.71A$

ג - $U_{R1} = 3.42V$

$U_{R2} = 6.85V$

ד.1- המתח על $R1$ יקטן.

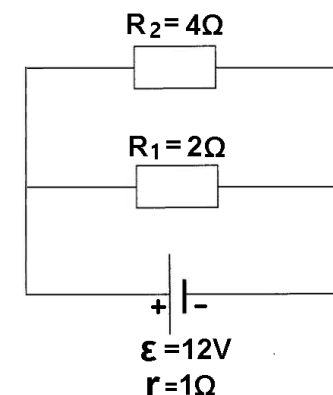
ד.2- מתח ההדקים יגדל.

1. ההתנגדות הפנימית מחוברת בטור לצרכנים. למרות ההתנגדות הפנימית המעגל נשאר מעגל טורי.

2. כאשר מקור המתח הוא לא אידיאלי, מביטוי מתח ההדקים, ניתן לראות שמתח ההדקים שונה מכא"מ הסוללה והוא תלוי בעוצמת הזרם.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12120>

ג.4 - שני צרכנים R_1 ו- R_2 מחוברים במקביל למקור מתח לא אידיאלי כמוראה בתרשים הבא:



א- התנגדות שקולה R_T .

ב- עוצמת הזרם במעגל I .

ג- המתח על כל אחד משני הנגדים: U_{R1} U_{R2} .

ד- מגדילים את התנגדותו של הנגד R_2 .

1. כיצד ישתנה מתח ההדקים?

2. כיצד ישתנה המתח U_{R1} ?

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קירכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קירכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

התנגדות שקולה של שני נגדים המחוברים במקביל:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

א - $R_T = 2.33\Omega$

ב - $I = 5.14A$

ג - $U_{R1} = 6.86V$

$U_{R2} = 6.86V$

ד.1- מתח ההדקים יגדל.

ד.2- המתח על R_1 יגדל.

1. הצרכנים וההתנגדות הפנימית של הסוללה מחוברים מחיבור מעורב.

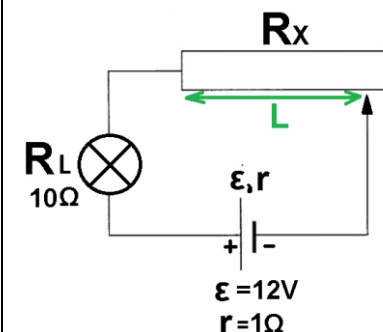
בגלל ההתנגדות הפנימית המעגל לא נחשב למעגל מקבילי, שינוי בהתנגדות אחד הצרכנים יגרום לשינוי המתח והזרם בכל הצרכנים.

2. הצרכנים מחוברים במקביל אחד לשני, והם מחוברים להדקי מקור המתח, לכן המתח על הצרכנים זהה ושווה למתח ההדקים.

3. בהתאם לביטוי מתח ההדקים, מכיוון שהסוללה לא אידיאלית (יש לה התנגדות פנימית) מתח ההדקים שונה מכא"מ הסוללה.

ג.5 - נתון מעגל טורי המורכב מסוללה לא אידיאלית, נורה ונגד משתנה.

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



נתון כי המתח על הנורה צריך להיות 3V כדי שהנורה תפעל בצורה תקינה.

אורכו של הנגד המשתנה הוא 10 ס"מ והתנגדותו המקסימאלית היא 40Ω.

המרחק בין הקצה **השמאלי** של הריאוסטט לנקודת המגע מסומן ע"י האות L.

א- מה צריכה להיות התנגדותו של הנגד המשתנה R_x כדי שהנורה תפעל כנדרש.

ב- מה ערכו של L עבורו הנורה תפעל כנדרש?

ג- כדי שהנורה לא "תשרף", מאיזה קצה של הריאוסטט יש להתחיל את הזזת נקודת המגע, מהקצה הימני או מהקצה השמאלי?

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

מתח ההדקים

$$V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$$

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_x = 29\Omega$

ב- $L = 7.25 \text{ cm}$

ג- מהקצה הימני.

1. מתח גבוה מידי על הנורה עלול "לשרוף" את הנורה. במתח נמוך מידי הנורה לא תאיר.

יצרן הנורה מציין על הנורה את המתח הדרוש להפעלת הנורה בצורה תקינה (באורה המלא).

2. במעגל טורי, ניתן למצוא את הזרם במעגל באמצעות חוק אום על אחד הרכיבים.

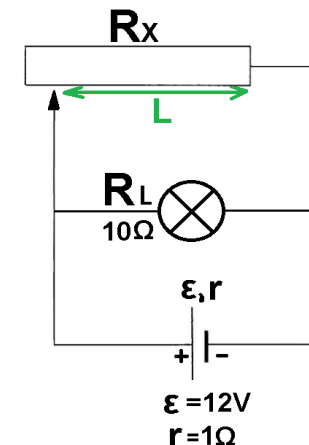
3. זרם גבוה יכול לגרום לנזקים ברכיבי המעגל. לכן, באופן כללי במעגלים בהם קיים נגד משתנה יש לשנות את התנגדותו מהתנגדות גבוהה לנמוכה ולא ההיפך.

4. התנגדות הריאוסטט תלויה ביחס ישר באורכו L.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12122>

ג.6 - נתון מעגל המורכב מסוללה לא אידיאלית, נורה ונגד משתנה.

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



הנורה מיועדת למתח של 3V.

אורכו של הנגד המשתנה הוא 10 ס"מ והתנגדותו המקסימאלית היא 40Ω.

המרחק בין הקצה הימני של הריאוסטט לנקודת המגע מסומן ע"י האות L.

א- מה צריכה להיות התנגדותו של הנגד המשתנה R_x כדי שהנורה תפעל כנדרש.

ב- מה ערכו של L עבורו הנורה תפעל כנדרש?

ג- מאיזה קצה של הריאוסטט יש להזיז את נקודת המגע, מהקצה הימני או מהקצה השמאלי?

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

התנגדות שקולה של שני נגדים מחוברים במקביל

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

א- $R_x = 0.34 \Omega$

ב- $L = 0.085 \text{ cm}$

ג- מהקצה השמאלי.

1. התנגדות הנגד המשתנה קובעת את ההתנגדות השקולה.

ההתנגדות השקולה קובעת את עוצמת הזרם. ועוצמת הזרם קובעת את ערך מתח ההדקים.

מתח ההדקים שווה למתח על הנורה.

2. כדי למצוא את התנגדות הנגד R_x יש להניח שהמתח על הנורה הוא המתח הדרוש ובהתאם למתח זה למצוא את התנגדות הנגד המשתנה R_x .

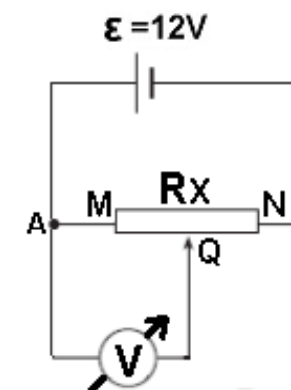
3. בסעיף זה ובסעיף הקודם נעשה שימוש במקור מתח זהה ובנורה זהה. אך מכיוון שהמעגלים שונים מבחינה חשמלית, התנגדות הנגד המשתנה R_x היא שונה.

4. לקביעת המיקום ההתחלתי של המגע הנייד, חשוב לשים לב שהנגד המשתנה מחובר בתצורה של ריאוסטט ולא פוטנציומטר.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12123>

ג.7 - נתון מעגל המורכב מסוללה אידיאלית, מד מתח אידיאלי ונגד משתנה.

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



אורכו של הנגד המשתנה הוא 10 ס"מ והתנגדותו המקסימאלית היא 40Ω.

נסמן את ההתנגדות בין נקודת המגע Q לנקודה M ב R_{QM}. ואת ההתנגדות בין נקודת המגע Q לנקודה N ב R_{QN}.

א- באיזה נקודה יש למקם את נקודת המגע Q כך שמד המתח יורה על המתח המינימאלי.

ב- באיזה נקודה יש למקם את נקודת המגע Q כך שמד המתח יורה על המתח המקסימאלי.

ג- חשב את ההתנגדות R_{QM} עבורה מד המתח יורה על מתח של 3V.

ד- באיזה מרחק L מהנקודה M יש למקם את המגע הנייד כך שמד המתח יורה על מתח של 3V.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

התנגדות שקולה של שני נגדים המחוברים במקביל

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

א- בנקודה M.
ב- בנקודה N.

ג- $R_{QM} = 10\Omega$

הנחיות למציאת R_{QM}:

דרך א': יש להניח שהמתח על ההתנגדות R_{MQ} שווה ל 3V ובהתאם לזרם למצוא את ההתנגדות R_{MQ}.

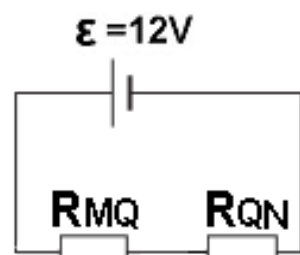
דרך ב':
שתי משוואות בשני נעלמים: משוואה א' – סכום ההתנגדויות R_{QM} ו- R_{QN} שווה ל 40Ω. משוואה ב' – במעגל טורי יחס ההתנגדויות זהה ליחס המתחים, במקרה זה ההתנגדות R_{QN} גדולה פי 3 מההתנגדות של R_{MQ}.

ד- $L = 2.5\text{cm}$

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12124>

1. הנגד המשתנה מחובר בחיבור פוטנציומטר.

2. בגלל ההתנגדות האין סופית של מד המתח הזרם לא מתפצל, המעגל השקול למעגל הנתון הוא מעגל טורי, כפי שניתן לראות באיור הבא:



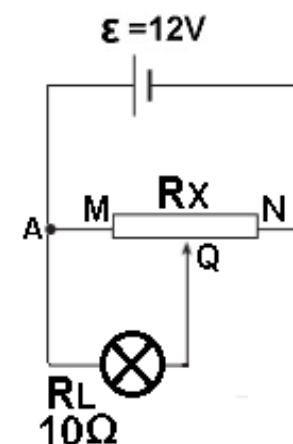
3. התנגדות ליחידת אורך של הנגד המשתנה היא 4Ω ל ס"מ, בהתאם להתנגדות R_{MQ} ולהתנגדות ליחידת אורך ניתן לחשב את האורך L הדרוש.

4. במעגל טורי, זרם זהה זורם דרך כל הנגדים. לכן מחוק אוהם יחס המתחים בנגדים שווה ליחס ההתנגדויות.

8.ג - נתון מעגל המורכב מסוללה אידיאלית, נורה ונגד משתנה.

הנורה מיועדת למתח של $3V$ והתנגדותה 10Ω .

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



אורכו של הנגד המשתנה הוא 10Ω והתנגדותו המקסימאלית היא 40Ω .

חשב את ההתנגדות RMQ של הנגד המשתנה עבורה המתח על הנורה יהיה $3V$.

הנחיות למציאת RMQ :

דרך א': שתי משוואות בשני נעלמים: משוואת זרמים (מחוק הצומת) בתלות בהתנגדויות, ומשוואה נוספת: סכום ההתנגדויות RQN ו- RMQ שווה 40Ω .

דרך ב': שתי משוואות משני נעלמים (בדומה לדרך ב' המופיעה בדף הקודם) ההתנגדות RQN גדולה פי שלוש מהתנגדות השקולה של ההתנגדות RMQ והנורה.

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

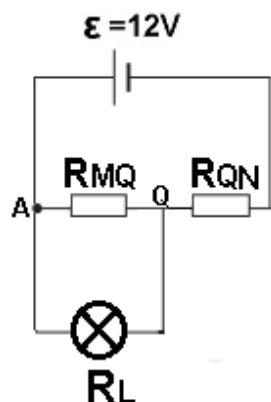
התנגדות שקולה של שני נגדים המחוברים במקביל

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

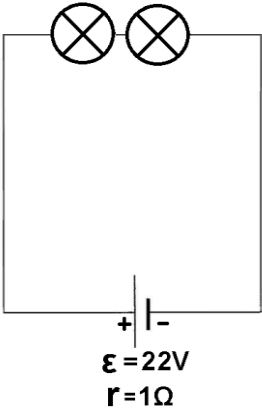
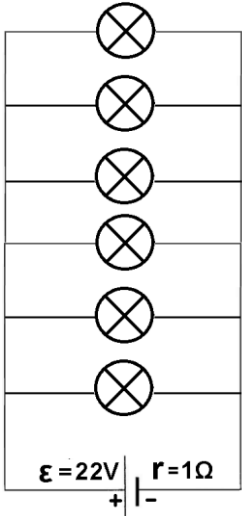
$$R_{MQ} = 20\Omega$$

1. הנגד המשתנה מחובר בחיבור פוטנציומטר.

2. במקרה זה, מכיוון שהתנגדות הנורה היא לא אינסופית, הזרם מתפצל בצומת A ומתקבל מעגל מעורב, כפי שניתן לראות באיור הבא:



3. במקרה הקודם שינוי מיקום נקודת המגע לא השפיע על ההתנגדות השקולה.
במקרה זה שינוי מיקום הגרר גורם לשינוי בהתנגדות השקולה ובהתאם גם לשינוי בזרם המקור.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12126	הנורות מחוברות בטור, זרם זהה זורם דרך שלושת הנורות. יש למצוא את מספר הנורות עבורם יזרום זרם המתאים לפעולה התקינה של כל אחת מהנורות.	1- יש לחבר שתי נורות בטור כמוראה בתרשים הבא: 	חוק אוהם $V = R \cdot I$ עקרונות המעגל הטורי $R_T = R_1 + R_2 + \dots$ $\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$ $I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$ עקרונות מעגל מקבילי $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$ $\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$ חוק הזרמים של קרכהוף: $I = I_1 + I_2$ חוק המתחים של קרכהוף: סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.	1- התלמיד מעוניין להשתמש ברכיבים אלו במעגל טורי, כך שכל הנורות תארנה באורן המלא. כמה נורות עליו לחבר בטור למקור המתח?	9.ג - לרשותו של תלמיד מספר נורות זהות ומקור מתח. מקור המתח הוא בעל כ"מ של 22V, והתנגדותו הפנימית 1Ω. התנגדותה של כל נורה 5Ω והמתח הדרוש להפעלתה באורה המלא הוא 10V.
	הנורות מחוברות במקביל למקור המתח, המתח על הנורות זהה ושווה למתח ההדקים. יש למצוא את מספר הנורות עבורם מתח ההדקים יהיה שווה למתח הדרוש לפעולה תקינה של כל אחת מהנורות.	2- יש לחבר שש נורות במקביל כמוראה בתרשים הבא: 		2 - התלמיד מעוניין להשתמש ברכיבים אלו במעגל מקבילי, כך שכל הנורות תארנה באורן המלא. כמה נורות עליו לחבר במקביל למקור המתח?	

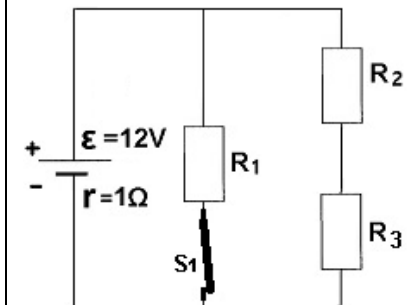
ד. מעגלים בחיבור מעורב

150

ד1 - נתון מעגל מעורב המורכב מסוללה לא אידיאלית מפסק סגור ושלושה נגדים זהים.

התנגדות כל נגד 10Ω .

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



א- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב- חשב את עוצמת זרם המקור.

ג- חשב את מתח ההדקים.

ד- חשב את המתח על הנגד R_2 .

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_T = 7.66\Omega$

ב- $I = 1.57A$

ג- $V_{ab} = 10.43V$

ד- $U_{R2} = 5.21V$

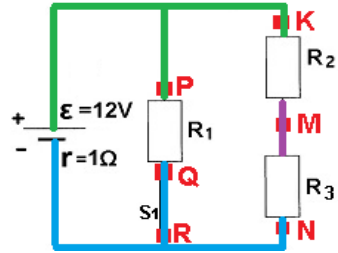
1. הנגדים R_2 ו- R_3 מחוברים בטור, הנגד השקול של שני נגדים אלו מחובר במקביל לנגד R_1 .

הנגד השקול של שלושת הנגדים מחובר בטור להתנגדות הפנימית של הסוללה.

2. המעגל השקול של מעגל זה הוא מעגל מקבילי המחובר למקור מתח לא אידיאלי.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12127>

1. בכל המעגל יש רק שלושה פוטנציאלים שונים. במעגל הבא מתוארים שלושת הפוטנציאלים השונים בשלושה צבעים שונים: ירוק, סגול וכחול.



בכל נקודה במוליכים המסומנים בירוק יש פוטנציאל זהה - הפוטנציאל הגבוה ביותר. בכל נקודה במוליכים המסומנים בכחול יש פוטנציאל זהה - הפוטנציאל הנמוך ביותר. בכל נקודה במוליך הסגול יש פוטנציאל זהה - פוטנציאל ביניים.

2. בהתאם למתח המקור ומתחי הצרכנים, כדי למצוא את הפוטנציאל בכל נקודה במעגל מספיק לדעת את ערך הפוטנציאל בנקודה אחת במעגל ואת מתחי הנגדים.

א.1- נכון.
א.2- לא נכון.
א.3- לא נכון.

ב.1- נכון.
ב.2- לא נכון.
ב.3- נכון.

ג. $V_K > V_M > V_N$
 $V_P = V_K$
 $V_Q = V_R = V_N$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
 $V = R \cdot I$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:

סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

א-קבע עבור כל אחת משלושת המשוואות של הפוטנציאלים הבאות אם היא נכונה או לא נכונה.

$$V_R = V_Q \quad 1.$$

$$V_P = V_Q \quad 2.$$

$$V_P = V_M \quad 3.$$

ב-קבע עבור כל אחת משלושת המשוואות של המתחים הבאות אם היא נכונה או לא נכונה.

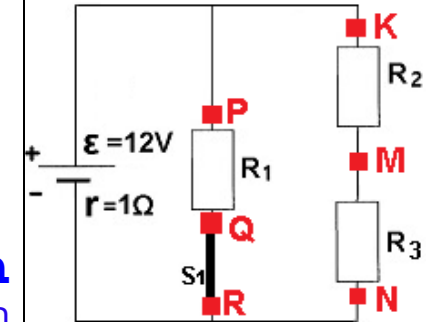
$$V_{PQ} = V_{KM} + V_{MN} \quad 1.$$

$$V_{ab} = V_{QR} \quad 2.$$

$$V_{ab} = V_{PQ} \quad 3.$$

ג-דרג את הפוטנציאלים מהפוטנציאל הגבוה ביותר לפוטנציאל הנמוך ביותר.

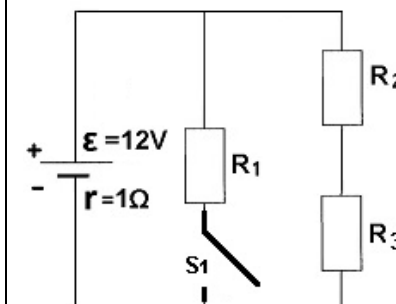
ד.2 - על המעגל מהסעיף הקודם מוסיפים שש נקודות: P, Q, R, K, M, N



נסמן את מתח ההדקים ב V_{ab} .

הנח כי למעט התנגדות הנגדים וההתנגדות הפנימית, כל שאר ההתנגדויות במעגל זניחות.

ד.3 - פותחים את המפסק במעגל המופיע בסעיף הקודם.



א- כיצד ישתנה ערכו של מתח ההדקים כתוצאה מפתיחת המפסק? השתדלו לנמק ללא חישוב.

ב- כיצד ישתנה המתח על הנגד R_2 כתוצאה מפתיחת המספק?

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:

סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם

א- מתח ההדקים יגדל.

ב- המתח על הנגד R_2 יגדל.

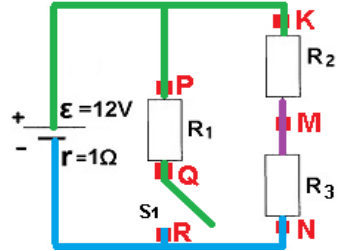
כתוצאה מפתיחת המפסק מתקבל מעגל טורי. ההתנגדות השקולה של המעגל גדלה וזרם המקור יקטן.

אומנם זרם המקור קטן יותר אך הוא לא מתפצל. כול זרם המקור יזרום דרך R_2 . לכן המתח על $2R$ יגדל.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12129>

1. כתוצאה מפתחת המפסק מתקבל מעגל טורי.
2. גם לאחר פתיחת המפסק קיימים במעגל שלושה פוטנציאלים שונים.

במעגל הבא מתוארים שלושת הפוטנציאלים השונים בשלושה צבעים שונים: ירוק, סגול וכחול.



3. כאשר המפסק סגור הפוטנציאל בנקודה Q שווה לפוטנציאל ההדק השלילי של הסוללה.

וכאשר המפסק פתוח, לא זורם זרם דרך R_1 , המתח על R_1 שווה לאפס. הפוטנציאל בנקודה Q יהיה שווה לפוטנציאל ההדק החיובי של הסוללה.

א.1- לא נכון.

א.2- נכון.

א.3- לא נכון.

ב.1- לא נכון.

ב.2- נכון.

ב.3- לא נכון.

ג.

$$V_K > V_M > V_N$$

$$V_P = V_K = V_Q$$

$$V_R = V_N$$

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:

סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א-קבע עבור כל אחת מהמשוואות של הפוטנציאלים הבאות אם היא נכונה או לא נכונה.

$$V_R = V_Q \quad 1.$$

$$V_P = V_Q \quad 2.$$

$$V_P = V_M \quad 3.$$

ב-קבע עבור כל אחת

מהמשוואות של המתחים הבאות אם היא נכונה או לא נכונה.

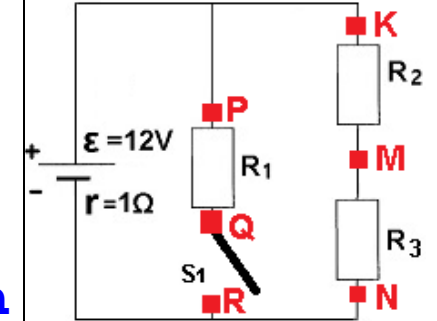
$$V_{PQ} = V_{KM} + V_{MN} \quad 1.$$

$$V_{ab} = V_{QR} \quad 2.$$

$$V_{ab} = V_{PQ} \quad 3.$$

ג-דרג את הפוטנציאלים בנקודות, מהפוטנציאל הגבוה ביותר לפוטנציאל הנמוך ביותר.

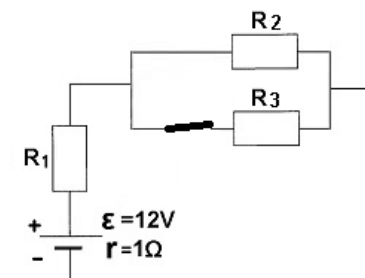
ד.4 - על המעגל מהסעיף הקודם מוסיפים את ששת הנקודות: P, Q, R, K, M, N



נסמן את מתח ההדקים ב V_{ab} .

ד.5 - נתון מעגל מעורב המורכב מסוללה לא אידיאלית מפסק סגור ושלושה נגדים זהים. התנגדות כל נגד 10Ω .

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



א- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב- חשב את עוצמת זרם המקור.

ג- חשב את מתח ההדקים.

ד - חשב את המתח על הנגד R_2 .

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

א- $R_T = 16\Omega$

ב- $I = 0.75A$

ג- $V_{AB} = 11.25V$

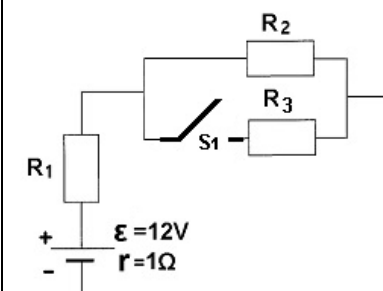
ד- $U_{R2} = 3.75V$

1. הנגדים R_2 ו- R_3 מחוברים במקביל, הנגד השקול של שני נגדים אלו מחובר בטור לנגד R_1 .

2. המעגל השקול של מעגל זה הוא מעגל טורי המחובר למקור מתח לא אידיאלי.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12131>

ד.6 - פותחים את המפסק במעגל המופיע בסעיף הקודם.



א- כיצד ישתנה ערכו של מתח ההדקים כתוצאה מסגירת המפסק? השתדלו לנמק ללא חישוב.

ב- כיצד ישתנה המתח על הנגד R_2 כתוצאה מסגירת המספק?

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
 סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א - מתח ההדקים יגדל.

ב - המתח על הנגד R_2 יגדל.

1. כתוצאה מפתחת המפסק מתקבל מעגל טורי.

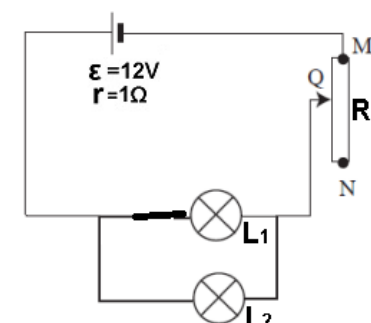
ההתנגדות השקולה של המעגל גדלה וזרם המקור יקטן. אך הזרם לא מתפצל. כול זרם המקור יזרום דרך R_2 .

2. כדי לענות על סעיף ב' יש לבצע חישוב.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12132>

7.ד - נתון מעגל מעורב המורכב מסוללה לא אידיאלית, שתי נורות זהות ונגד משתנה R_x .

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



התנגדות של כל נורה 6Ω , והיא מיועדת למתח של $3V$.

תלמיד מזיז את נקודת המגע Q מקצה הנגד המשתנה ועד לנקודה בה האורות מאירות באורן המלא.

א - מאיזה קצה על התלמיד להתחיל בהזזת נקודת המגע Q, מהקצה M או מהקצה N?

ב - חשב את התנגדות הנגד המשתנה כאשר הנורות מאירות באורן המלא.

ג - חשב את ערך מתח הדקים.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

א - יש להזיז את נקודת המגע מהקצה N.

ב - $R_x = 8\Omega$

ג - $V_{AB} = 11V$

1. חשוב להבחין בתצורת חיבור הנגד המשתנה, במקרה זה הוא מחובר בתצורת ריאוסטט ולא בתצורת פוטנציומטר.

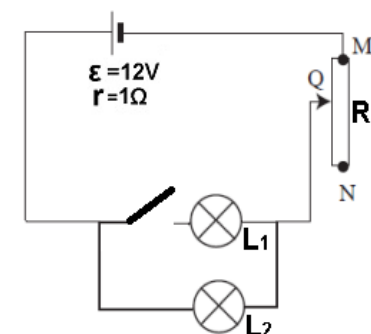
2. הנורות מחוברות אחת לשנייה במקביל, המעגל השקול של מעגל מעורב זה הוא מעגל טורי המחובר למקור מתח לא אידיאלי.

3. יש לשנות את מיקום נקודת המגע כך שהזרם יתחיל מעוצמה מינימאלית ויגדל עד לערך הדרוש. אחרת, אם הזרם יתחיל מערך מקסימאלי הנורות עלולות להישרף.

4. כדי שהנורה תפעל בצורה תקינה המתח על הנורה צריך להיות $3V$. לכן, כדי למצוא את התנגדות הנגד המשתנה שבה הנורות יאירו באורן המלא, יש להניח שהמתח על כל נורה הוא $3V$.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12133>

ד.8 - פותחים את המפסק
במעגל המופיע בסעיף הקודם.



התנגדות של כל נורה 6Ω , והיא מיועדת למתח של $3V$.

א- לאיזה כיוון יש להזיז את נקודת המגע Q , (לאחר פתיחת המפסק) כדי שהנורה $L2$ תאיר באורה המלא, לאחר פתיחת המפסק.

ב- כיצד ישתנה מתח ההדקים כתוצאה מפתיחת המפסק?

ג- האם כתוצאה מפתיחת המפסק הנורה עלולה להישרף?

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- לכיוון הקצה N .

ב- מתח ההדקים יגדל.

ג- כן.

1. כתוצאה מפתיחת המפסק מתקבל מעגל טורי.
בו הנורה $L1$ מנותקת מהמעגל.

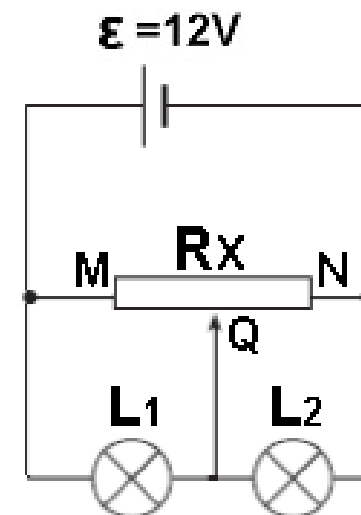
2. התנגדות הנורות לא משתנה כתוצאה מפתיחת המפסק. ההתנגדות השקולה משתנה מכיוון שהמעגל החשמלי משתנה ממעגל מעורב למעגל טורי.

3. פתיחת המפסק גורמת להגדלת ההתנגדות השקולה, לכן זרם המקור קטן. אך הפעם הוא לא מתפצל, כולו זורם דרך הנורה $L2$.

4. פתיחת המפסק גורמת לשינויים רבים ובקלות ניתן להגיע למסקנות שגויות. לכן, מומלץ לחשב את התנגדות הנגד המשתנה לאחר פתיחת המפסק. ובהתאם להחליט כיצד לשנות את מיקום נקודת המגע Q .

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12134>

9.ד - נתון מעגל חשמלי המורכב מסוללה אידיאלית, שתי נורות זהות, ונגד משתנה R_X . המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



התנגדותו המקסימאלית של הנגד המשתנה היא 20Ω .

התנגדות כל נורה 5Ω , והיא מיועדת למתח של $6V$.

נקודת המגע Q ממוקמת באמצע הנגד המשתנה.

א- חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב- האם הנורות יאירו באור המלא?

ג- זמן רב לאחר הפעלת המעגל הנורה L_2 "נשרפה" (נוצר נתק האם המתח על נורה L_1 יגדל יקטן או לא ישתנה?

ד- תלמיד חיבר מוליך בין הדקי הנורה L_2 (נוצר קצר על הנורה השרופה). האם המתח על נורה L_1 יגדל יקטן או לא ישתנה?

ה- מחזירים את המעגל לקדמותו, מחליפים את הנגד המשתנה בנגד משתנה אחר שהתנגדותו המקסימאלית היא 200Ω , האם הנורות יאירו באור המלא?

ו- מחליפים את הסוללה בסוללה לא אידיאלית, האם הנורות יאירו באור המלא?

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי
$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_T = 6.66\Omega$

ב- כן, המתח על כל נורה יהיה $6V$.

ג- המתח יקטן.

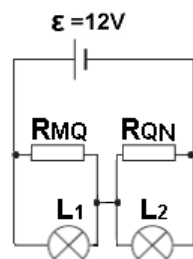
ד- המתח יגדל.

ה- כן.

ו- לא.

1. הנגד המשתנה מחובר בתצורה של פוטנציומטר.

2. מעגל שקול למעגל הנתון מתואר בתרשים הבא:



בצד הימני: $L1$ ו- R_{MQ} מחוברים במקביל. בצד השמאלי: $L2$ ו- R_{QN} מחוברים במקביל.

3. מטעמי סימטריה המתח בכל צד (ובכל נורה) זהה ושווה $6V$.

4. נורה שרופה היא נורה הנמצאת במצב של נתק.

5. כשנורה $L2$ בנתק התנגדות הצד הימני גדולה יותר, וכאשר נורה $L2$ בקצר אין התנגדות בצד הימני.

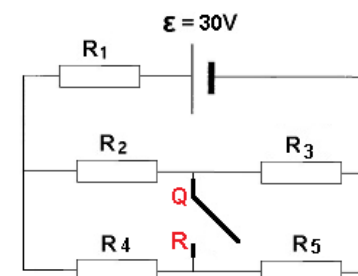
6. שינוי ערך התנגדות הנגד המשתנה לא תשפיע על הסימטריה, לכן לא תשפיע על המתחים בנורות.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12135>

ד.10 - נתון מעגל חשמלי המורכב מסוללה אידיאלית חמישה נגדים זהים ומפסק פתוח.

התנגדותו של כל נגד 10Ω , כא"מ הסוללה $30V$.

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



א- חשב את ההתנגדות השקולה.

ב- חשב את עוצמת זרם המקור.

ג- חשב את המתח על $R1$.

ד- חשב את המתח בין הדקי המפסק הפתוח.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:

סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_T = 20\Omega$

ב- $I = 1.5A$

ג- $U_{R1} = 15V$

ד- $V_{QR} = 0V$

1. המעגל השקול למעגל הנתון הוא מעגל טורי.

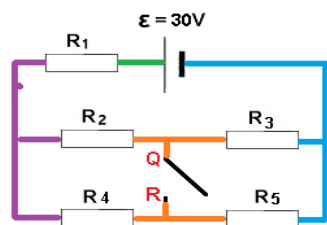
הנגדים $R2$ ו- $R3$ מחוברים בטור. והנגדים $R4$ ו- $R5$ מחוברים בטור.

ההתנגדות השקולה של $R2$ ו- $R3$ מחוברת במקביל להתנגדות השקולה של $R4$ ו- $R5$.

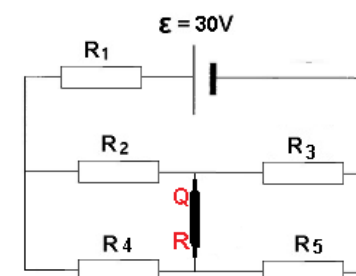
2. בד"כ בין קצותיו של מפסק פתוח הפרש הפוטנציאלים שונה מאפס.

במקרה מיוחד זה קיים פוטנציאל זהה בשני צידי המפסק, לכן הפרש הפוטנציאלים שווה לאפס.

3. באיור הבא מתוארים הפוטנציאלים השונים בצבעים שונים:



ד.11 - סוגרים את המפסק במעגל המופיע בסעיף הקודם



א- חשב את ההתנגדות השקולה.

ב- חשב את עוצמת זרם המקור.

ג-חשב את המתח על R1.

ד- חשב את המתח בין הדקי המפסק הסגור.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:
$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_T = 20\Omega$

ב- $I = 1.5A$

ג- $U_{R1} = 15V$

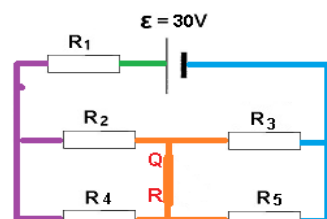
ד- $V_{QR} = 0V$

1. המעגל השקול למעגל הנתון הוא מעגל טורי.

2. במקרה זה סגירת המפסק לא משנה את ההתנגדות השקולה. לכן, גם עוצמת זרם המקור לא משתנה.

סגירת המפסק אומנם לא משנה את ההתנגדות השקולה, אך היא כן משנה את התצורה החשמלית של המעגל.

3. באיור הבא מתוארים הפוטנציאלים השונים בצבעים שונים:

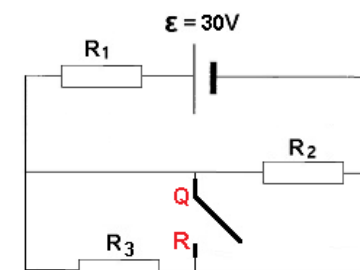


4. מכיוון שאין הפרש פוטנציאלים בין הנקודה Q לנקודה R, לא זורם זרם דרך המפסק.

ד.12 - נתון מעגל חשמלי המורכב מסוללה אידיאלית שלושה נגדים זהים ומפסק פתוח.

התנגדותו של כל נגד 10Ω , כא"מ הסוללה $30V$.

המעגל החשמלי מתואר בתרשים הבא:



א - חשב את ההתנגדות השקולה.

ב - חשב את עוצמת זרם המקור.

ג - חשב את המתח על $R1$.

ד - חשב את המתח בין הדקי המפסק הפתוח.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם
$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:

סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א - $R_T = 15\Omega$

ב - $I = 2A$

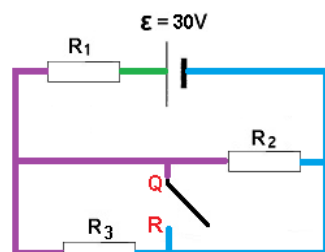
ג - $U_{R1} = 20V$

ד - $V_{QR} = 10V$

1. המעגל השקול למעגל הנתון הוא מעגל טורי.

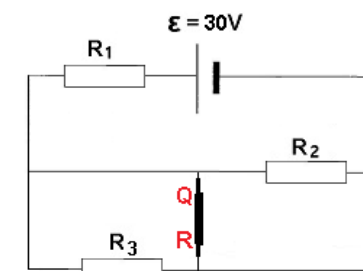
הנגדים $R2$ ו- $R3$ מחוברים במקביל, ההתנגדות השקולה שלהם מחוברת בטור ל $R1$.

2. באיור הבא מתוארים הפוטנציאלים השונים במעגל בצבעים שונים.



<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12138>

ד.13 - סוגרים את המפסק במעגל המופיע בסעיף הקודם.



א- חשב את ההתנגדות השקולה.

ב- חשב את עוצמת זרם המקור.

ג- חשב את המתח על R_1 .

ד- חשב את המתח בין הדקי המפסק הפתוח.

במעגל מעורב משתמשים בעקרונות המעגל הטורי והמקבילי בצורה "מקומית".

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

עקרונות מעגל מקבילי

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

חוק הזרמים של קרכהוף:

$$I = I_1 + I_2$$

חוק המתחים של קרכהוף:
סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

עקרונות המעגל הטורי

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots$$

$$\varepsilon = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

$$I = I_{R1} = I_{R2} = \dots$$

א- $R_T = 10\Omega$

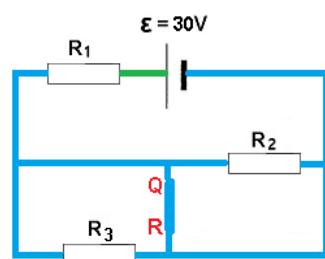
ב- $I = 3A$

ג- $U_{R1} = 30V$

ד- $V_{QR} = 0V$

1. כתוצאה מסגירת המפסק הנגדים R_3 ו- R_2 מקוצרים. ההתנגדות השקולה של המעגל היא רק התנגדותו של הנגד R_1 .

2. באיור הבא מתוארים הפוטנציאלים השונים בעזרת צבעים שונים.



3. בכל מעגל חשמלי הפרש הפוטנציאלים בין הדקיו של מפסק סגור שווה לאפס.

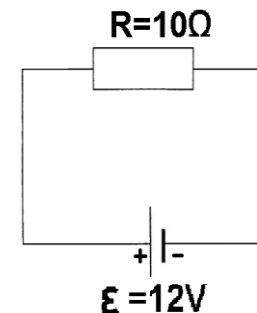
<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12139>

ה. הספק ונצילות

163

ה.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ומקור מתח אידיאלי. ($r=0\Omega$)

המעגל מתואר בתרשים הבא:



א- מצא את המתח על הצרכן.

ב- חשב את עוצמת הזרם דרך הצרכן.

ג- חשב את הספק הצרכן. בעזרת כל אחד משלושת הביטויים הבאים:

$$P_R = V \cdot I$$

$$P_R = \frac{V^2}{R}$$

$$P_R = I^2 \cdot R$$

ד- חשב את הספק מקור המתח.

ה- חשב את נצילות המעגל.

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

א- $U_R = 12V$

ב- $I = 1.2A$

ג- $P_R = 14.4W$

ד- $P_{\text{מקור}} = 14.4W$

ה- $\eta = 100\%$

1. מביטוי מתח ההדקים :

$$V_{ab} = \mathcal{E} - I \cdot r$$

מתח ההדקים של הסוללה שווה לכא"מ הסוללה, מכיוון שאין לסוללה התנגדות פנימית.

2. לחישוב הספק הצרכן ניתן להשתמש בחוק ג'אול:

$$P_R = V \cdot I$$

או בחוק ג'אול המורחב:

$$P_R = \frac{V^2}{R} = I^2 \cdot R$$

מומלץ להכיר את כל האפשרויות לחישוב ההספק.

3. את הספק המקור ניתן לחשב רק בעזרת חוק ג'אול.

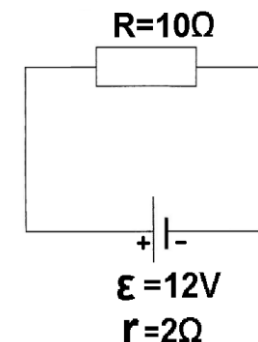
$$P_{\text{מקור}} = \mathcal{E} \cdot I$$

4. לסוללה אידאלית אין התנגדות פנימית, היא לא מתחממת. כל האנרגיה המושקעת על ידי המקור מגיעה לצרכן. נצילות המעגל היא 100 אחוז.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12140>

ה.2 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ומקור מתח לא אידיאלי.

המעגל מתואר בתרשים הבא:



א- חשב את עוצמת הזרם דרך הצרכן.

ב- מצא את המתח על הצרכן.

ג- חשב את הספק הצרכן.

ד- חשב את הספק ההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ה- חשב את הספק מקור המתח.

ו- חשב את נצילות המעגל בעזרת כל אחד משלושת הביטויים הבאים:

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

$$\eta = \frac{R}{R+r}$$

$$\eta = \frac{V_{ab}}{\varepsilon}$$

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

א- $I = 1A$

ב- $U_R = 10V$

ג- $P_R = 10W$

ד- $P_r = 2W$

ה- $P_{\text{מקור}} = 12W$

ו- $\eta = 83.33\%$

1. מביטוי מתח ההדקים:

$$V_{ab} = \varepsilon - I \cdot r$$

מתח ההדקים קטן מכא"מ הסוללה, מכיוון שהסוללה לא אידיאלית.

2. הסוללה מתחממת בגלל התנגדותה הפנימית. האנרגיה הגורמת להתחממות הסוללה מוגדרת כאנרגיה מבוצעת.

3. הספק הצרכן מתאר את קצב ביצוע עבודת הצרכן. במעגל החשמלי עבודת הצרכן מוגדרת כאנרגיה המתקבלת.

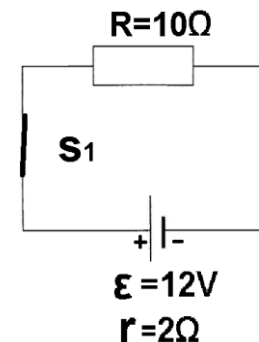
4. הספק מקור המתח מתאר את קצב ביצוע העבודה של מקור המתח, עבודת מקור המתח היא הנעת מטענים במעגל בין הדקי המקור. עבודת מקור המתח מוגדרת כאנרגיה מושקעת.

5. כדי לייצג את הנצילות באחוזים יש להכפיל את היחס המתקבל ב 100%.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12141>

ה.3 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן, מפסק ומקור מתח לא אידיאלי.

המעגל מתואר בתרשים הבא:



המעגל פועל במשך שלוש דקות. לאחר שלוש דקות המפסק נפתח ופעולת המעגל מופסקת.

א- כיצד משתנה נצילות המעגל כתלות בזמן פעולת המעגל.

ב- חשב את האנרגיה המתקבלת בצרכן, כל זמן פעולת המעגל?

ג- חשב את האנרגיה המושקעת על ידי מקור המתח, כל זמן פעולת המעגל?

ד- חשב את נצילות המעגל בעזרת היחס שבין האנרגיה המתקבלת לאנרגיה המושקעת.

$$\eta = \frac{E_{\text{מתקבלת}}}{E_{\text{מושקעת}}}$$

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

א- נצילות המעגל לא תלויה בזמן פעולת המעגל.

ב- $E_R = 1,800 \text{ J}$

ג- $E_{\text{מקור}} = 2160 \text{ J}$

ד- $\eta = 83.33\%$

1. בכל ביטויי הנצילות אין תלות בזמן פעולת המעגל, זמן פעולת המעגל אינו משפיע על נצילות המעגל.

כמות האנרגיה המושקעת תלויה ביחס ישר במשך זמן פעולת המעגל. גם כמות האנרגיה המתקבלת תלויה ביחס ישר במשך זמן פעולת המעגל. לכן היחס בין שתי אנרגיות אלו לא תלוי בזמן פעולת המעגל.

2. בדפי הנוסחאות מופיע רק ביטוי הנצילות בתלות ביחס ההספקים.

ביטויי הנצילות האחרים לא מופיעים בדפי הנוסחאות.

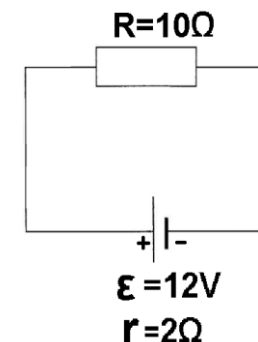
חשוב להכיר את כל ביטויי הנצילות ולדעת לפתח אותם.

הנושא נלמד בהרחבה בקיוב 43.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12142>

ה.4 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ומקור מתח לא אידיאלי.

המעגל מתואר בתרשים הבא:



תלמיד חישב את הספק הצרכן ומצא שהספקו 10W.

א- התלמיד מעוניין להגדיל את הספק הצרכן.

לשם כך הוא מתכוון לשנות את התנגדות הצרכן.

האם עליו להגדיל את התנגדות הצרכן או להקטין אותה?

ב- מצא את התנגדות הצרכן עבורה הספק הצרכן יהיה מקסימאלי.

ג- האם כאשר הספק הצרכן הוא מקסימאלי נצילות המעגל היא מקסימאלית?

ד- האם כאשר הספק הצרכן הוא מקסימאלי, הזרם הזורם במעגל הוא הזרם המקסימאלי שהסוללה יכולה לספק?

חוק אוהם
 $V = R \cdot I$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול
 $P = V \cdot I$

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

א- יש להקטין את התנגדות הצרכן.

ב- $R = 2\Omega$

ג- לא .

ד- לא.

הספק הצרכן גדול יותר ככל שהתנגדותו קרובה יותר להתנגדות הפנימית של הסוללה.

הוכחה: הספק הצרכן שווה למכפלת מתח ההדקים בזרם. ביטוי הספק הצרכן הוא:

$$P_R = (\varepsilon - I \cdot r) \cdot I$$

$$P_R = \varepsilon \cdot I - I^2 \cdot r$$

מביטוי זה ניתן לראות שבגרף הספק הצרכן בתלות בזרם, מתקבלת פרבולה הפוכה.

אם נגזור את הביטוי ונשווה אותו לאפס, נמצא את "נקודת הקיצון" זרם שבו ההספק הוא מקסימאלי. ביטוי זרם זה הוא:

$$I = \frac{\varepsilon}{2 \cdot r}$$

חוק אוהם על כל המעגל הוא:

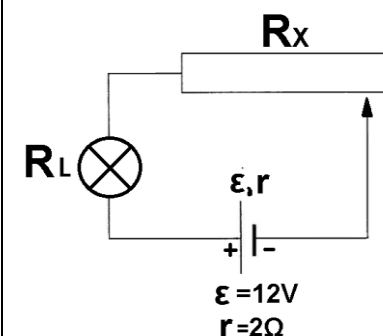
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

מכיוון ששני הביטויים מתקיימים, ההספק הוא מקסימאלי, כאשר: $R = r$.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12143>

ה.5 - על נורה מופיע הכיתוב $3V/0.9W$

תלמיד מעוניין להפעיל את הנורה בעזרת סוללה לא אידיאלית בעלת כ"מ של $12V$, לשם כך התלמיד משתמש בריאוסטט כמתואר בתרשים הבא:



א- מה המשמעות של הכיתוב $3V/0.9W$

ב- חשב את התנגדות הנורה?

ג- חשב את התנגדות הנגד המשתנה עבורה הנורה תאיר באורה המלא.

ד- קובעים את התנגדותו של הנגד המשתנה לערך שמצאת בסעיף ג', כך שהנורה מאירה באורה המלא.
חשב במצב זה, את כל ההספקים המתקבלים במעגל והראה שסכומם שווה להספק המקור.

ה- באיזה סוג מעגל ההספק המושקע על ידי המקור שווה לסכום ההספקים המתקבלים במעגל.

ו- חשב את נצילות המעגל, כאשר הנורה מאירה באורה המלא. (התייחס רק להספק הנורה כהספק המתקבל).

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{\text{eff}}}{P_{\text{in}}}$$

$$\eta = \frac{R}{r + R}$$

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

א- הנורה מיועדת למתח של $3V$, כאשר המתח על הנורה הוא $3V$ הספק הנורה $0.9W$

ב- $R_L = 10\Omega$

ג- $R_x = 28\Omega$

ד- $P_{RX} = 2.52W$

$P_{RL} = 0.9W$

$P_r = 0.18W$

$P_{\text{מקור}} = 3.6W$

$P_{\text{מקור}} = P_r + P_{RL} + P_{RX}$

ה- בכל מעגל.

ו- $\eta = 25\%$

1. גם בשאלות הבגרות מופיעים רק ערכי המתח וההספק של הנורה, יש לחשב את התנגדות הנורה בעזרת חוק ג'אול המורחב.

2. משיקולי שימור אנרגיה, האנרגיה המוענקת ע"י מקור המתח שווה לסכום כל האנרגיות המתקבלות במעגל.

3. התלמיד משתמש בנגד המשתנה כדי שהמתח על הנורה יהיה $3V$ כנדרש. עבודת הנגד המשתנה נחשבת כאנרגיה מבוצעת. (בדומה להתנגדות הפנימית של הסוללה).

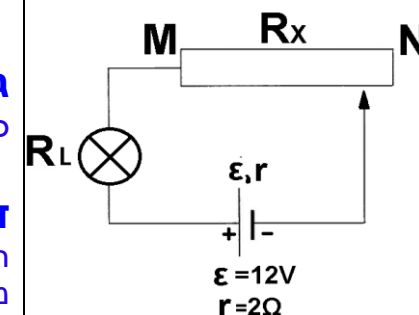
4. במקרה זה לא ניתן לחשב את הנצילות מהיחס שבין מתח ההדקים לכא"מ הסוללה מכיוון שהנגד המשתנה לא נחשב כצרכן.

5. כדי להשתמש בביטוי הנצילות בתלות ב r ו- R יש להתייחס להתנגדות הנגד המשתנה כאל התנגדות פנימית.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12144>

ה.6 - תלמיד השתמש במעגל המופיע בסעיף הקודם, הוא קבע את התנגדות הנגד המשתנה ל 28Ω .

במצב זה המתח על הנורה היה $3V$ והספק הנורה $0.9W$, בהתאם להוראות היצרן.



א- התלמיד מעוניין להגביר במעט את הספק הנורה.

לאיזה כיוון עליו להזיז את המגע הנייד? לכיוון הקצה M או לכיוון הקצה N?

ב- חשב את התנגדות הנגד המשתנה עבורה הספק הנורה יהיה $1W$.

ג- חשב את המתח על הנורה כאשר הספקה $1W$?

ד- האם נצילות המעגל תגדל תקטן או לא תשתנה כתוצאה מהזזת המגע הנייד?

ה- חשב את נצילות המעגל במצב החדש.

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$$

$$\eta = \frac{R}{r + R}$$

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

א- לכיוון הקצה M.

ב- $R_x = 25.94\Omega$

ג- $U_{RL} = 3.16V$

ד- נצילות המעגל תגדל.

ה- $\eta = 26.3\%$

1. במקרה זה הזזת המגע הנייד לקצה M גורמת להקטנת התנגדות הנגד המשתנה, כתוצאה מכך ההתנגדות השקולה תקטן והזרם במעגל יגדל. מביטוי חוק ג'אול המורחב

$$P_R = I^2 \cdot R$$

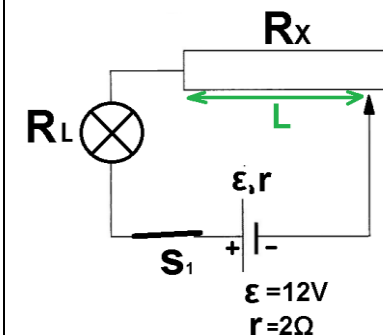
כאשר הזרם דרך הנורה גדל גם הספקה גדל.

2. מתח מעט גדול מהמתח הדרוש לנורה יגרום לנורה להאיר באור מעט חזק יותר, מכיוון שהיא עובדת במתח גדול מהמתח אליו היא מיועדת, אולם היא "תשרף" יותר מהר.

3. הגדלת הספק הנורה לא משפיעה על התנגדותה. (בפועל ככל שהנורה חמה יותר כך התנגדותה גדלה, אך אנחנו לא עוסקים בשינוי התנגדות הנורה).

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12145>

ה.7 - מוסיפים למעגל המופיע בסעיפים הקודמים מפסק S1 כמתואר בתרשים הבא:



תלמיד קבע את התנגדות הנגד המשתנה 28Ω , כדי שהמתח על הנורה יהיה 3V והנורה תאיר באורה המלא.

המעגל פועל במשך שלוש דקות.

לאחר שלוש דקות המפסק נפתח ופעולת המעגל מופסקת.

א- חשב את כמות החום Q המתפתחת בסוללה בזמן פעולת המעגל.

ב- חשב את כמות החום Q_{RX} המתפתח בנגד המשתנה בזמן פעולת המעגל.

ג- חשב את עבודת הנורה.

ד- חשב את עבודת מקור המתח W כל זמן פעולת המעגל.

הגדרת הנצילות

$$\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$$

$$\eta = \frac{R}{r + R}$$

חוק אוהם

$$V = R \cdot I$$

הגדרת ההספק

$$P = \frac{W}{t}$$

חוק ג'אול

$$P = V \cdot I$$

א- $Q = 32.4 \text{ J}$

ב- $Q_{RX} = 453.6 \text{ J}$

ג- $W = 162 \text{ J}$

ד- $W = 648 \text{ J}$

1. בהתאם לסוג עבודת הצרכנים הם ממירים את האנרגיה החשמלית לצורות שונות של אנרגיה.

כך למשל, גוף חימום ממיר אנרגיה חשמלית לאנרגיית חום, והנורה ממירה אנרגיה חשמלית לאור.

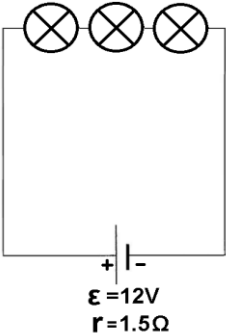
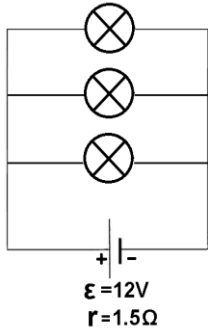
2. ההספק מתאר את כמות העבודה המבוצעת על ידי הצרכן בשנייה ללא כל קשר לסוג עבודת הצרכן.

3. מבחינה מעשית לא כל האנרגיה המגיעה לצרכן מגיעה לייעודה. לדוגמה נורה לא רק פולטת אור היא גם מתחממת.

באופן כללי, שאלות הבגרות עוסקות בצרכנים אידיאליים, צרכנים שכל האנרגיה המושקעת בהם מגיעה לייעודה.

4. כמות העבודה המושקעת על ידי מקור המתח בזמן מסוים שווה לסכום כל העבודות המתקבלות באותו זמן.

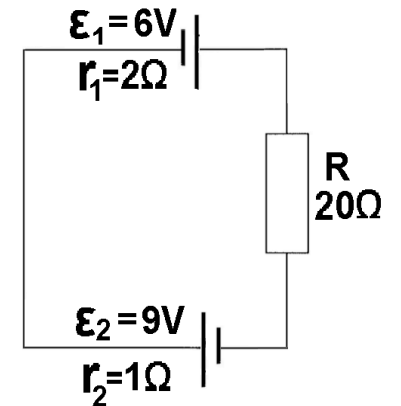
<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12146>

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12147	ה.8 - לרשותו של תלמיד מוליכים שהתנגדותם זניחה, מספר נורות זהות, ומקור מתח לא אידיאלי. התנגדות כל נורה 1.5Ω, המתח הדרוש להפעלת הנורה באורה המלא הוא $3V$ כא"מ מקור המתח הוא $12V$, והתנגדותו הפנימית 1.5Ω.	א- יש לחבר שלוש נורות בטור כמוראה בתרשים הבא: 	הגדרת הנצילות $\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$ $\eta = \frac{R}{r + R}$	א- התלמיד מעוניין להשתמש ברכיבים אלו במעגל טורי, כך שכל הנורות תארנה באורן המלא. כמה נורות עליו לחבר בטור למקור המתח?	
	הנורות מחוברות במקביל למקור המתח, המתח על הנורות זהה ושווה למתח ההדקים. יש למצוא את מספר הנורות עבורם מתח ההדקים יהיה שווה למתח הדרוש לפעולה תקינה של כל אחת מהנורות. 2. בשני המקרים מספר הנורות הוא זהה, למרות שמבחינה חשמלית המעגלים שונים. בשני המעגלים ההספק המתקבל הוא זהה, הספק המקור במעגל המקבילי הוא גדול יותר, לכן נצילות המעגל המקבילי קטנה יותר.	ב- יש לחבר שלוש נורות במקביל כמוראה בתרשים הבא:  ג- $\eta_1 = 75\%$ $\eta_2 = 25\%$	חוק אוהם $V = R \cdot I$ הגדרת ההספק $P = \frac{W}{t}$ חוק ג'אול $P = V \cdot I$	ב- התלמיד מעוניין להשתמש ברכיבים אלו במעגל מקבילי, כך שכל הנורות תארנה באורן המלא. כמה נורות עליו לחבר במקביל למקור המתח? ג- חשב את הנצילות כל אחד משני המעגלים.	

ו - מעגל בעל שני מקורות מתח

171

1.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מקור מתח לא אידיאליים. המעגל מתואר בתרשים הבא:



א- האם מקורות המתח יוצרים זרמים בכיוונים משלימים או בכיוונים מנוגדים?

ב- מה כיוון הזרם שיזרום במעגל, בכיוון השעון או נגד כיוון השעון?

ג- חשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת חוקי קרכהוף

חוק הזרמים של קרכהוף (חוק הצומת)
קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת.

חוק המתחים של קרכהוף
קובע שסכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

לכתיבת משוואות המתחים של קרכהוף, נוח להשתמש בחצי מתח כדי לתאר את קוטביות המתחים. (ראו פתרון מלא) לאחר כתיבת משוואות המתחים, ניתן לבטא את המתחים על הצרכנים בעזרת חוק אוהם ולקבל משוואת זרמים.

מתמטית ניתן למצוא ממשוואות הזרמים את הזרמים המבוקשים.

א- הזרמים נוצרים בכיוונים משלימים.

ב- במעגל יזרום זרם בכיוון השעון.

$$I = 0.65A$$

1. נושא שני מקורות המתח הוא נושא הדורש זמן ותרגול רב, מצד שני הוא יחסית די נדיר בשאלות הבגרות.

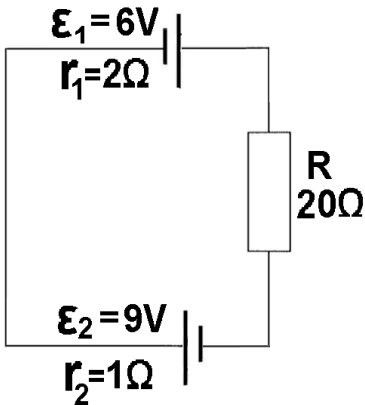
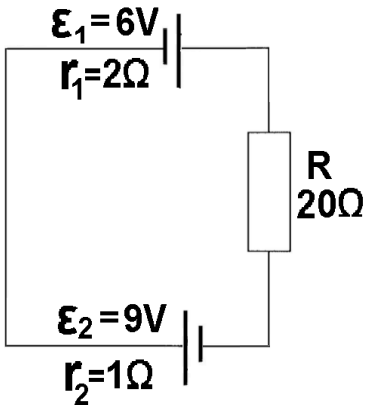
תלמיד שלא מרגיש מוכן לבגרות מוטב שיתמקד בנושאים הבסיסיים.

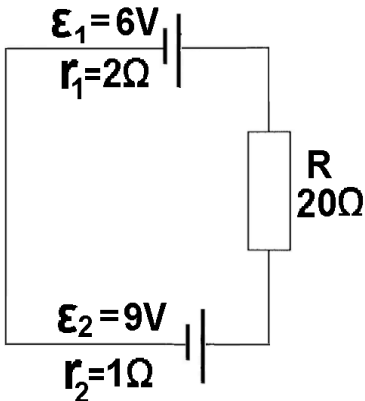
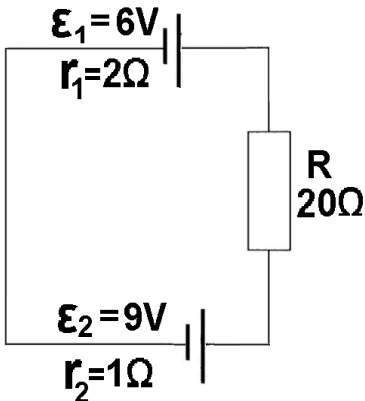
2. במקרה זה אין צומת חשמלית במעגל, לכן חוק הצומת הוא לא רלוונטי.

3. לאחר כתיבת משוואות המתחים יש לבטא את המתחים על הצרכן ועל ההתנגדויות הפנימיות בעזרת חוק אוהם, ולפתור משוואה בנעלם אחד.

4. במעגל לא מופיעים ההתנגדויות הפנימיות, לכתיבת משוואות המתחים של קרכהוף יש להוסיף את ההתנגדויות הפנימיות ולסמן את חצי המתח.

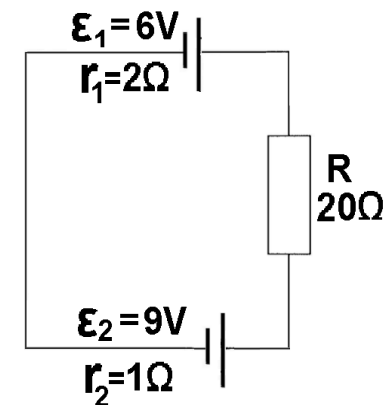
<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12148>

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12149	2.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מקור מתח לא אידיאלי. המעגל מתואר בתרשים הבא:  1. אם נקצר מקור מתח בפועל אנחנו "נבטל" את כ"מ המקור וגם את התנגדותו הפנימית. שיטת הסופרפוזיציה היא שיטה מתמטית, כאשר אנחנו משתמשים בשיטת הסופרפוזיציה קיצור מקור המתח היא פעולה תיאורטית שלא מבטלת את ההתנגדות הפנימית. 2. שאלות בגרות העוסקות בשני מקורות מתח הן שאלות נדירות. מומלץ להכיר ולשלוט באחת השיטות סופרפוזיציה או קרכהוף. 3. קיימות שיטות נוספות לניתוח מעגל מרובה מקורות(זרמי חוגים, משפט תבנין, משפט נורטון) בדפי פרקטיקות אלו נפתור כל שאלה בעזרת חוקי קרכהוף ועיקרון הסופרפוזיציה, לא נשתמש בשיטות נוספות.	$I = 0.65A$	ע"פי עיקרון הסופרפוזיציה סכום הזרמים הנוצרים כאשר כל אחד מהמקורות עובד לבד(מקור שני מקוצר) שווה לזרם הנוצר במעגל כאשר שני המקורות עובדים ביחד.	חשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת עיקרון הסופרפוזיציה.	2.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מקור מתח לא אידיאלי. המעגל מתואר בתרשים הבא: 
---	--	--------------------------------------	--	--	---

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12150	3.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מתח לא אידיאליים. המעגל מתואר בתרשים הבא: 	א- הזרמים נוצרים בכיוונים משלימים. ב- במעגל יזרום זרם נגד כיוון השעון. ג- $I = 0.13A$	חוק הזרמים של קרכהוף (חוק בצומת) קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת. חוק המתחים של קרכהוף קובע שסכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס. לכתיבת משוואות המתחים של קרכהוף, נוח להשתמש בחצי מתח כדי לתאר את קוטביות המתחים. (ראו פתרון מלא) לאחר כתיבת משוואות המתחים, ניתן לבטא את המתחים על הצרכנים בעזרת חוק אוהם ולקבל משוואות זרמים. מתמטית ניתן למצוא ממשוואות הזרמים את הזרמים המבוקשים.	א- האם מקורות המתח יוצרים זרמים בכיוונים משלימים או בכיוונים מנוגדים? ב- מה כיוון הזרם שיזרום במעגל, בכיוון השעון או נגד כיוון השעון? ג- חשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת חוקי קרכהוף.	3.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מתח לא אידיאליים. המעגל מתואר בתרשים הבא: 
---	--	--	---	---	--

4.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מתח לא אידיאלי.

המעגל מתואר בתרשים הבא:



חשב את עוצמת הזרם במעגל בעזרת עיקרון הסופרפוזיציה.

ע"פי עיקרון הסופרפוזיציה סכום הזרמים הנוצרים כאשר כל אחד מהמקורות עובד לבד(מקור שני מקוצר) שווה לזרם הנוצר במעגל כאשר שני המקורות עובדים ביחד.

$$I = 0.13 \text{ A}$$

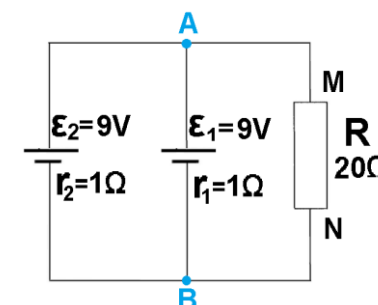
השאלה הזו היא יחסית פשוטה, אנחנו משתמשים בחוקי קרכהוף ובשיטת הסופרפוזיציה כתרגול במקרים פשוטים, למרות שאין צורך להשתמש בהם.

במקרים הבאים נראה שלא ניתן להשתמש רק בחוק אום על כל המעגל למציאת הזרם. נצטרף להשתמש בקרכהוף או בסופרפוזיציה.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/boook/view.php?id=4858&chapterid=12151>

5.I - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מקור מתח לא אידיאליים.

נקודות הצומת במעגל מסומנות ב A ו- B.



א- מה כיוון הזרם שיזרום בצרכן, מהנקודה M לנקודה N או מהנקודה N לנקודה M?

ב- חשב את עוצמת הזרם בצרכן בעזרת חוקי קרכהוף

חוק הזרמים של קרכהוף (חוק בצומת) קובע שסכום הזרמים הנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים היוצאים מהצומת.

חוק המתחים של קרכהוף קובע שסכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.

לכתיבת משוואות המתחים של קרכהוף, נוח להשתמש בחצי מתח כדי לתאר את קוטביות המתחים. (ראו פתרון מלא)

לאחר כתיבת משוואות המתחים, ניתן לבטא את המתחים על הצרכנים בעזרת חוק אוהם ולקבל משוואות זרמים.

מתמטית ניתן למצוא ממשוואות הזרמים את הזרמים המבוקשים.

א- כיוון הזרם בנגד הוא מנקודה M לנקודה N.

$$\text{ב- } I = 0.44A$$

1. במעגל הנתון המקורות הם זהים לכן ניתן להניח שכיווני הזרמים שהם יוצרים הם לא הפוכים לכיווני הזרמים שכל אחד מהם יוצר כמקור יחיד.

2. במעגל זה יש שתי לולאות, מקרכהוף למתחים מתקבלות שתי משוואות של מתחים.

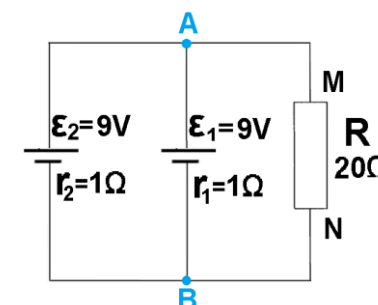
יחד עם חוק הצומת מתקבלות שלוש משוואות.

משלושת משוואות אלו ניתן למצוא מתמטית את הזרם דרך הצרכן R.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12152>

6.I - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מקור מתח לא אידיאליים.

נקודות הצומת במעגל מסומנות ב A ו- B.



חשב את עוצמת הזרם בצרכן בעזרת עיקרון סופרפוזיציה.

ע"פי עיקרון הסופרפוזיציה סכום הזרמים הנוצרים כאשר כל אחד מהמקורות עובד לבד (מקור שני מקוצר) שווה לזרם הנוצר במעגל כאשר שני המקורות עובדים ביחד.

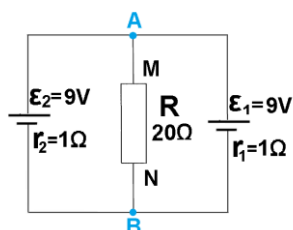
$$I = 0.44A$$

1. כדי לחשב את הזרם דרך הצרכן יש לסכום את הזרמים שכל מקור יוצר בצרכן R, ולא את סכום זרמי המקור.

2. כאשר מקור 1 פעיל קיימים כיווני זרמים מסוימים בצומת A. וכאשר מקור 2 פעיל קיימים כיווני זרמים אחרים.

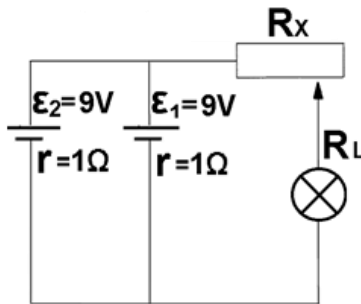
3. לפני ניתוח המעגל, ניתן לשנות את המעגל הנתון למעגל אחר, נוח יותר להבנה.

המעגל הבא שקול למעגל הנתון בשאלה.



4. לאחר מציאת הזרם הנוצר ממקור 1 בצרכן, ניתן לקבוע שמקור 2 יוצר זרם זהה בגודלו ובכיוונו מטעמי סימטריה.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12153>

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4858&chapterid=12154	1. כדי למצוא את התנגדות הנגד המשתנה עבורה הנורה מאירה באורה המלא, יש להניח שהנורה פועלת באורה המלא. 2. ניתן לפתור את השאלה בעזרת חוקי קירכהוף . 3. שיטת הסופרפוזיציה פחות מתאימה לפתרון שאלה זו. 4. שאלות הבגרות במעגלי זרם מצריכות יותר הבנה עקרונית פחות פעולות מתמטיות. בשאלות הבגרות לא תהיינה שאלות המכילות יותר משתי צמתים.	$R_x = 19.5\Omega$	הנחיה לפתרון: בהתאם לנתוני הנורה ניתן למצוא את הזרם דרכה כאשר היא פועלת באורה המלא. דרך כל אחד ממקורות המתח זורם זרם השווה למחצית הזרם דרך הנורה. ניתן לחשב את מתח הדקי הסוללות ובהתאם למתח על הנורה ומתחי ההדקים לחשב את המתח על הנגד המשתנה.	חשב את התנגדות הנגד המשתנה, עבורה הנורה תאיר באורה המלא.	7.1 - נתון מעגל חשמלי המורכב מצרכן ושני מקורות מתח שונים לא אידיאליים. המעגל מתואר בתרשים הבא:  על הנורה מופיע הכיתוב $3V/0.9W$.
---	--	--------------------	---	---	--

אוגדני פתרונות שאלות בגרות מעגלי זרם

התנגדות, זרם, מתח, מקור מתח וחוק אום (קיוב 39)

2012-2 - התנגדות של מוליך בהתאם לנתוניו, וחוק אום

מד מתח מד זרם מעגל טורי ומעגל מקבילי (קיוב 40)

2019,2- מעגל טורי המורכב משני נגדים המחוברים למקור מתח לא אידיאלי. מחליפים נגד בהתקן מיוחד(תרמיסטור).

2011,3- מציאת התנגדות של אדם

1999-3 – מד זרם הפועל כמד דלק

2-1992- אלקטרומטר (פועל כמד מתח אידיאלי)

1985-21- גליונומטר הפועל כמכשיר מדידה

1983-20- שינוי תחום מדידה של מד זרם, והסבתו למדידת מתח

ריאוסטט פוטנציומטר כאמ מתח הדקים (קיוב 41)

2023,2- מעגל טורי, ראוסטט ונגד קבוע, מקור מתח לא אידיאלי, גרף המתאר מתח על הסוללה ועל הנגד כתלות בזרם.

2022,2- ראוסטט מחובר לסוללה לא אידיאלית פעם אחת בטור, ופעם שנייה במקביל.

2021,3- מציאת כ"מ ומתח הדקים של סוללה מגרף מתח הדקים בתלות בזרם

2020,2- מעגל מעורב עם שני מפסקים, יש סעיף עם שני מקורות.

2018,3- מעגל מעורב המורכב ממקור מתח לא אידיאלי פוטנציומטר, נורה, ושני מדי מתח אידיאליים.

2017,2- מעגל מעורב המורכב מארבעה נגדים ושני מפסקים.

[2015-2 - מכשירי מדידה, מעגל מקבילי, אנרגיה של סוללה.](#)

[2014-2 - כאמ מתח הדקים , מד זרם לא אידיאלי.](#)

[2011-2 – ריאוסטט , תוספת נורה.](#)

2009-2 ריאוסטט במעגל טורי.

2009-3 ריאוסטט ופוטנציומטר .

2008-1 ריאוסטט , חישוב התנגדות סגולית.

[2007-2 ריאוסטט , ניסוי כאמ מתח הדקים.](#)

[2006-3 -ריאוסטט, התנגדות מוליך על פי נתוניו, סוללה לא אידיאלית.](#)

2004-3 - מעגל עם שלושה מפסקים, כאמ מתח הדקים.

2003-2 - מתח נמדד בתלות בנקודת חיבור מד המתח למוליך שהתנגדותו איננה זניחה

2002-1 - כאמ מתח הדקים, מעגל טורי ומקבילי.

[2000-3 – מציאת כא"מ הסוללה והתנגדותה ומגרף אחד חלקי הזרם בתלות באורך התיל.](#)

[1992,2- אלקטרומטר ומד מתח.](#)

[1990-16- מציאת כא"מ והתנגדות פנימית מגרף התנגדות של ריאוסטט בתלות באחד חלקי הזרם.](#)

1988-15- חיבור נורות וריאוסטט בטור למקור מתח לא אידיאלי.

1987-15- מעגל מעורב עם שני מפסקים.

1987-16- מקור מתח לא אידיאלי משתנה , משמש למציאת התנגדות. מד מתח לא אידיאלי.

1986-7- שלושה מעגלים מעורבים שונים , שאלה פרמטרית

מעגל מעורב (קיוב 42)

2-2017- מעגל מעורב , כא"מ מתח הדקים.

3-2016 מעגל מעורב , נורה שהתנגדותה משתנה כתוצאה מחום, הספקים.

3-2014 מעגל מעורב

3-2013 - מעגל מעורב , שאלה קצת שונה , לשמור אותה לסוף.

2-2004 – מעגל מעורב.

2-2001- מעגל מעורב

1-1998 – מעגל מעורב, עם חיבור ריאוסטט.

2-1993- מעגל מעורב, שאלה פרמטרית.

הספק ונצילות (קיוב 43)

3,2023- מעגל מעורב מורכב שתי נורות נגד קבוע וראוסטט , השאלה עוסקת בהספקים נצילות.

3,2022- שלוש נורות מחוברות למקור מתח לא אידיאליים במעגל אחד בטור, ובמעגל שני במקביל.

3,2020- במעגל המורכב ממקור מתח לא אידיאלי ריאוסטט ונורה מוסיפים נורות במקביל לנורה.

3,2019- שני נגדים מחוברים במקביל למקור מתח לא אידיאלי, בין הנגדים קיים מפסק.

2,2018- נתונים ערכי מתח הדקים וזרם של סוללת טלפון נייד יש למצוא: כא"מ, התנגדות פנימית, אנרגיה והספקים.

3-2017- כא"מ מתח הדקים והספקים.

2-2016- כאמ מתח הדקים מעגל מעורב ונצילות.

3-2015- ריאוסטט ופוטנציומטר. עבודת גוף חימום, נצילות.

2-2013 - הספק ונצילות

3-2011 - פוטנציומטר וריאוסטט , ו הספק.

3-2010 - שלוש נורות מעגל מעורב, הספקים

2-2008 - מעגל טורי ומקבילי, ריאוסטט , והספק.

- 3-2012-כאמ מתח הדקים והספקים. התנגדות צרכן עבודה הספק צרכן מקסימאלי.
- 2-2006 - נורות , הספקים.
- 8-2004 – ריאוסטט הספקים.
- 2-2002- פוטנציומטר, מעגל מעורב הספקים
- 3-2001 – ריאוסטט מחובר למקור מתח לא אידאלי, השאלה עוסקת בהספקים.
- 2-2000- מעגל טורי של שתי נורות עם הספקים
- 1-1999- חיבור סוללות להפעלת צעצוע, ונצילות.
- 2-1997- זרמי חוגים, הספק
- 2-1996 – חיבור שלוש נורות לסוללה לא אידאלית עם ריאוסטט.
- 8-1995-. חיבור נורה ונגד למקור מתח והחלפת הנגד בנורות נוספות
- 3-1994- ריאוסטט מחובר במעגל טורי, נתונים שני גרפים של מתח בתלות בזרם. עם הספק.
- 2-1991- שני נגדים מחוברים במקביל עם מפסק , למקור מתח לא אידאלי, עם הספק.
- 16-1989- הספק ונצילות של הסוללה.
- 8-1986- ריאוסטט מחובר למקור מתח לא אידאלי, שאלה עוסקת בהספק והספק מקסימאלי.
- 19-1983- שני מעגלים , מעגל א' נורה מחוברת למקור בחיבור פוטנציומטר , מעגל ב' נורה מחוברת בחיבור ריאוסטט.

פרקטיקות – קבלים 1

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית, הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

182

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול היא תכונה של גוף המוגדרת לפי היחס שבין המטען האגור בגוף לפוטנציאל הגוף.

קבל הוא התקן המכיל שני לוחות הטעונים במטענים זהים בגודלם ושונים בסימנם. קיבול הקבל שווה ליחס שבין מטען הלוח החיובי להפרש הפוטנציאלים בין הדקי הקבל.

$$C = \frac{Q}{V_{AB}}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}$$

תלות קיבול הקבל בנתוניו הגיאומטריים:

$$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$$

ביטוי השדה האחיד בין לוחות הקבל:

$$U = \frac{Q \cdot V_{AB}}{2}$$

קבל טעון יכול לבצע עבודה כאשר הוא פורק את המטען האגור בו, לכן לקבל טעון יש אנרגיה פוטנציאלית חשמלית. ביטוי האנרגיה האגורה בקבל:

נושאי התרגול:

א. הגדרת הקיבול.

ב. קבל לוחות.

ג. חיבור קבלים

ד. המצב היציב

ה. תנועת מטען בתוך קבל.

א. הגדרת הקיבול

קיטור לפתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	חישוב נדרש	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859	1. כדי להשתמש בביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי יש להתייחס למטען הכדור כאל מטען נקודתי הממוקם בנקודת מרכז הכדור. 2. מעקרונות האלקטרוסטטיקה הפוטנציאל על פני הכדור שווה לפוטנציאל בכל נקודה בתוך הכדור.	$V_1 = 22.5V$	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot Q}{r}$ קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$	1.1 – חשב את הפוטנציאל על פני כדור הנחושת הגדול.	1 - נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוס שונה. כדור נחושת ברדיוס 40 ס"מ וכדור ברזל ברדיוס 20 ס"מ. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14801	1. הפוטנציאל נוצר מהמטען העודף הנמצא על פני מעטפת הכדור המוליך. בכל כדור מוליך טעון (עשוי נחושת ברזל או כל חומר מוליך אחר) המטען העודף מרוכז בפיזור אחיד על פני הכדור, לכן הפוטנציאל הנוצר מהמטען העודף לא תלוי בסוג החומר ממנו עשוי הכדור. הפוטנציאל תלוי רק ברדיוס הכדור ובמטען הכדור. 2. שני הכדורים טעונים במטען זהה, לכל כדור יש פוטנציאל שונה בהתאם לרדיוס של כל כדור. 3. ביטוי הפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי פותח בהנחה שהפוטנציאל באינסוף שווה לאפס וולט.	$V_2 = 45V$		1.2 – חשב את הפוטנציאל על פני כדור הברזל הקטן.	שני הכדורים טעונים במטען שגודלו 1 ננו קולון. נסמן את כדור הנחושת הגדול ככדור 1 ואת כדור הברזל הקטן ככדור 2.

1- נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוס שונה. כדור נחושת ברדיוס 40 ס"מ וכדור ברזל ברדיוס 20 ס"מ.



שני הכדורים טעונים במטען שגודלו 1 ננו קולון.

נסמן את כדור הנחושת הגדול ככדור 1 ואת כדור הברזל הקטן ככדור 2.

1.3 – חשב את קיבול כדור הנחושת ואת קיבול כדור הברזל. והסבר את משמעות הקיבול חשמלי?

1.4 – מחברים מוליך בין הכדורים לזמן רב ולאחר מכן מנתקים את המוליך מהכדורים.

מי מבין השלושה ישתנו:
א. המטען בכל כדור.
ב. הפוטנציאל של הכדורים
ג. קיבול הכדורים.

ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי:

$$V = \frac{K \cdot Q}{r}$$

קיבול גוף מוליך טעון

$$C = \frac{Q}{V}$$

$C_2 = 2.22 \cdot 10^{-11} F$ $C_1 = 4.44 \cdot 10^{-11} F$
הקיבול החשמלי מתאר את כמות המטען שיש להוסיף לגוף כדי שהפוטנציאל ל שהגוף יגדל ב 1 וולט.

1. מהגדרת הקיבול, יחידות הקיבול הן קולון חלקי וולט יחידות אלו נקראות בקיצור פאראד (Farad) והן מסומנות על ידי F.

2. קיבולו של כל גוף טעון שווה ליחס שבין מטען הכדור לפוטנציאל על פניו.

3. אומנם גופים אגורים מטען, אך קיבול הגופים לא מתאר את כמות המטען המקסימאלי שהגופים יכולים לאגור. הקיבול מתאר את תוספת המטען הנדרשת כדי לעלות את פוטנציאל הכדור ב 1 וולט.

לדוגמה אם נתון גוף שקיבולו 5 פאראד (5 קולון לוולט) המשמעות היא שכדי לעלות את הפוטנציאל של הגוף ב 1 וולט נדרשת תוספת מטען של 5 קולון.

4. פיזור המטען בכדור לא מוליך הוא לא אחיד, לא ניתן להשתמש בהגדרת הפוטנציאל בסביבת מוליך נקודתי לכדור העשוי מחומר לא מוליך, לכן בהגדרת הקיבול נשתמש לגופים מוליכים בלבד.

המטען והפוטנציאל ישתנה, אך הקיבול של כל כדור לא ישתנה.

1. מהגדרת הקיבול ניתן לראות שקיבול הגוף תלוי ביחס ישר במטענו וביחס הפוך בפוטנציאל. כאשר המטען משתנה הפוטנציאל משתנה בהתאם והקיבול הוא קבוע.

מהחוק השני של ניוטון ניתן לקבוע שהמסה תלויה ביחס ישר בכוח הפועל על הגוף וביחס הפוך בתאוצתו, אך כאשר הכוח משתנה התאוצה משתנה בהתאם והמסה לא משתנה. המסה היא תכונה של הגוף גם הקיבול היא תכונה של הגוף.

ניתן לגלות את הקיבול מהיחס שבין המטען לפוטנציאל אך הקיבול של הגוף היא תכונה גיאומטרית של הגוף, הקיבול לא תלוי במטען הגוף ולא תלוי בפוטנציאל של הגוף.

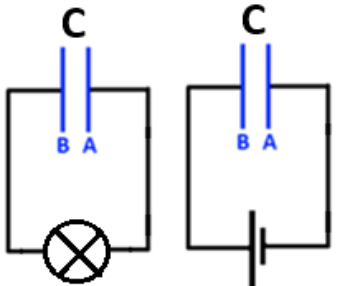
2. קיבול הכדור תלוי רק ברדיוס הכדור.

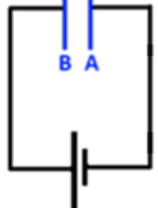
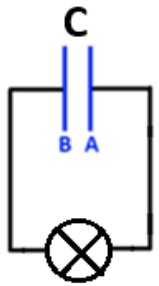
<https://moedle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=5859&chapterid=14802>

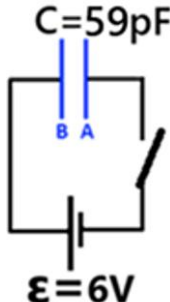
<https://moedle.youcube.co.il/moodle/book/view.php?id=5859&chapterid=14803>

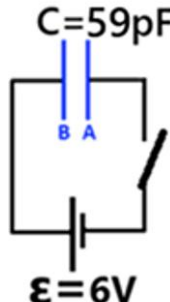
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14804	$C = \frac{r}{k}$ 1. מביטוי הקיבול ניתן לראות שקיבול הכדור תלוי רק ברדיוסו. 2. קיבול של כל גוף מוליך נקבע בהתאם לצורתו הגיאומטרית. בהתאם לתכנית הלימודים אנחנו עוסקים בכדור מוליך כיוון שנוח מתמטית לתאר את הפוטנציאל והקיבול של גוף בעל צורה כדורית. 3. בדפי הנוסחאות מופיע הגדרת הקיבול, לא מופיע נוסחה לחישוב גוף מוליך כדורי כתלות ברדיוסו.	ביטוי לפוטנציאל בסביבת מטען נקודתי: $V = \frac{K \cdot Q}{r}$ קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$	1.5 – כתוב ביטוי לקיבולו של כדור מוליך כתלות ברדיוסו.	1. נתונים שני כדורים מוליכים בעלי רדיוס שונה. כדור נחושת ברדיוס 40 ס"מ וכדור ברזל ברדיוס 20 ס"מ. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14805	$r = 9 \cdot 10^9 \text{ m}$ 1. כדי שקיבולו של הכדור יהיה שווה לאחד פאראד רדיוס הכדור צריך להיות גדול פי 1400 מרדיוס כדור הארץ. הקיבול של כדור מוליך במציאות הוא מאוד קטן. פותרו שיטות להשגת קיבולים גדולים מבלי להשתמש בכדורי ענק. קבל לוחות הוא דוגמה לכך. 2. נושא קבל לוחות הוא הנושא המרכזי בפרק הקיבול.		1.6 – נתון כדור שקיבולו 1 פאראד חשב את רדיוס הכדור.	שני הכדורים טעונים במטען שגודלו 1 ננו קולון. נסמן את כדור הנחושת הגדול ככדור 1 ואת כדור הברזל הקטן ככדור 2.

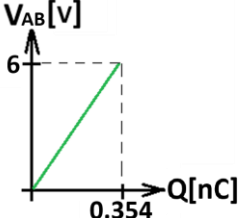
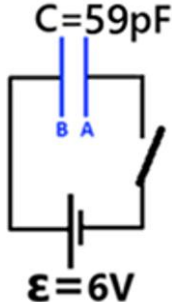
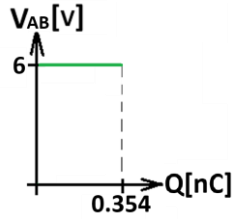
ב. קבל לוחות

https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14816	מלוח B ללוח A. 1. כיוון הזרם הוא מהפוטנציאל החיובי של הסוללה לפוטנציאל השלילי (מחוץ לסוללה), במקרה זה כיוון הזרם הוא בכיוון השעון. כיוון תנועת האלקטרונים הפוך לכיוון הזרם. (כיוון הזרם המוסכם נקבע בכיוון הפוך לכיוון תנועת האלקטרונים בעקבות טעות היסטורית). 2. הטעינה תמשך עד שהמתח על הקבל יהיה זהה למתח המקור. בסיום הטעינה הלוחות יהיו טעונים במטענים זהים בגודלם ושונים בסימונם ומתח הקבל יהיה שווה למתח המקור.	מטען חיובי נע מפוטנציאל גבוה לפוטנציאל נמוך. מטען שלילי נע מפוטנציאל נמוך לפוטנציאל גבוה. כיוון הזרם הוא מפוטנציאל גבוה לנמוך. הכיוון האמיתי של תנועת האלקטרונים הפוך לכיוון תנועת הזרם, מהפוטנציאל הנמוך לגבוה. גוף שמוסר אלקטרונים נטען במטען חיובי גוף שמקבל אלקטרונים נטען במטען שלילי.	2.1 – כיצד ינועו האלקטרונים בשלב טעינת הקבל, מלוח A ללוח B או מלוח B ללוח A?	2. קבל לוחות הוא התקן המכיל שני לוחות זהים ומקבילים. פעולת קבל הלוחות דומה לפעולת המצבר החשמלי ברכב. כאשר הקבל נטען הוא אוגר אנרגיה חשמלית וכאשר הוא נפרק הוא משחרר את האנרגיה החשמלית האגורה בו. תלמיד ביצע טעינה ופריקה של קבל בשני שלבים. בשלב א' (שלב הטעינה) חיבר התלמיד קבל לוחות בעל שני לוחות A ו-B למקור מתח. בשלב ב' (שלב הפריקה) הוציא את הקבל וחיבר אותו לנורה. שני השלבים מתוארים באיור הבא: שלב א' שלב ב' 
https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14817	לוח A יטען במטען שלילי לוח B יטען במטען חיובי. 1. אלקטרונים יוצאים מלוח B – בלוח B קיים חוסר אלקטרונים. 2. לוח B מחובר להדק החיובי של מקור המתח הוא יטען במטען חיובי. לוח A מחובר להדק השלילי של מקור המתח הוא יטען במטען שלילי.		2.2 – קבע באיזה מטען (חיובי או שלילי) יטען כל לוח.	
https://moodle.youcubec.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14821	מלוח A ללוח B. 1. האלקטרונים שנאגרו בלוח A חוזרים חזרה ללוח B דרך הנורה. 2. הפריקה תמשך עד שהמתח על הקבל יהיה אפס. בסיום הפריקה הלוחות לא טעונים, אין הפרש פוטנציאלים בין לוחות הקבל. 3. בשלב הטעינה מקור המתח מבצע עבודה כדי להניע אלקטרונים. בשלב הפריקה הקבל מבצע עבודה כדי להניע אלקטרונים.		2.3 – כיצד ינועו האלקטרונים בשלב פריקת הקבל, מלוח A ללוח B או מלוח B ללוח A?	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14862	$\sigma = 250 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$ 1. אנחנו עוסקים רק בלוחות הטעונים בצפיפות אחידה. 2. ערך צפיפות המטען בלוח שווה לכמות המטען הקיים בכל מטר ריבועי בשטח. 3. צפיפות המטען בלוח היא צפיפות שטחית ולא נפחית. אנחנו עוסקים בלוח שהוא דו מימדי , לוח מישורי שאין לו נפח. (עובי הלוח שואף לאפס) 4. כדי לא לעסוק בקצוות אנחנו עוסקים בלוח שהוא אין סופי לכן גם שטחו הוא אינסופי. כדי לחשב את צפיפות המטען בלוח ניתן לחשב את היחס שבין שטח כלשהו של הלוח לכמות המטען הקיימת באותו שטח. אין צורך להשתמש בשטח כל הלוח.	מטען חיובי נע מפוטנציאל גבוה לפוטנציאל נמוך. מטען שלילי נע מפוטנציאל נמוך לפוטנציאל גבוה. כיוון הזרם הוא מפוטנציאל גבוה לנמוך. הכיוון האמיתי של תנועת האלקטרונים הפוך לכיוון תנועת הזרם, מהפוטנציאל הנמוך לגבוה. גוף שמוסר אלקטרונים נטען במטען חיובי	2.4 – חשב את צפיפות המטען בלוח בשני דרכים. א- בעזרת ביטוי גודל השדה החשמלי בין הלוחות. ב- בעזרת הגדרת הצפיפות, היחס שבים כמות המטען בלוח לשטח הלוח.	2.קבל לוחות הוא התקן המכיל שני לוחות זהים ומקבילים. פעולת קבל הלוחות דומה לפעולת המצבר החשמלי ברכב. כאשר הקבל נטען הוא אוגר אנרגיה חשמלית וכאשר הוא נפרק הוא משחרר את האנרגיה החשמלית האגורה בו. תלמיד ביצע טעינה ופריקה של קבל בשני שלבים. בשלב א' (שלב הטעינה) חיבר התלמיד קבל לוחות בעל שני לוחות A ו- B למקור מתח. בשלב ב' (שלב הפריקה) הוציא את הקבל וחיבר אותו לנורה. שני השלבים מתוארים באיור הבא: שלב א'  שלב ב' 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14863	$U = 1.41 \cdot 10^{-7} J$ 1.משמעות ערך האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית האגורה בקבל היא גודל העבודה שהקבל יכול לבצע. 2. כאשר קבל מבצע עבודה הוא נפרק , כמות המטען האגורה בקבל הולכת וקטנה.	גוף שמקבל אלקטרונים נטען במטען שלילי.	2.5 – חשב את האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית האגורה בקבל.	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14813	לוח B לא נטען לפני סגירת המפסק. הלוחות נטענים כתוצאה מפעולות הזרם, כאשר אין זרם הלוחות לא נטענים.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$	3.1 – האם לפני סגירת הפסק לוח B נטען?	3. נתון קבל לוחות לא טעון שקיבולו 59 פיקו פאראד.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14814	בהתאם לנתוני השאלה עוצמת הזרם במעגל היא אין סופית. 1. במציאות לא קיים מקור מתח אידיאלי. 2. במקור מתח מציאותי עוצמת הזרם שווה לערך כ"מ הסוללה חלקי התנגדותה הפנימית של הסוללה (זרם קצר)	הגדרת קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	3.2 – מה עוצמת הזרם במעגל מייד לאחר סגירת המפסק.	הקבל מחובר באמצעות מפסק למקור מתח אידיאלי בעל כ"מ של 6 וולט.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14822	$V_{AB} = 6V$ 1. מטען ינוע עד שמתח המקור יהיה שווה למתח על הקבל. 2. מתח הקבל שווה להפרש הפוטנציאלים בלוחות, מתח הקבל הוא חיובי תמיד. 3. גם אם הייתה התנגדות לסוללה ולמוליכים, וגם אם היה נגד במעגל – בסיום תהליך הטעינה המתח על הקבל תמיד שווה למתח כ"מ מקור המתח. 4. האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית של הקבל מסומנת על ידי U לכן בפרק הקבלים מתח הקבל מסומן על ידי V_{AB}.	קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל	3.3 – מה המתח על הקבל זמן רב לאחר סגירת המפסק, כאשר הקבל טעון.	נסמן את הלוחות כלוח A ו-לוח B כמוראה באיור: 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14818	$Q = 0.354nC$ 1. יש לחשב את מטען הקבל בעזרת הגדרת קיבול הקבל. 2. מטען הקבל מוגדר כמטען הלוח החיובי. מטען הקבל הוא חיובי תמיד.	שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	3.4 – חשב את מטען הקבל כאשר הקבל טעון.	בין הלוחות קיים רק אוויר. המרחק בין הלוחות הוא $d=3\text{ mm}$.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14823	$E = 2,000 \frac{N}{C}$ 1. צפיפות המטען בקבל שווה ליחס שבין מטען הלוח לשטחו. 2. ניתן לחשב את גודל השדה גם בעזרת היחס שבין מתח הקבל למרחק בין הלוחות.	אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	3.5 – חשב את גודל השדה החשמלי בין לוחות הקבל כאשר הקבל טעון, וציין את כיוונו.	שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02m^2$. נניח שכל המוליכים והמפסק הם אידיאליים (התנגדותם שווה לאפס אוהם).
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14815	$I = 0A$ זמן רב לאחר סגירת המפסק הקבל נטען למתח המקור, ולאחר מכן הוא מהווה נתק. במהלך הטעינה עוצמת הזרם קטנה.		3.6 – חשב את עוצמת הזרם במעגל כאשר הקבל טעון	

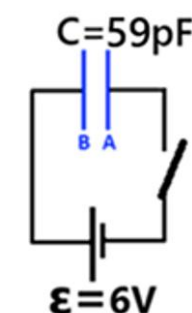
https://moodle.youcubecolil/moodle/book/view.php?id=5859&chapterid=14824	$U = 1.062 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ 1. האנרגיה האגורה בקבל מתארת את כמות העבודה החשמלית שהקבל הטעון יכול לבצע. 2. בדפי הנוסחאות מופיע ביטוי לאנרגיה האגורה בקבל כתלות במתח עליו ובקיבולו . $U = \frac{1}{2} C V_{AB}^2$ אנרגיית של קבל טעון ניתן לתאר את האנרגיה האגורה בקבל בשתי צורות נוספות בעזרת הגדרת קיבול הקבל: $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2 = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V_{AB} = \frac{Q^2}{2 \cdot C}$	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	3.7 – חשב את האנרגיה החשמלית האגורה בקבל.	3. נתון קבל לוחות לא טעון שקיבולו 59 פיקו פאראד. הקבל מחובר באמצעות מפסק למקור מתח אידיאלי בעל כ"מ של 6 וולט. נסמן את הלוחות כלוח A ו-לוח B כמוראה באיור:  בין הלוחות קיים רק אוויר. המרחק בין הלוחות הוא $d=3 \text{ mm}$ שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02 \text{ m}^2$ נניח שכל המוליכים והמפסק הם אידיאליים (התנגדותם שווה לאפס אוהם).
https://moodle.youcubecolil/moodle/book/view.php?id=5859&chapterid=14825	$Q = 0.354 \text{ nC}$ המטען שהמקור הניע בין לוחות הקבל שווה לשינוי במטען הקבל כתוצאה מהזרם שיוצר מקור המתח.		3.8- מה גודל המטען שהניע מקור המתח בין לוחות הקבל כדי לטעון את הקבל?	
https://moodle.youcubecolil/moodle/book/view.php?id=5859&chapterid=14826	$W = 2.124 \cdot 10^{-9} \text{ J}$ מסעיף זה ומסעיף 3.7 ניתן לראות שהעבודה שמקור המתח גדולה פי 2 מהאנרגיה האגורה בקבל, למרות שלא קיימת התנגדות במעגל. גם במעגל המכיל מקור מתח אידיאלי ומוליכים חסרי התנגדות אנרגיית הקבל שווה רק למחצית מהאנרגיה המושקעת על ידי המקור.		3.9 – חשב את עבודת מקור המתח בטעינת הקבל.	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14850	 קיבול הקבל קבוע מהגדרת הקיבול כאשר מטען הקבל גדל המתח על הקבל גדל. בסיום תהליך הטעינה המתח על הקבל שווה לכא"מ הסוללה. ערך מטען הקבל בסיום הטעינה מחושב בסעיף 3.8.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	3.10 – בשלב טעינת הקבל מטען הקבל הולך וגדל וגם המתח על הקבל גדל. א- תאר בגרף את המתח על הקבל כתלות במטען הקבל.	3. נתון קבל לוחות לא טעון שקיבולו 59 פיקו פאראד. הקבל מחובר באמצעות מפסק למקור מתח אידיאלי בעל כא"מ של 6 וולט. נסמן את הלוחות כלוח A ו-לוח B כמוראה באיור:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14849	השטח התחום שווה לאנרגיה האגורה בקבל. שיפוע הגרף שווה לאחד חלקי קיבול הקבל. 1. יש לבטא את שטח המשולש כדי לגלות את משמעות השטח. 2. יש לכתוב ביטוי למתח הקבל כתלות במטענו כדי למצוא את משמעות השיפוע בגרף.	קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	ב- מה המשמעות של השטח התחום בגרף ומה המשמעות של שיפוע הגרף.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14851	 כא"מ הסוללה לא תלוי בכמות המטען המונע על ידי הסוללה.	גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$	3.11 – הסוללה גורמת לתנועת מטען בין לוחות הקבל. א- תאר בגרף את כא"מ הסוללה כתלות במטען המונע על ידי הסוללה.	בין הלוחות קיים רק אוויר. המרחק בין הלוחות הוא $d=3 \text{ mm}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14852	השטח התחום שווה לעבודת מקור המתח בטעינת הקבל. 1. למרות שמקור המתח אידיאלי והמוליכים אידיאליים בסיום הטעינה האנרגיה האגורה בקבל שווה רק למחצית עבודת מקור המתח. מחצית מהאנרגיה המושקעת על ידי מקור המתח הולכת לאיבוד כחום וקרינה. 2. בסעיף 3.9 ראינו שעבודת הקבל גדולה פי 2 מהאנרגיה האגורה בקבל (סעיף 3.7). בשני סעיפים אלו ניתן להבין זאת בדרך גרפית. 3. בשלב הטעינה מתח הקבל קבוע כל זמן הטעינה. בשלב הפריקה בהתחלה מתח הקבל שווה למתח המקור, במהלך הפריקה מטען הקבל קטן והמתח בקבל קטן לכן עבודת הקבל קטנה מעבודת מקור המתח.	אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$ קיבול גוף מוליך טעון	ב- מה המשמעות של השטח התחום בגרף כא"מ הסוללה כתלות במטען המונע.	שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02 \text{ m}^2$ נניח שכל המוליכים והמפסק הם אידיאליים (התנגדותם שווה לאפס אוהם).

3. נתון קבל לוחות לא טעון שקיבולו 59 פיקו פאראד.

הקבל מחובר באמצעות מפסק למקור מתח אידיאלי בעל כ"מ של 6 וולט.

נסמן את הלוחות כלוח A ו-לוח B כמוראה באיור:



בין הלוחות קיים רק אוויר.

המרחק בין הלוחות הוא $d=3 \text{ mm}$.

שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02 \text{ m}^2$.

נניח שכל המוליכים והמפסק הם אידיאליים (התנגדותם שווה לאפס אוהם).

3.12 – כאשר הקבל מחובר למקור המתח (מפסק סגור) מקטינים את המרחק בין הלוחות פי 2 וממתינים זמן רב.

כיצד ישפיע שינוי זה על כל אחד מהגדלים הבאים:

1. קיבול הקבל.

2. המתח על הקבל.

3. מטען הקבל.

4. עוצמת השדה החשמלי בין לוחות הקבל.

5. האנרגיה האגורה בקבל.

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול קבל

$$C = \frac{Q}{V_{AB}}$$

קיבול קבל לוחות

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל

$$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

אנרגיה של קבל לוחות טעון

$$U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$$

קיבול גוף מוליך טעון

1. קיבול הקבל יגדל פי 2.
2. המתח על הקבל לא ישתנה.
3. מטען הקבל יגדל פי 2.
4. עוצמת השדה החשמלי תגדל פי 2.
5. אנרגית הקבל תגדל פי 2.

1. כיוון שהקבל מחובר למקור המתח לאחר טעינת הקבל המתח עליו יהיה שווה למתח המקור.

2. בעקבות שינוי המרחק בין הלוחות קיבול הקבל גדל פי 2 כדי שהמתח על הקבל יהיה מתח המקור גם מטען הקבל גדל פי 2.

3. מביטוי אנרגית הקבל $U = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V_{AB}$ כיוון שמטען הקבל גדל פי 2 - האנרגיה האגורה בקבל גדלה פי 2.

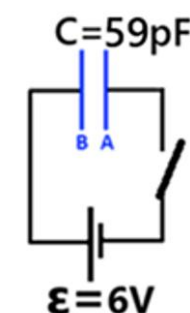
לקבל יש יכולת להניע באותו הפרש פוטנציאלים כמות מטען גדולה פי 2 לכן האנרגיה האגורה בקבל גדלה פי 2.

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14819>

3. נתון קבל לוחות לא טעון שקיבולו 59 פיקו פאראד.

הקבל מחובר באמצעות מפסק למקור מתח אידיאלי בעל כ"מ של 6 וולט.

נסמן את הלוחות כלוח A ו-לוח B כמוראה באיור:



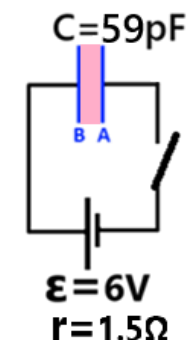
בין הלוחות קיים רק אוויר.

המרחק בין הלוחות הוא $d = 3 \text{ mm}$.

שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02 \text{ m}^2$.

נניח שכל המוליכים והמפסק הם אידיאליים (התנגדותם שווה לאפס אוהם).

3.13 – מחזירים את המרחק בין הלוחות למרחק המקורי (2mm) מכניסים בין הלוחות חומר מבודד בעל מקדם דיאלקטרי $\epsilon_r = 2$.



כיצד ישתנו כל אחד מהגדלים הבאים:

1. קיבול הקבל.

2. המתח על הקבל.

3. מטען הקבל.

4. עוצמת השדה החשמלי בין לוחות הקבל.

5. האנרגיה האגורה בקבל.

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול קבל

$$C = \frac{Q}{V_{AB}}$$

קיבול קבל לוחות

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל

$$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

אנרגיה של קבל לוחות טעון

$$U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$$

1. קיבול הקבל יגדל פי 2.

2. המתח על הקבל לא ישתנה.

3. מטען הקבל יגדל פי 2.

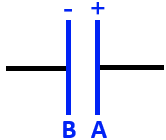
4. עוצמת השדה החשמלי לא תשתנה.

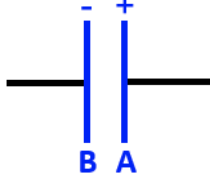
5. האנרגיה בקבל גדלה פי 2.

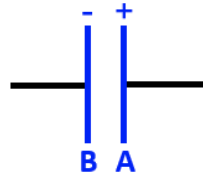
1. מביטוי עוצמת השדה כתלות בצפיפות המטען התווך בין הלוחות משתנה וצפיפות המטען משתנה באותו יחס (פי 2) לכן עוצמת השדה לא משתנה.

2. כאשר קבל מחובר למקור מתח להגדלת המרחק בין הלוחות יש השפעה דומה לפעולת הוספת חומר דיאלקטרי בין הלוחות (למעט השוני בשדה החשמלי שבין הלוחות).

<https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14820>

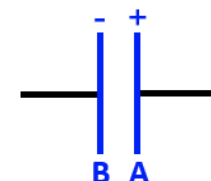
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14806	$C = 88.5 \text{ pF}$ 1. ϵ_0 הוא קבוע הנקרא קבוע דיאלקטריות הריק ערכו $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$. ϵ_r הוא גודל חסר יחידות הנקרא מקדם דיאלקטרי יחסי. ערכו נקבע בהתאם לסוג התווך הקיים בין הלוחות. כאשר בין הלוחות קיים ריק (ובקירוב גם כאשר יש בין הלוחות אוויר) ערכו של ϵ_r הוא 1. כאשר מוכנס חומר דיאלקטרי (מבודד הגורם להקטנת השדה החשמלי) ערכו של ϵ_r גדול מ-1 והוא נקבע בהתאם לסוג החומר הנמצא בין הלוחות הקבל. 2. מביטוי קיבול קבל לוחות הוספת חומר דיאלקטרי בין לוחות קבל – מגדיל את קיבול הקבל. החומר הדיאלקטרי מקטין את עוצמת השדה החשמלי בין הלוחות. מביטוי השדה החשמלי, כיוון שהשדה קטן הפרש הפוטנציאלים קטן. כיוון שהיחס בין מטען הקבל למתח בין הדקוי גדל הוספת חומר דיאלקטרי גורם להגדלת קיבול הקבל.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	4.1 – חשב את קיבול הקבל.	4. תלמיד חיבר קבל לוחות למקור מתח, לאחר טעינת הקבל ניתק התלמיד את הקבל ממקור המתח. נסמן את הלוח הטעון במטען חיובי ב-B ואת הלוח הטעון במטען שלילי ב-A.  לוח A טעון במטען $+5 \text{ nC}$ לוח B טעון במטען -5 nC המרחק בין הלוחות הוא $d=2 \text{ mm}$
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14807	$U = 56.49 \text{ V}$ 1. הגדרת הקיבול של גוף טעון עוסקת בהפרש הפוטנציאלים שבין הפוטנציאל על פני הכדור לפוטנציאל באינסוף הגדרת הקיבול של קבל לוחות עוסקת בהפרש הפוטנציאלים שבין הדקי קבל הלוחות. 2. בהתאם לפעולת קבל לוחות הלוחות תמיד טעונים במטענים זהים בגודלם ושונים בסימונם. המטען הכולל בשני הלוחות הוא אפס. מטען קבל לוחות מוגדר כמטען הלוח הטעון במטען חיובי.	4.2 – חשב את הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הקבל.	4.2 – חשב את הפרש הפוטנציאלים בין הדקי הקבל.	שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02 \text{ m}^2$ בין הלוחות קיים רק אוויר.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14808	$E = 28,245 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ 1. השדה יוצא ממטען חיובי ונכנס למטען שלילי, לכן כיוון השדה החשמלי בין לוחות הקבל הוא שמאלה, מהלוח הטעון במטען חיובי ללוח הטעון במטען שלילי. 2. בדפי הנוסחאות סימן המתח בהגדרת הקיבול שונה מסימן המתח בביטוי השדה החשמלי בין הלוחות.	4.3 – חשב את עוצמת השדה החשמלי בין לוחות הקבל. ציין את כיוון השדה.	4.3 – חשב את עוצמת השדה החשמלי בין לוחות הקבל. ציין את כיוון השדה.	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14809	$\sigma = 250 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$ 1. צפיפות המטען בלוח היא צפיפות משטחית ולא נפחית, יחידות הצפיפות הן קולון למטר ריבועי. 2. ניתן לחשב את צפיפות המטען בלוח בעזרת ביטוי השדה ובעזרת היחס שבין מטען הלוח לשטחו. (שני הפתרונות מופיעים בפתרון המלא). 3. בקבל לוחות לוח אחד טעון בצפיפות מטען חיובית והלוח השני טעון בצפיפות מטען שלילית. צפיפות המטען בקבל מוגדרת בהתאם לצפיפות המטען בלוח הטעון במטען חיובי.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$ קיבול גוף מוליך טעון	4.4 – חשב את צפיפות המטען בלוחות.	4. תלמיד חיבר קבל לוחות למקור מתח ולאחר טעינת הקבל ניתק התלמיד את הקבל ממקור המתח. נסמן את הלוח הטעון במטען חיובי ב-B ואת הלוח הטעון במטען שלילי ב-A.  לוח A טעון במטען +5nC לוח B טעון במטען -5nC המרחק בין הלוחות הוא d=2mm שטחו של כל לוח הוא A = 0.02m² בין הלוחות קיים רק אוויר.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14810	$U = 1.41 \cdot 10^{-7} J$ 1. האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית של הקבל מתארת את יכולת הקבל לבצע עבודה חשמלית בהנעת מטען (בדומה לעבודת מקור המתח) בדומה לעבודת מקור המתח. 2. העבודה החשמלית שמבצע הקבל שווה למכפלת המטען המונע בין הדקיו במתח הקבל, כאשר הקבל פורק את המטען מתח הקבל משתנה בין ערכו ההתחלתי בתחילת הפריקה לאפס בסיום הפריקה. מתח הקבל הממוצע הוא $\frac{V_{AB}}{2}$ לכן העבודה החשמלית שקבל טעון יכול לעשות היא: $Q \cdot \frac{V_{AB}}{2}$ בהתאם האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית של הקבל היא: $U = \frac{Q \cdot V_{AB}}{2}$	קיבול גוף מוליך טעון	4.5 – חשב את האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית האגורה בקבל.	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14811	1. קיבול הקבל יגדל פי 2. 2. המתח על הקבל יקטן פי 2. 3. מטען הקבל לא ישתנה. 4. עוצמת השדה החשמלי לא תשתנה. 5. האנרגיה האגורה בקבל תקטן פי 2. 1. הקבל מנותק, כמות המטען בקבל לא משתנה כתוצאה משינוי קיבול הקבל. 2. מהגדרת הקיבול של קבל לוחות כאשר המרחק בין הלוחות קטן קיבול הקבל גדל. 3. לכל לוח יש פוטנציאל הנוצר מהמטען בלוח ומהמטען בלוח השני, כאשר מקטינים את המרחק בין הלוחות ההשפעה ההדדית על הפוטנציאלים גדלה, הערך המוחלט של הפוטנציאל בלוחות קטן, המתח בין הדקי הקבל קטן. 4. מביטוי האנרגיה האגורה בקבל $U = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot V_{AB}$ כיוון שכמות המטען בקבל לא משתנה, מתח הקבל קטן האנרגיה האגורה בקבל קטנה. 5. הקטנת המרחק בין לוחות קבל המחובר למקור מתח גורמות להגדלת האנרגיה של הקבל (גפי שראינו בסעיף 3.10) לעומת זאת הקטנת המרחק בין לוחות קבל מנותק גורמות להקטנת האנרגיה של הקבל. 4. הנימוק צריך להתבסס על הנוסחאות. הערות הן לחידוד ההבנה בלבד (ראו פתרון מלא).	$C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$ קיבול גוף מוליך טעון	4.6 – כאשר הקבל מנותק מקטינים את המרחק בין הלוחות פי 2 וממתינים זמן רב. כיצד ישפיע שינוי זה על כל אחד מהגדלים הבאים: 1. קיבול הקבל. 2. המתח על הקבל. 3. מטען הקבל. 4. עוצמת השדה החשמלי בין לוחות הקבל. 5. האנרגיה האגורה בקבל.	4. תלמיד חיבר קבל לוחות למקור מתח ולאחר טעינת הקבל ניתק התלמיד את הקבל ממקור המתח. נסמן את הלוח הטעון במטען חיובי ב-B ואת הלוח הטעון במטען שלילי ב-A.  לוח A טעון במטען $+5nC$ לוח B טעון במטען $-5nC$ המרחק בין הלוחות הוא $d=2mm$ שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02m^2$ בין הלוחות קיים רק אוויר.
---	---	--	--	--

<https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14812>

4. תלמיד חיבר קבל לוחות למקור מתח ולאחר טעינת הקבל ניתק התלמיד את הקבל ממקור המתח. נסמן את הלוח הטעון במטען חיובי ב-B ואת הלוח הטעון במטען שלילי ב-A.



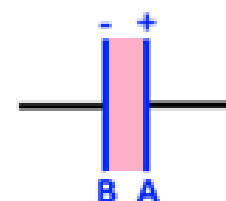
לוח A טעון במטען $+5nC$
לוח B טעון במטען $-5nC$

המרחק בין הלוחות הוא $d=2mm$

שטחו של כל לוח הוא $A = 0.02m^2$

בין הלוחות קיים רק אוויר.

4.7 – מחזירים את המרחק בין הלוחות למרחק המקורי (2mm) הלוחות חומר מבודד בעל מקדם דיאלקטרי $\epsilon_r = 2$.



כיצד ישתנו כל אחד מהגדלים הבאים:

1. קיבול הקבל.

2. המתח על הקבל.

3. מטען הקבל.

4. עוצמת השדה החשמלי בין הלוחות הקבל.

5. האנרגיה האגורה בקבל.

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול קבל

$$C = \frac{Q}{V_{AB}}$$

קיבול קבל לוחות

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל

$$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

אנרגיה של קבל לוחות טעון

$$U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$$

1. קיבול הקבל יגדל פי 2.

2. המתח על הקבל יקטן פי 2.

3. מטען הקבל לא ישתנה.

4. עוצמת השדה החשמלי יקטן פי 2.

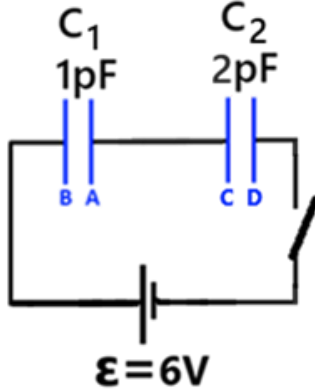
5. האנרגיה האגורה בקבל תקטן פי 2.

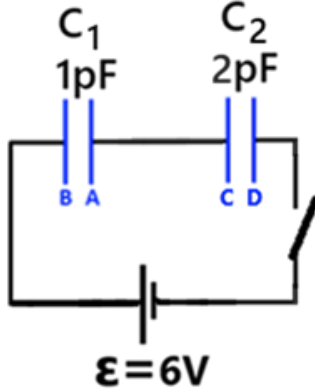
1. מביטוי קיבול קבל לוחות הוספת חומר דיאלקטרי גורמת להגדלת קיבול הקבל. המטען בקבל לא משתנה (כיוון שהקבל מנותק), לכן מביטוי הקיבול המתח על הקבל קטן.

2. הוספת חומר מבודד בין לוחות הקבל גורמת להקטנת השדה החשמלי בין הלוחות, הביטוי המופיע בדפי הנוסחאות מתאים לריק (או אוויר). כאשר מוכנס חומר מבודד בין הלוחות יש להתייחס גם לערכו של ϵ_r .

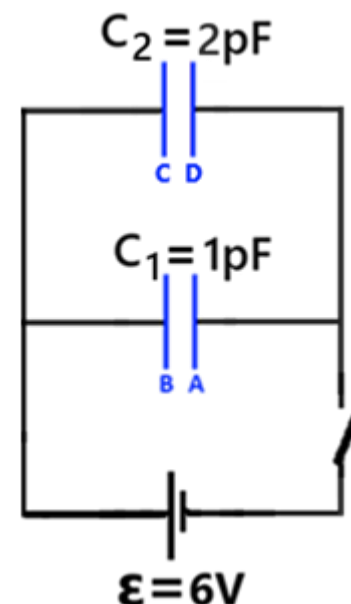
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$$

3. במקרה זה השדה בין הלוחות קטן והמרחק ביניהם לא משתנה. בסעיף הקודם המרחק בין הלוחות קטן והשדה לא משתנה, בשני המקרים המתח קטן.

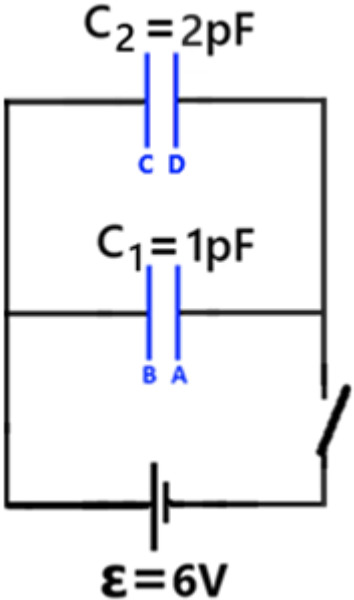
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14827	הלוחות החיצוניים B ו- D נטענים ממקור המתח במטענים זהים בגודלם ושונים בסימונם, והם יוצרים שדה חשמלי הגורם לטעינת הלוחות הפנימיים A ו- C. בסיום תהליך הטעינה בכל קבל הלוחות טעונים במטען זהה בגודלו ושונה בסימונו. 1. תהליך הטעינה מוסבר בפירוט בפתרון המלא. 2. כיוון שהלוחות החיצוניים נטענים במטענים זהים בגודלם וגם הלוחות הפנימיים נטענים במטענים זהים בגודלם - בחיבור קבלים בטור הקבלים תמיד נטענים במטען זהה (גם אם קיבול הקבלים שונה).	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	5.1 – הסבר כיצד נטענים לוחות הקבלים במקרה זה? מה סימן המטען בכל אחד מארבעת הלוחות	5. נתונים שני קבלים שונים לא טעונים C_1 ו- C_2 המחוברים בטור. הקבלים מחוברים באמצעות מפסק למקור מתח בעל כ"מ של 6 וולט והתנגדות פנימית של 1.5 אוהם.  סוגרים את המפסק וממתנים זמן רב עד לטעינת הקבלים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14828	$C_T = 6.66 \cdot 10^{-13} \text{ C}$ 1. הנוסחה לחישוב קיבול שקול של קבלים בטור מופיעה בדפי הנוסחאות בכתביה מקוצרת. קיבול שקול של קבלים המחוברים בטור $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$ 2. בחיבור של שני קבלים בטור ניתן להשתמש גם בפעולת מכפלתם חלקי סכום (הפעולה לא מתאימה ליותר משני קבלים). בפתרון המלא מופיעים שני הדרכים לחישוב הקיבול השקול. 3. הפעולה לחישוב קיבול שקול של קבלים בטור זהה לפעולת החישוב של נגדים במקביל. והפעולה לחישוב קיבול שקול של קבלים במקביל זהה לפעולת החישוב של נגדים בטור.	5.2 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.	5.3 – מה כיוון השדה החשמלי שיוצרים לוחות B ו- D.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14830	כיוון השדה החשמלי הוא ימינה השפעת השדה החשמלי שיוצרים הלוחות החיצוניים חשובה להבנת תהליך טעינת הקבלים, ראו הרחבה בפתרון המלא.			

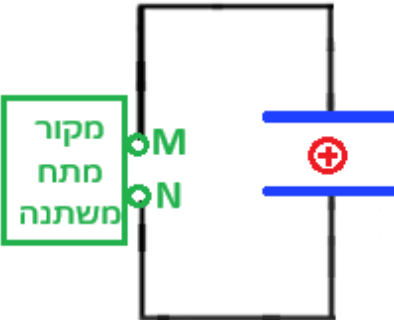
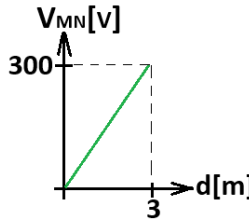
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14829	$Q_1 = Q_2 = 4PC$ מטען הקבלים זהה ושווה למטען הקבל השקול. בחיבור קבלים בטור יש לחשב תחילה את הקיבול השקול בהתאם למתח על הקבל השקול לחשב את מטען הקבל השקול. מטען זה שווה למטען הקבלים המחוברים בטור.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	5.4 – חשב את המטען בכל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק.	5. נתונים שני קבלים שונים לא טעונים C_1 ו- C_2 המחוברים בטור. הקבלים מחוברים באמצעות מפסק למקור מתח בעל כ"מ של 6 וולט והתנגדות פנימית של 1.5 אוהם.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14831	$V_{AB1} = 4V \quad V_{AB2} = 2V$ 1. הקיבול של קבל 1 הוא 1 פיקו פארד המשמעות היא שכל תוספת של 1 פיקו קולון למטען הקבל מגדילה את מתח הקבל ב 1 וולט. בשני הקבלים קיימים מטענים זהים, הקבל שקיבולו קטן יותר המתח עליו יהיה גדול יותר. כיוון שקיבולו של קבל 1 קטן פי 2 מקיבול קבל 2. המתח על קבל 1 גדול פי 2 מהמתח על קבל 2. 2. מעקרונות החיבור הטורי סכום המתחים על הקבלים שווה למתח המקור.	קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$	5.5 – חשב את המתח על כל קבל, זמן רב לאחר סגירת המפסק.	 סוגרים את המפסק וממתנים זמן רב עד לטעינת הקבלים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14832	$U_1 = 8 \cdot 10^{-12}J \quad U_2 = 4 \cdot 10^{-12}J$ עבודת הקבל תלויה ביחס ישר בגודל המטען האגור בקבל וביחס ישר במתח הקבל. שני הקבלים מחוברים בטור - מטען הקבלים זהה. המתח בקבל 1 גדול פי 2 מהמתח בקבל 1, לכן האנרגיה האגורה בקבל 1 גדולה פי 2 מהאנרגיה האגורה בקבל 2.	גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	5.6 – חשב את האנרגיה האגורה בכל קבל, זמן רב לאחר סגירת המפסק.	

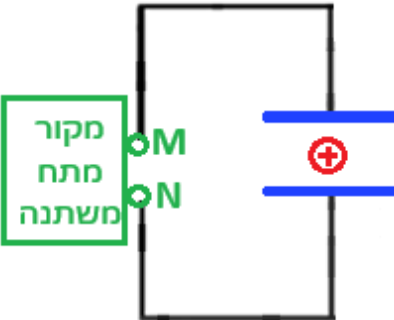
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14833	6. נתונים שני קבלים שונים לא טעונים C_1 ו- C_2 המחוברים באמצעות מפסק למקור מתח בעל כ"מ של 6 וולט והתנגדות פנימית של 1.5 אוהם. המעגל החשמלי מתואר באיור הבא:	6.1 – הסבר כיצד נטענים לוחות הקבלים במקרה זה? מה סימן המטען בכל אחד מארבעת הלוחות	6.2 – מה המתח בכל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק.	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14834	לאחר סגירת המפסק אלקטרונים יצאו מלוחות B ו- C ויכנסו ללוחות A ו- D. לוחות B ו- C יטענו במטען חיובי ולוחות A ו- D יטענו במטען שלילי. כמות המטען היוצאת מלוח C שונה מכמות המטען היוצאת מלוח B. גם כמות המטען הנכנסת ללוח A שונה מכמות המטען הנכנסת ללוח D. בחיבור מקבילי של קבלים שונים מטען הקבלים הוא שונה. $V_{AB1} = 6V$ $V_{AB2} = 6V$ - מעקרונות המעגל המקבילי, בסיום הטעינה, המתח על הקבלים יהיה זהה ושווה למתח המקור. - בחיבור קבלים בטור אנחנו קובעים (ללא חישוב) שמטען הקבלים הוא זהה. בחיבור קבלים במקביל אנחנו קובעים (ללא חישוב) שהמתח על הקבלים הוא זהה ושווה למתח המקור. - כיוון שלאחר טעינת הקבלים אין זרם במעגל, גם כאשר הסוללה לא אידיאלית, והתנגדות המוליכים לא אפסית - בסיום הטעינה מתח הקבלים יהיה שווה למתח כ"מ הסוללה.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14835	$C_T = 3pF$ - הנוסחה לחישוב קיבול שקול של קבלים במקביל מופיעה בדפי הנוסחאות בכתביה מקוצרת. קיבול שקול של קבלים המחוברים במקביל $C_T = \sum C_i$ - הפעולה לחישוב קיבול שקול של קבלים במקביל זהה לפעולת החישוב של נגדים בטור, סכום קיבולי הקבלים שווה לקיבול השקול.	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.	6.3 – חשב את הקיבול השקול של שני הקבלים.

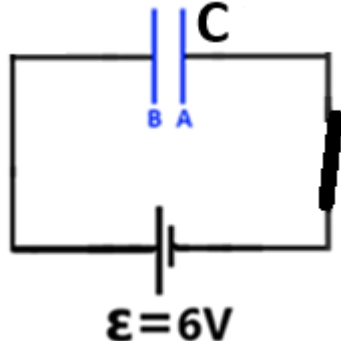


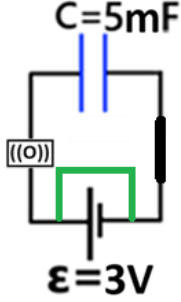
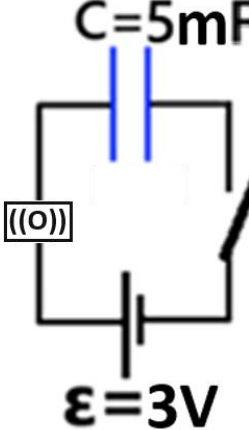
סוגרים את המפסק וממתנים זמן רב עד לטעינת הקבלים.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14836	$Q_1 = 6 \cdot 10^{-12} \text{C} \quad Q_2 = 12 \cdot 10^{-12} \text{C}$ מטען הקבלים שונה כדי שהמתח על הקבלים יהיה זהה.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$	6.4 – חשב את המטען בכל קבל זמן רב לאחר סגירת המפסק.	6. נתונים שני קבלים שונים לא טעונים C_1 ו- C_2 המחוברים באמצעות מפסק למקור מתח בעל כ"מ של 6 וולט והתנגדות פנימית של 1.5 אוהם.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14837	$Q_T = 18 \cdot 10^{-12} \text{C}$ בחיבור קבלים במקביל מטען הקבל השקול שווה לסכום מטעני הקבלים. לעומת זאת בחיבור קבלים בטור מטען הקבלים הוא זהה ושווה למטען הקבל השקול.	קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	6.5 – חשב את המטען בקבל השקול	המעגל החשמלי מתואר באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14838	$U_1 = 18 \cdot 10^{-12} \text{J} \quad U_2 = 36 \cdot 10^{-12} \text{J}$ בסעיף 5.4 ראינו שכאשר קבלים אלו היו מחוברים בטור מטען כל קבל היה רק 4pF. בסעיף 5.5 ראינו שכאשר קבלים אלו היו מחוברים בטור המתח על הקבלים היה קטן יותר, סכום המתחים היה 6 וולט. בחיבור קבלים במקביל המתח על הקבלים גדול יותר ומטען הקבלים גדול יותר. לכן בחיבור קבלים במקביל האנרגיה האגורה בקבלים הרבה יותר גדולה	קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	6.6 – חשב את האנרגיה האגורה בכל קבל, זמן רב לאחר סגירת המפסק.	 סוגרים את המפסק וממתנים זמן רב עד לטעינת הקבלים.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14839	הדק N – חיובי והדק M – שלילי. 1. יש לערוך תרשים כוחות ולקבוע את כיוון הכוח החשמלי. 2. כיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען חיובי זהה לכיוון השדה. 3. כיוון השדה בין הלוחות הוא מהפוטנציאל הגבוה לנמוך. קווי השדה יוצאים מלוח הטעון במטען חיובי ונכנסים ללוח הטעון במטען שלילי.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	7.1- קבע מי מהדקי המקור M או N הוא ההדק החיובי ומי הוא ההדק השלילי?	7. גוף שמסתו 30 גרם הטעון במטען חיובי מרחף בין לוחות קבל אופקיות. הקבל מחובר להדקים M ו-N של מקור מתח משתנה, כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14840	יש להגדיל את מתח המקור. כתוצאה מהגדלת המרחק בין הלוחות השדה החשמלי קטן, הכוח החשמלי קטן ושקול הכוחות הפועל על הגוף הטעון שונה מאפס. לאחר ביצוע השינוי המתאים במתח המקור השדה החשמלי חוזר לגודלו המקורי (לפני שינוי המרחק בין הלוחות) וגודל הכוח חוזר להיות זהה בגודלו למשקל הגוף הטעון.	קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$	7.2- תלמיד הגדיל את המרחק בין הלוחות d. האם יש להגדיל או להקטין את מתח המקור כדי שהגוף הטעון ימשיך לרחף בתוך הקבל?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14841	$E = 100 \frac{N}{C}$ 1. כאשר נתון גרף ויש לחשב ערך הנראה "תלוש" מהשאלה, לרוב הפתרון מבוסס על ערך שיפוע הגרף. 2. בהתאם לערכי הצירים בגרף, למציאת גודל השדה החשמלי יש לכתוב ביטוי למתח הקבל כתלות במרחק d המכיל את מקור כתלות במרחק בין הדקי המקור המכיל את גודל השדה.	גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	7.3- התלמיד שינה את המרחק בין הלוחות ובהתאם שינה את ערך מתח המקור כדי שהגוף הטעון ימשיך לרחף. הגרף הבא מתאר את מתח הדקי המקור כתלות במרחק בין הלוחות.  א- חשב בעזרת הגרף את עוצמת השדה בין הלוחות.	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14845	$q = 3 \cdot 10^{-3} \text{C}$ למציאת מטען הגוף יש לכתוב ביטוי למתח המקור כתלות במרחק בין הדקי המקור המכיל את מטען הגוף.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	ב- חשב בעזרת הגרף את מטען הגוף.	7. גוף שמסתו 30 גרם הטעון במטען חיובי מרחף בין לוחות קבל אופקיות. הקבל מחובר להדקים M ו-N של מקור מתח משתנה, כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14846	מטען הקבל במקרה זה תלוי ביחס ישר וביחס הפוך ב-d. 1. כאשר הקבל מחובר למקור מתח קבוע הגדלת המרחק בין הלוחות גורמת להקטנת מטען הקבל. כאשר המרחק בין לוחות הקבל קבוע והוא מחובר למקור מתח היוצר מתח הולך וגדל מטען הקבל גדל. במקרה זה המרחק בין הלוחות גדל והמתח על הקבל גדל ביחס זהה לכן מטען הקבל לא משתנה. 2. יש לענות על סעיף זה בעזרת המשוואות ולא באופן מילולי. (תשובה מלאה מופיעה בפתרון המלא).	קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון	ג- בניסוי זה המרחק בין לוחות הקבל גדל והמתח גדל בהתאם כך שעוצמת השדה החשמלי לא משתנה. הוכח כי במקרה מיוחד זה למרות שינוי המרחק בין הלוחות מטען הקבל לא משתנה.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14847	האנרגיה האגורה בקבל גדלה האנרגיה הפוטנציאלית חשמלית תלויה ביחס ישר במתח על הקבל ובמטען הקבל.		7.4- האם במהלך הניסוי האנרגיה האגורה בקבל משתנה? נמק.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14848	לא. בין הלוחות קיים שדה אחיד. עוצמת השדה החשמלי זהה בכל נקודה בתוך השדה.		7.5- האם שינוי מיקום הגוף ישפיע על גודל הכוח השקול הפועל על הגוף, הסבר?	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14842	$F_{A,B} = 2.53 \cdot 10^{-8} \text{N}$ 1. מהגדרת השדה ניתן לומר שהכוח שלוח A מפעיל על לוח B שווה לשדה שיוצר לוח A במקום בו נמצא לוח B כפול מטען לוח B. מטען לוח B. 2. הגדרת השדה מתאימה למטען נקודתי, כיוון שפיזור המטען בלוח B הוא אחיד וכיוון שלוח A יוצר שדה אחיד. ניתן להשתמש בהגדרת השדה לחישוב הכוח גם אם לא נתייחס ללוח כאל מטען נקודתי. (קיימת הרחבה והוכחה בפתרון המלא).	$U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$ קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$	8.1 – הלוחות טעונים במטענים זהים בגודלם ושונים בסימונם. מה גודלו וכיוונו של הכוח החשמלי שמפעיל לוח A על לוח B.	8. נתון קבל לוחות המחובר למקור מתח דרך מפסק סגור.  $\varepsilon = 6V$ הלוחות הם לוחות ריבועיים, אורך צלע ריבוע הלוח הוא 5 ס"מ. המרחק בין הלוחות הוא 4 מילימטר.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14843	$F_{B,A} = 2.53 \cdot 10^{-8} \text{N}$ 1. חוקי ניוטון מתקיים בכל כוח ביקום, גם בכוחות החשמליים אותם הוא לא זכה להכיר. 2. גודל הכוח שלוח A מפעיל על לוח B זהה לגודל הכוח שלוח B מפעיל על לוח A. כיוון הכוחות הוא הפוך. 3. לחישוב הכוח הפועל על לוח B יש להשתמש בשדה הנוצר מלוח B ולא בשדה הנוצר משני הלוחות.	קיבול קבל לוחות $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$	8.2 – מה גודל וכיוון הכוח החשמלי שמפעיל לוח B על לוח A.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14844	כוחות המשיכה החשמליים לא ישתנו. 1. לפני פתיחת המפסק עוצמת הזרם במעגל היא אפס. פתיחת המפסק יוצרת נתק במעגל, לא יוצרת שינוי במעגל. 2. כדי שהכוח החשמלי הפועל על לוח ישתנה מטען הלוח צריך להשתנות או השדה החשמלי בו נמצא הלוח צריך להשתנות.	קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון. $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	8.3 – פותחים את המפסק. האם כתוצאה מפתיחת המפסק כוחות המשיכה החשמליים הפועלים בין הלוחות יגדלו יקטנו או לא ישתנו?	

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14853	$I = 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ 1. עוצמת הזרם ההתחלתי היא 20 מיליאמפר, הזרם הדרוש להפעלת הזמזם הוא 10 מיליאמפר. לכן בתחילת הטעינה הזמזם ישמיע קול. 2. במהלך הטעינה המתח על הקבל גדל ועוצמת הזרם קטנה. בעזרת עקרונות מעגל RC טורי ניתן לחשב את הזמן שיעבור מרגע תחילת הטעינה ועד שהזרם יגיע ל 10 מיליאמפר. 3. זרם קטן הנמשך פרק זמן קצר גורם להפעלת זמזם ולא יכול להפעיל נורה, לכן השאלה עוסקת בזמזם.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון. $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	9.1- סוגרים את המפסק והקבל מתחיל להיטען, זרם הטעינה עובר דרך הזמזם. חשב את עוצמת זרם הטעינה התחלתי וקבע אם הזמזם ישמיע קול?	9. זמזם הוא התקן אלקטרוני המשמיע קול גם כאשר עוצמת הזרם דרכו היא קטנה וקצרה. באיור הבא מתואר קבל המחובר למקור מתח אידיאלי דרך מפסק ו- זמזם. התנגדות הזמזם היא 150 אוהם. נסמן את הזמזם באות B.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14854	לא מרגע טעינת הקבל הוא מהווה נתק, לא זורם זרם במעגל. פתיחת המפסק יוצרת נתק במעגל בו לא זורם זרם.		9.2- לאחר שהקבל נטען פותחים את המפסק, האם כתוצאה מפתיחת המפסק הזמזם ישמיע קול?	כדי שהזמזם ישמיע צליל עוצמת הזרם דרכו צריכה להיות גדולה מ 10 מילי מאפר.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14855	כן 1. הקבל נפרק דרך הזמזם, זרם הפריקה מפעיל את הזמזם. 2. מתח הקבל ברגע תחילת הפריקה זהה למתח כ"מ הסוללה, בטעינה ובפריקה ההתנגדות החיצונית של המעגל היא התנגדות הזמזם בלבד. לכן זרם הפריקה ההתחלתי זהה לזרם הטעינה ההתחלתי. 3. ככל שקיבול הקבל גדול יותר כך הוא יאגור יותר מטען וזרם הפריקה ימשך זמן רב יותר. בנושא מעגל RC טורי נעסוק בקשר שבין קיבול הקבל לזמן פריקתו (או טעינתו).		9.3- כאשר הקבל טעון סוגרים את המפסק ומקצרים את מקור המתח כמוראה באיור הבא:  האם הזמזם ישמיע קול?	 לפני סגירת המפסק הקבל לא היה טעון.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14856	$I_{B1} = 40\text{mA}$ $I_{B2} = 0\text{mA}$ רק זמזם 1 יפעל.	1. קבל לא טעון מהווה קצר, לכן ברגע סגירת המפסק הקבל מקצר את זמזם 2 - זמזמם 2 לא יפעל.	2. ברגע סגירת המפסק המתח על זמזם 1 יהיה שווה למתח המקור.	3. בזמן טעינת הקבל המתח על הקבל גדל ושווה למתח על זמזם 2. (השאלה עוסקת ברגע סגירת המפסק)
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14857	$I_{B1} = 20\text{mA}$ $I_{B2} = 20\text{mA}$ שני הזמזמים יפעלו.	1. קבל טעון מהווה נתק, לאחר טעינת הקבל מתקבל מעגל טורי המורכב משני זמזמים. במעגל יזרום זרם קבוע.	2. כדי לקבוע אם הקבלים יפעלו יש לחשב את עוצמת הזרם דרכם, ולהשוות את ערך הזרם המחושב לזרם הדרוש להפעלת הזמזם.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14858	$I_{B1} = 0\text{mA}$ $I_{B2} = 40\text{mA}$	1. המפסק הפתוח יוצר נתק במעגל. זמזם 2 מחובר במקביל לקבל הטעון. הקבל הטעון נפרק דרך זמזם 2.	2. כתוצאה מהנתק לא יזרום זרם דרך זמזם 1.	3. כאשר המפסק סגור הקבל לא נפרק, הוא מחובר במקביל למקור המתח, המתח על הקבל שווה למתח המקור.
<u>לסיכום:</u> ברגע סגירת המפסק רק זמזם 1. לאחר טעינת הקבל גם זמזם 2 פועל. שני הזמזמים פועלים באופן קבוע. ברגע פתיחת המפסק הקבל נפרק דרך זמזם 2. זמזם 2 פועל לזמן קצר.				

קיבול גוף מוליך טעון

$$C = \frac{Q}{V}$$

קיבול קבל

$$C = \frac{Q}{V_{AB}}$$

קיבול קבל לוחות

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

קיבול שקול בחיבור טורי

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ..$$

קיבול שקול בחיבור מקבילי

$$C_T = C_1 + C_2 + ..$$

גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל

$$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

אנרגיה של קבל לוחות טעון.

$$U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$$

10.1 – סוגרים את המפסק ונוצר זרם במעגל הטוען את הקבל.

חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים ברגע סגירת המפסק (רגע תחילת טעינת הקבל). קבע מי מהזמזמים יפעל ברגע זה.

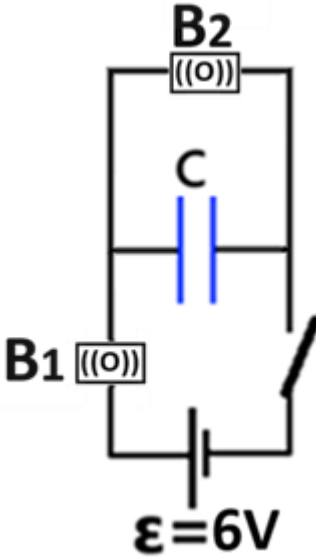
10.2 – חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים זמן רב לאחר סגירת המפסק (כאשר הקבל טעון). קבע מי מהזמזמים יפעל לאחר טעינת הקבל.

10.3 – כאשר הקבל טעון פותחים את המפסק.

חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים ברגע פתיחת המפסק.

קבע מי מהזמזמים יפעל לאחר טעינת הקבל.

10. במעגל הבא משולבים שני זמזמים המחוברים למקור מתח אידיאלי, קבל ומפסק.



קיבול הקבל 5 מילי פארד.

התנגדות הזמזם היא 150 אוהם. נסמן את הזמזמם באות B.

כדי שהזמזם ישמיע צליל עוצמת הזרם דרכו צריכה להיות גדולה מ 10 מילי מאפר.

לפני סגירת המפסק הקבל לא טעון.

https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14859	$I_{B1} = 40\text{mA}$ $I_{B2} = 40\text{mA}$ שני הזמזמים יפעלו. 1. קבל לא טעון מהווה קצר, לכן ברגע סגירת המפסק מתקבל מעגל מקבילי. 2. ברגע סגירת המפסק המתח על זמזם 1 זהה למתח על זמזם 2 ושווה למתח המקור.	קיבול גוף מוליך טעון $C = \frac{Q}{V}$ קיבול קבל $C = \frac{Q}{V_{AB}}$ קיבול קבל לוחות $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$ גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון. $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	11.1 – סוגרים את המפסק ונוצר זרם במעגל הטוען את הקבל. חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים ברגע סגירת המפסק (רגע תחילת טעינת הקבל). קבע מי מהזמזמים יפעל ברגע זה.	במעגל הבא משולבים שני זמזמים המחוברים למקור מתח אידיאלי, קבל ומפסק.
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14860	$I_{B1} = 40\text{mA}$ $I_{B2} = 0\text{mA}$ רק זמזם 2 יפעל. קבל טעון מהווה נתק, לאחר טעינת הקבל מתקבל מעגל בו זמזם 2 מחובר ישירות למקור המתח. זמזם 1 מנותק.	קיבול שקול בחיבור טורי $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ קיבול שקול בחיבור מקבילי $C_T = C_1 + C_2 + \dots$	11.2 – חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים זמן רב לאחר סגירת המפסק (כאשר הקבל טעון). קבע מי מהזמזמים יפעל לאחר טעינת הקבל.	קיבול הקבל 5 מילי פארד. התנגדות הזמזם היא 150 אוהם. נסמן את הזמזם באות B.
https://moodle.youcubecol/mod/book/view.php?id=5859&chapterid=14861	$I_{B1} = 20\text{mA}$ $I_{B2} = 20\text{mA}$ 1. המפסק הפתוח יוצר נתק במעגל. הקבל הטעון נפרק דרך שני הזמזמים המחוברים בטור. 2. ברגע סגירת המפסק הזמזמים מחוברים במקביל, וברגע פתיחת המפסק הם מחוברים בטור. לסיכום: ברגע סגירת הפסק שני הזמזמים פועלים בזרם גבוה. לאחר טעינת הקבל רק זמזם 2 ממשיך לפעול. ברגע פתיחת המפסק הקבל נפרק דרך שני הזמזמים הם פועלים זמן קצר.	גודל שדה חשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ אנרגיה של קבל לוחות טעון. $U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{AB}^2$	11.3 – כאשר הקבל טעון פותחים את המפסק. חשב את עוצמת הזרם דרך כל אחד מהזמזמים ברגע פתיחת המפסק. קבע מי מהזמזמים יפעל לאחר טעינת הקבל.	כדי שהזמזם ישמיע צליל עוצמת הזרם דרכו צריכה להיות גדולה מ 10 מילי מאפר. לפני סגירת המפסק הקבל לא טעון.

פסיפס שדה מגנטי

סיכום פסיפס שדה מגנטי - הגדרות פיתוח דוגמאות דגשים ותקפות

Cube-46

גודל הכוח
המגנטי
הפועל על
מטען
הנע בשדה
מגנטי.

שאלות 1-8

על מטען הנע בתוך שדה מגנטי פועל כוח מגנטי, גודל הכוח המגנטי תלוי במהירות החלקיק במטענו בעוצמת השדה המגנטי בו החלקיק נע ובכיוון תנועת החלקיק בהתאם לביטוי הבא:

$$F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$$

הביטוי פותח מניסויים שהראו שהכוח המגנטי תלוי ביחס ישר במטען החלקיק (q) במהירותו (V) ובגודל השדה המגנטי (B) בתוכו נע החלקיק, ובהתאם לסינוס הזווית שבין כיוון תנועת החלקיק ביחס לכיוון השדה.

מביטוי גודל הכוח המגנטי כאשר המטען נע בכיוון השדה המגנטי ($\alpha = 0^\circ$), לא פועל כוח מגנטי על המטען הנע. וכאשר המטען נע בניצב לשדה המגנטי ($\alpha = 90^\circ$) פועל עליו כוח מגנטי מקסימלי.

1. הביטוי מתאר רק את גודל הכוח המגנטי ולא את כיוונו.
(ניתן למצוא את כיוון הכוח המגנטי בהתאם לכיוון תנועת המטען וכיוון השדה המגנטי בעזרת כלל יד שמאל כפי שמופיע בהמשך).

2. מטען נע יוצר שדה מגנטי. ככל שמהירות החלקיק ומטענו גדולים יותר כך החלקיק הנע יוצר שדה מגנטי גדול יותר והאינטראקציה בין השדה הנוצר מהחלקיק הנע ומהשדה בו נע החלקיק תהיה גדולה יותר - יפעל כוח מגנטי גדול יותר.

הרחבה: ביטוי גודל הכוח המגנטי הוא תיאור חלקי של כוח לורנץ. ניתן לבטא את הכוח המגנטי בגודלו ובכיוונו בעזרת המשוואה הווקטורית הבאה:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{V} \times \vec{B}$$

בלימודי התיכון, אנו משתמשים בביטוי הכוח המגנטי כמשוואה סקלרית למציאת גודל הכוח המגנטי, ובכלל יד שמאל כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי.

בביטוי גודל הכוח המגנטי יש להתייחס לערכו המוחלט של המטען הנע.

השדה המגנטי הוא וקטור המתאר תכונה של נקודה במרחב. הוא מוגדר באמצעות מטען בוחן (q) הנע במהירות (V) בכיוון α ביחס לשדה המגנטי. הגדרת גודל השדה המגנטי בנקודה היא:

$$B = \frac{F}{q \cdot v \cdot \sin(\alpha)}$$

מהגדרת גודל השדה המגנטי יחידות השדה המגנטי הן: $\left[\frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} \right]$. יחידות השדה המגנטי נקראת בקיצור "טסלה" [T].

הגדרת גודל השדה המגנטי מתקבלת מהגדרת הכוח המגנטי.

דוגמה: נתון גוף הטעון במטען שגודלו 4 קולון החולף בנקודה A בניצב לכיוון השדה המגנטי ($\alpha = 90^\circ$) במהירות 5 מטר לשנייה. כאשר הגוף הטעון חולף בנקודה A פועל עליו כוח מגנטי שגודלו 80 ניוטון. נחשב את גודל השדה המגנטי מהגדרת גודל השדה המגנטי:

$$B = \frac{F}{q \cdot V \cdot \sin(\alpha)} = \frac{80}{4 \cdot 5 \cdot \sin(90)} = \frac{80}{20} = 4 \text{ T}$$

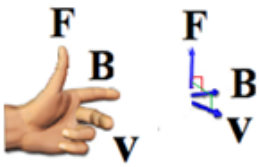
1. הגדרת גודל השדה המגנטי דומה להגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$.

מכיוון שהכוח המגנטי פועל רק על מטען נע, הגדרת השדה המגנטי עוסקת גם במהירות המטען (V) ובכיוונו (α) ביחס לשדה המגנטי.

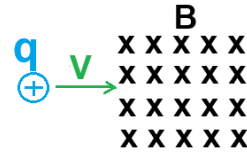
2. השדה המגנטי בנקודה שווה לאחד טסלה אם מטען שגודלו 1 קולון חולף בנקודה במהירות 1 מטר לשנייה, בניצב לכיוון השדה ופועל על המטען בנקודה כוח מגנטי שגודלו 1 ניוטון.

3. כיוון השדה המגנטי בנקודה הוא הכיוון אליו מורה מחט המצפן באותה נקודה.

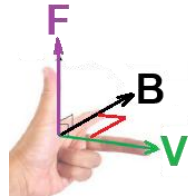
ניתן להשתמש בהגדרת גודל השדה המגנטי לכל סוג של שדה מגנטי.

Cube-46 סימון כיוון השדה מגנטי	נוח לתאר את השדה המגנטי בכיוון ניצב לדף (לתוך הדף או החוצה מהדף), ובהתאם לתאר את כיוון הכוח המגנטי הפועל על המטען ואת כיוון מהירות המטען במישור הדף. הסימונים המקובלים לתיאור השדה המגנטי הם: X - סימון קו שדה שכיוונו לתוך הדף. ⊙ - סימון קו שדה שכיוונו החוצה מהדף. לדוגמה: באיור הבא מימין מתואר אזור בו קיים שדה מגנטי שכיוונו החוצה ממישור הדף, ומשמאלו אזור בו קיים שדה מגנטי שכיוונו פנימה לתוך הדף. XXXXX XXXXX XXXXX ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙ ⊙
Cube-46 כלל יד שמאל שאלות 10-23	כלל יד שמאל משמש למציאת כיוון הכוח המגנטי, בהתאם לכיוון השדה המגנטי ולכיוון תנועת המטען החיובי. למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי יש לבצע את הפעולות הבאות: א- יש למקם את שלושת האצבעות ביד שמאל כך שהאגודל יהיה ניצב לכיוון האמה ולכיוון האצבע כמוראה באיור הבא:  ב- יש לכוון את האצבע בכיוון השדה המגנטי ולסובב את כף יד שמאל, (מבלי לשנות את הכיוון היחסי של שלושת האצבעות) כך שהאמה תצביע בכיוון תנועת המטען (כיוון וקטור המהירות). ג- כאשר האצבע מצביעה בכיוון השדה המגנטי והאמה מצביעה בכיוון וקטור המהירות - האגודל מצביע בכיוון הכוח המגנטי הפועל על המטען. כך בהינתן כיוון השדה המגנטי וכיוון תנועת המטען ניתן להשתמש בכלל יד שמאל כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי. הכיוון היחסי של שלושת הווקטורים $\vec{F}$, $\vec{B}$ ו- $\vec{v}$ הוא קבוע לכן ניתן להמחיש בצורה ויזואלית את שלושת הכיוונים באמצעות אצבעות כף יד שמאל.

דוגמה: נתון מטען חיובי הנכנס לשדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף, כמוראה באיור הבא.



ברגע שהמטען נכנס לשדה המגנטי פועל עליו כוח מגנטי. כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על המטען נשתמש בכלל יד שמאל כיוון האצבע בכיוון השדה המגנטי פנימה לתוך הדף, נסובב את כף היד כך שכיוון האמה יהיה ימינה בכיוון וקטור המהירות. במצב זה כיוון האגודל הוא כלפי מעלה, כפי שניתן לראות באיור הבא:



לכן בהתאם לכלל יד שמאל ניתן לקבוע שכיוון הכוח המגנטי הוא כלפי מעלה.

1. כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען שלילי הפוך לכיוון הכוח הפועל על מטען חיובי. כך למשל בדוגמה המתוארת כאשר מטען שלילי ינוע ימינה ויכנס לשדה המגנטי יפעל עליו כוח מגנטי כלפי מטה.
 2. כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על המטען השלילי ניתן להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.
 3. נושא השדה המגנטי הוא פשוט יחסית, אין פוטנציאל מגנטי ואין שיקולי אנרגיה במגנטיות, חשוב לשלוט בכלל יד שמאל (ובכללים דומים נוספים) לשם כך חשוב לתרגל את cube-46 ואת הפרקטיקות של שדה מגנטי.
 4. לפני שימוש בכלל יד שמאל יש לקבוע את האצבעות בהתאם לכלל. בסיבוב כף היד חשוב לא לשנות את הכיוון היחסי של שלושת האצבעות.
 5. אם נתון כיוונו של הכוח המגנטי וכיוונו של אחד משני הווקטורים האחרים ניתן למצוא את כיוונו של הווקטור הלא נתון בעזרת כלל יד שמאל. כך למשל בדוגמה הנתונה אם נתון שכיוון הכוח המגנטי הפועל על המטען הוא כלפי מעלה וכיוון תנועת המטען הוא ימינה, מכלל יד שמאל כיוון השדה המגנטי הוא פנימה.
 6. כיוון שהכוח המגנטי פועל תמיד בניצב לכיוון תנועת המטען, כאשר מטען נע בהשפעת הכוח המגנטי בלבד הוא ינוע בתנועה מעגלית.
 7. קיימים כללים נוספים העושים שימוש בכף היד למציאת הכוח המגנטי, אנחנו נעסוק בכלל יד שמאל. אין צורך להכיר יותר מכלל אחד.
- ניתן להשתמש בכלל יד שמאל לכל תנועת מטען או גוף טעון הנע בתוך שדה מגנטי.**

כאשר גוף טעון נכנס לשדה מגנטי בניצב לכיוון השדה המגנטי, המטען ינוע בתנועה מעגלית קצובה במישור הניצב לשדה. ביטוי רדיוס המסלול הוא:

$$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$$

ניתן לפתח את ביטוי רדיוס המסלול ממשוואת התנועה המעגלית. נתייחס למטען חיובי הנע בתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוף הדף, על המטען בפועל כוח מגנטי בהתאם לכלל יד שמאל לכיוון נקודת מרכז הסיבוב. כמראה באיור הבא:



נכתוב את משוואת התנועה המעגלית ונבטא ממנה את רדיוס המסלול, נתייחס למטען הנע בניצב לשדה המגנטי:

$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$$

$$B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) = \frac{m \cdot V^2}{R}$$

דוגמה: נתון כדור שמסתו 2 ק"ג הטעון במטען חיובי שגודלו 0.2 קולון. הכדור נע בשדה מגנטי שגודלו 5 טסלה בתנועה מעגלית קצובה במישור הניצב לשדה המגנטי. מהירות הכדור היא 10 מטר לשנייה. נחשב את רדיוס מסלול תנועת הכדור.

$$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q} = \frac{2 \cdot 10}{5 \cdot 0.2} = \frac{20}{1} = 20m$$

1. מהביטוי ניתן לראות שככל שמהירות הגוף הטעון גדולה יותר כך רדיוס מסלולו גדול יותר.
2. ביטוי רדיוס המסלול לא נתון בדפי הנוסחאות. לפני שימוש בביטוי יש לפתח את הביטוי ממשוואת התנועה המעגלית.
3. המהירות המופיעה בצד הימני של משוואת התנועה היא מהירות התנועה המעגלית והמהירות המופיעה בצד השמאלי של המשוואה היא מהירות הגוף הטעון. רק כאשר הגוף הטעון נע בניצב לשדה המגנטי מהירויות אלו הן זהות.
4. הכוח המגנטי פועל על הגוף הטעון בניצב לכיוון תנועת המטען, מהגדרת העבודה הכוח המגנטי לא מבצע עבודה ולא משנה את גודל מהירות הגוף. גודל המהירות שבה הגוף הטעון נכנס לשדה המגנטי שווה לגודל מהירות תנועתו המעגלית בשדה.
5. הפתרון של חלק גדול משאלות הבגרות בנושאי השדה המגנטי מבוסס על ביטוי זמן המחזור ועל ביטוי רדיוס המסלול.

ביטוי זה של רדיוס המסלול מתאים רק למקרה שבו המטען נכנס לשדה המגנטי בניצב לשדה המגנטי ונע בתנועה מעגלית קצובה. כאשר המטען לא נכנס בניצב לשדה הוא לא נע בתנועה מעגלית קצובה במישור אחד, הוא נע בתנועה בורגית (ספירלית) כפי שנראה בהמשך.

כאשר גוף טעון נכנס לשדה מגנטי בניצב לכיוון השדה המגנטי, המטען ינוע בתנועה מעגלית קצובה במישור הניצב לשדה. ביטוי זמן המחזור הוא:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$$

ניתן לפתח את ביטוי זמן המחזור ממשוואת התנועה המעגלית.

נתייחס למטען חיובי הנע בתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף. על המטען בפועל כוח מגנטי בהתאם לכלל יד שמאל לכיוון נקודת מרכז הסיבוב. כמוראה באיור הבא:



נכתוב את משוואת התנועה המעגלית ונבטא ממנה את זמן המחזור:

$$\begin{aligned} \Sigma F_R &= m \cdot \omega^2 \cdot R \\ B \cdot q \cdot v \cdot \sin(90) &= m \cdot \omega^2 \cdot R \Rightarrow \omega = \frac{B \cdot q}{m} \Rightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q} \\ B \cdot q \cdot \omega \cdot R &= m \cdot \omega^2 \cdot R \Rightarrow \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{B \cdot q}{m} \end{aligned}$$

דוגמה: נתון כדור שמסתו 2 ק"ג הטעון במטען חיובי שגודלו 0.2 קולון. הכדור נע בשדה מגנטי שגודלו 5 טסלה בתנועה מעגלית קצובה במישור הניצב לשדה המגנטי. מהירות הכדור היא 10 מטר לשנייה. נחשב את זמן המחזור של תנועת הכדור.

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2}{5 \cdot 0.2} = \frac{12.56}{1} = 12.56s$$

1. מהביטוי ניתן לראות שזמן המחזור של תנועת החלקיק לא תלוי במהירות הגוף. הסיבה לכך היא שככל שמהירות הגוף גדולה יותר כך רדיוס המסלול גדול יותר ובהתאם היקף המסלול גדול יותר. כיוון שהגדלת המהירות גורמת להגדלת אורך המסלול זמן תנועת החלקיק לאורך הקפה שלימה לא משתנה.
 2. חשוב לזכור שאת פיתוח ביטוי רדיוס המסלול יש לפתח בעזרת המהירות הקווית, ואת פיתוח זמן המחזור יש לפתח בעזרת המהירות הזוויתית.
 3. כאשר המטען לא נע לאורך מסלול שלם בתוך השדה המגנטי, זמן תנועת המטען נקבע באופן יחסי לאורך מסלול תנועתו. כך למשל אם החלקיק נע לאורך רבע מסלול זמן תנועת החלקיק יהיה רבע זמן מחזור.
 4. בביטוי רדיוס המסלול וזמן המחזור יש להתייחס לערך המוחלט של המטען הנע.
- ביטוי זה של זמן המחזור מתאים למטען הנע בתנועה מעגלית קצובה.

Cube-46

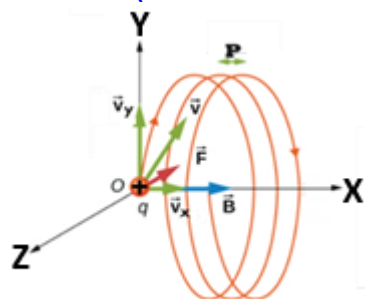
תנועה
בורגית

שאלות 25-26

כאשר מטען נכנס לשדה מגנטי בכיוון שהוא לא ניצב לשדה, המטען לא ינוע בתנועה מעגלית קצובה. הוא ינוע בתנועה בורגית (תנועה ספירלית). בהתאם לעיקרון אי תלות התנועות ניתן לנתח את התנועה הבורגית כשילוב של שתי תנועות בלתי תלויות. תנועה בכיוון השדה - המטען נע בתנועה במהירות קבועה בקו ישר. תנועה בכיוון ניצב לשדה - המטען נע בתנועה מעגלית קצובה.

בתנועה בורגית מרחק הפסיעה P הוא המרחק שהחלקיק עובר בכיוון השדה המגנטי במשך זמן מחזור אחד של התנועה בכיוון הניצה לשדה.

דוגמה: חלקיק הטעון במטען חיובי נכנס לשדה המגנטי בנקודת ראשית הציר בזווית α מעל השדה המגנטי (הזווית α שונה מ-90 מעלות). כיוון שהחלקיק לא נכנס לשדה המגנטי בניצב לכיוון השדה החלקיק ינוע בתנועה בורגית. נתאר את התנועה ביחס למערכת צירים ונסמן בתרשים את מרחק הפסיעה P .



החלקיק נע בתנועה בורגית סביב ציר ה- X . תנועת החלקיק מתוארת באיור הבא. כיוון השדה מגנטי הוא ימינה בכיוון ציר X . מהירות כניסת החלקיק לשדה מתוארת בעזרת הוקטור ירוק. כיוון הכוח המגנטי (בהתאם לכלל יד שמאל) הוא בכיוון השלילי של ציר ה- Z , הכוח מסומן בתרשים על ידי הוקטור האדום.

הפסיעה מתואר בביטוי הבא:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{B \cdot q}$$

ניתן לפתח את ביטוי מרחק הפסיעה מתנועת החלקיק בעזרת עיקרון אי תלות התנועות. בכיוון השדה החלקיק נע במהירות קבועה. נשתמש בפונקציית מקום זמן המתאימה לתנועה במהירות קבועה ונבטא את המרחק P שעובר המטען בכיוון השדה במשך זמן מחזור אחר:

$$P = V_x \cdot T$$

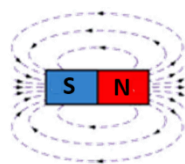
נציב את ביטוי זמן המחזור, ונכתוב בצורה מפורשת את רכיב המהירות בכיוון השדה המגנטי (בכיוון ציר ה- X)

$$P = V_x \cdot T$$

$$\Rightarrow P = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{B \cdot q}$$

$$P = V \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$$

1. הכוח המגנטי פועל במישור- YZ , אין לכוח השפעה על תנועת החלקיק בכיוון ציר X . לכן ניתן להשתמש בעיקרון אי תלות התנועות.
 2. בכיוון ציר X החלקיק נע במהירות קבועה. במישור YZ החלקיק נע בתנועה מעגלית קצובה. התנועה הבורגית היא שילוב של שתי תנועות אלו.
- ביטוי מרחק הפסיעה לא נתון בדפי הנוסאות חשוב להבין את העקרונות ולדעת כיצד לפתח את הביטוי.
- תנועה בורגית נוצרת כאשר המטען לא נע בניצב לשדה וגם לא נע בכיוון השדה (כאשר המטען נע בכיוון השדה לא פועל עליו כוח מגנטי).

Cube-46**גוף מגנטי****שאלות 27-29**

גוף מגנטי הוא גוף היוצר שדה מגנטי בסביבתו.
לכל גוף מגנטי יש שני קטבים מגנטיים: קוטב צפוני (N) וקוטב דרומי (S).
קווי השדה הם קווים סגורים היוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי, כפי שניתן לראות באיור הבא:
בין קטבים זהים פועל כוח דחייה מגנטי, ובין קטבים שונים פועל כוח משיכה מגנטי.

כיוון קווי השדה המגנטי בכל נקודה הם בכיוון אליו מורה מחט המצפן בכל נקודה בסביבת המגנט.

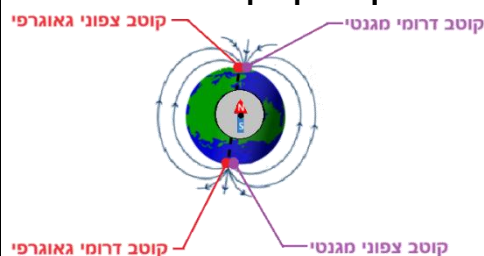
דוגמה: נתונים שני איורים של זוגות מגנטיים איור א' ואיור ב'



באיור א' הקטבים המגנטיים הסמוכים הם שונים לכן המגנטיים נמשכים זה לזה. באיור ב' הקטבים הסמוכים הם זהים לכן המגנטיים נדחים.

1. השדות המגנטיים נוצרים בסביבתם של מגנטים כתוצאה מתנועה מסודרת של אלקטרונים הנעים בתוך השדה המגנטי. בגופים לא מגנטיים לא נוצר שדה מגנטי כיוון שהאלקטרונים בתוך גופים לא מגנטיים נעים בצורה לא מסודרת.
2. בהתאם לתוכנית הלימודים אנחנו עוסקים בנושא הגופים המגנטיים בצורה מצומצמת.
3. חשוב לזכור שקווי השדה המגנטי יוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי המגנטי.
4. לא קיים גוף מגנטי שהוא בעל קוטב אחד בלבד, לכל גוף מגנטי יש שני קטבים.

בסביבתו של כל גוף מגנטי יש קווי שדה מגנטי היוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי.

Cube-46**השדה
המגנטי של
כדור הארץ****שאלות 30-32**

כדור הארץ הוא גוף מגנטי, לכן בנוסף לקטבים הגיאוגרפיים יש לכדור הארץ גם קטבים מגנטיים.
קווי השדה המגנטי יוצאים מכדור הארץ מהקוטב הדרומי הגיאוגרפי ונכנסים לכדור הארץ לקוטב הצפוני הגיאוגרפי. לכן בסמוך לקוטב הצפוני הגיאוגרפי נמצא הקוטב הדרומי המגנטי ובסמוך לקוטב הדרומי הגיאוגרפי נמצא הקוטב הצפוני המגנטי.

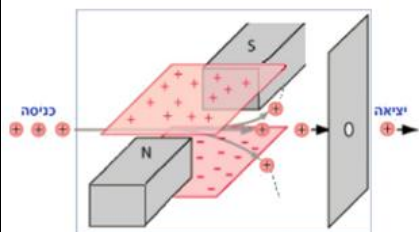
1. מחט המצפן היא גוף מגנטי, ראש מחט המצפן הוא קוטב מגנטי צפוני לכן מחט המצפן מצביע לקוטב הדרומי המגנטי הנמצא בקוטב הצפוני הגיאוגרפי, כך מחט המצפן מצביעה לצפון.
2. גודל השדה המגנטי של כדור הארץ משתנה ממקום למקום, גודלו הממוצע הוא כ- 40 מיקרו טסלה.
3. כיוון השדה המגנטי של כדור הארץ משתנה. הזווית שבין כיוון קווי השדה לאופק נקראת זווית רכינה. באזור הקטבים זווית הרכינה שווה בקירוב ל 90 מעלות. ובאזור קו המשווה זווית הרכינה היא אפס.
4. במנגנוני מצפנים נפוצים מחט המצפן יכולה לנוע באופן חופשי במישור המצפן בלבד, לכן היא מושפעת רק מהרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ ולא מהרכיב האנכי של השדה.

הרחבה:

- א. לשדה המגנטי של כדור הארץ תפקידים רבים, בין השאר הוא מגן על כדור הארץ מחלקיקים טעונים המגיעים אליו מהשמש במהירות גדולה (רוחות סולאריות) השדה המגנטי מסיט אותם ובכך מונע פגיעה בכדור הארץ.
- ב. בליבת כדור הארץ קיים נוזל טעון שנמצא כל הזמן בתנועה, תנועת הנוזל הטעון יוצרת את השדה המגנטי.
- ג. הקטבים המגנטיים של כדור הארץ כל הזמן משנים את מיקומם פעם הם היו הפוכים (מחט מצפן הצביעה לדרום).

בדומה לכל גוף מגנטי גם לכדור הארץ יש שני קטבים מגנטיים, קווי השדה המגנטי יוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי המגנטי.

ייעוד המכשיר: לבורר המהירויות נכנסים מטענים במהירויות שונות ויוצאים ממנו (דרך חריר יציאה) רק מטענים בעלי מהירות רצויה.



אופן פעולה: בתוך בורר המהירויות קיימים שני שדות ניצבים שדה מגנטי ושדה חשמלי. כאשר מטענים נכנסים לתוך השדות פועלים עליהם שני כוחות נגדיים כוח מגנטי וכוח חשמלי.

החלקיקים שנכנסים לבורר סוטים מכיוונם המקורי ולא יוצאים דרך חריר היציאה למעט חלקיקים שמהירותם היא המהירות הרצויה.

באיור מתוארים שלושה חלקיקים הטעונים במטען חיובי, החלקיקים נכנסים לבורר במהירויות שונות. החלקיק שמהירותו גדולה מהמהירות הרצויה מוסט כלפי מעלה. החלקיק שמהירותו קטנה מהמהירות הרצויה מוסט כלפי מטה ורק חלקיק הנע במהירות הרצויה מתמיד בתנועתו, נע בקו ישר ויצא מחריר היציאה.

המהירות הרצויה תלויה רק ביחס שבין השדה החשמלי לשדה המגנטי כמתואר באיור הבא:

$$V = \frac{E}{B}$$

ניתן לפתח את ביטוי המהירות הרצויה ממשוואת התנועה של חלקיק המתמיד בתנועתו.
נערוך תרשים כוחות, נכתוב את משוואת התנועה ובטא ממנה את המהירות הרצויה של הבורר:



$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ F_B &= F_E \\ B \cdot q \cdot V \cdot \sin(90) &= E \cdot q \\ B \cdot V &= E \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad V = \frac{E}{B}$$

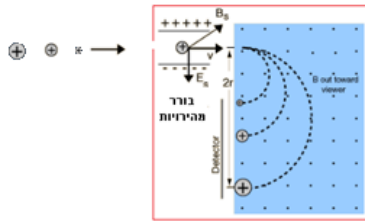
דוגמה: חלקיקים טעונים נכנסים במהירויות שונות לבורר מהירויות, עוצמת השדה החשמלי בבורר הוא 20 ניוטון לקולון ועוצמת השדה המגנטי היא 4 טסלה, נחשב בעזרת הביטוי את ערך המהירות הרצויה, המהירות של החלקיקים שיצאו מהבורר.

$$V = \frac{E}{B} = \frac{20}{4} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1. הכוח החשמלי פועל בכיוון הפוך לכיוון הכוח המגנטי גם כאשר מטען החלקיק הוא חיובי וגם כאשר הוא שלילי, לכן ניתן להשתמש בכל בורר מהירויות נתון לחלקיקים הטעונים במטען חיובי וגם לחלקיקים הטעונים במטענים שליליים.
2. משקל החלקיקים הוא זניח ביחס לכוח החשמלי והכוח המגנטי, לכן ניתן להשתמש בבורר מהירויות לחלקיקים בלי מסות שונים.
3. הכוח החשמלי הוא קבוע בגודלו הכוח המגנטי תלוי במהירות הגוף לכן קיימת רק מהירות אחת שבה החלקיק יתמיד בתנועתו.
4. כדי לייצר אלומת חלקיקים במהירות דרושה מספיק לשנות את הגודל של אחד מהשדות.
נוח לשנות את השדה החשמלי על ידי שינוי הפוטנציאלים של הלוחות.

כל שני שדות מגנטי וחשמלי הניצבים זה לזה יכולים לפעול כבורר מהירויות, גם אם המושג בורר מהירויות לא מוזכר במפורש.

ייעוד המכשיר: לספקטרוגרף נכנסים חלקיקים בעלי מהירות זהה ומטען זהה. כל חלקיק מנותב למקום שונה בגלאי בהתאם למסת החלקיק. לכן ממיקום נקודת פגיעת החלקיק בגלאי ניתן להעריך באופן יחסי את מסתו.



אופן פעולה: בתוך הספקטרוגרף קיים שדה מגנטי אחיד. החלקיקים הנכנסים לספקטרוגרף נעים במישור הניצב לכיוון השדה המגנטי לאורך חצי הקפה ובסיום תנועתם הם פוגעים בגלאי כפי שניתן לראות באיור.

מביטוי רדיוס המסלול $R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$ כיוון שלכל החלקיקים יש מהירות זהה ומטען זהה, רדיוס מסלול תנועתם תלוי ביחס ישר במסתם. לכן נקודת הפגיעה מייצגת את מסת החלקיקים באופן יחסי.

דוגמה: נתונים שני חלקיקים שהם גרעיני הליום, חלקיק אחד נקרא חלקיק אלפא והחלקיק השני נקרא חלקיק הליון (helion). נסמן את חלקיק אלפא כחלקיק מספר 1 ואת חלקיק הליון כחלקיק מספר 2. נתונים מסות החלקיקים ומטעניהם:

$$q_2 = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad m_2 = 5 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad q_1 = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad m_1 = 6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

שני החלקיקים נכנסים לספקטרוגרף מסות במהירות זהה שגודלה 320,000 מטר לשנייה. עוצמת השדה המגנטי בספקטרוגרף הוא 2 טסלה. נחשב את רדיוס מסלול התנועה של כל חלקיק.

$$R_1 = \frac{m_1 \cdot V}{B \cdot q} = \frac{6.64 \cdot 10^{-27} \cdot 32 \cdot 10^4}{2 \cdot 3.2 \cdot 10^{-19}} = \frac{2.124 \cdot 10^{-21}}{6.4 \cdot 10^{-19}} = 3.32 \text{ mm}$$

$$R_2 = \frac{m_2 \cdot V}{B \cdot q} = \frac{5 \cdot 10^{-27} \cdot 32 \cdot 10^4}{2 \cdot 3.2 \cdot 10^{-19}} = \frac{1.6 \cdot 10^{-21}}{6.4 \cdot 10^{-19}} = 2.5 \text{ mm}$$

מסת חלקיק 1 גדולה פי 1.3 ממסת חלקיק 2, בהתאם רדיוס מסלול 1 גדול פי 1.3 מרדיוס מסלול 2.

1. מסת החלקיקים היא מאוד קטנה, כדי שניתן יהיה למצוא את מסת החלקיקים הומצא הספקטרוגרף מסות.
2. כדי שכל החלקיקים יכנסו במהירות זהה לספקטרוגרף, לפני כניסתם הם עוברים דרך בורר מהירויות.

ניתן לבטא את מהירות החלקיק בבורר בהתאם ליחס השדות בבורר \$E_S\$ ו-\$B_S\$.
נסמן את השדה המגנטי בספקטרוגרף ב-\$B\$:

$$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q} = \frac{m \cdot \frac{E_S}{B_S}}{B \cdot q} = \frac{m \cdot E_S}{B_S \cdot B \cdot q}$$

3. מיקום הגלאי קובע אם הספקטרוגרף מתאים לחלקיקים הטעונים חיובי או במטען שלילי (בהתאם לכלל יד שמאל).
4. אם החלקיקים הנכנסים לספקטרוגרף הם גם בעלי מטען שונה, ניתן למצוא בעזרת הספקטרוגרף את היחס מסה למטען של כל חלקיק.

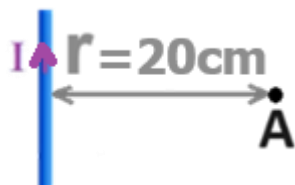
נתייחס לכל שדה מגנטי המשמש למציאת מסת חלקיק הנע בתוכו (בהתאם לרדיוס המסלול) כאל ספקטרוגרף.

Cube-47

גודל שדה
מגנטי
בנקודה
הנמצאת
בסמוך
למוליך ישר
וארוך נושא
זרם.

גודל השדה המגנטי בכל נקודה בסביבתו של מוליך ישר נושא זרם תלוי ביחס הפוך במרחק הנקודה מהמוליך r וביחס ישר בעוצמת הזרם במוליך I .
כפי שמתואר בביטוי הבא:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$



μ_0 - הוא קבוע הנקרא מקדם החלחלות (פרמביליות) של שדה מגנטי בריק (ואקום) וערכו $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

הביטוי מפותח בעזרת עקרונות פיזיקליים שלא נלמדים בלימודי התיכון.

דוגמה: נתונה נקודה A הנמצאת במרחק 20 ס"מ ממוליך ישר נושא זרם כמוראה באיור.
עוצמת הזרם במוליך היא 3 אמפר נחשב את עוצמת השדה המגנטי הנוצר בנקודה A מהזרם במוליך.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2 \cdot \pi \cdot 0.2} = \frac{3.76 \cdot 10^{-6}}{1.25} = 3 \cdot 10^{-6} T$$

1. הביטוי מתאים למוליך ישר בלבד.
2. לא ניתן ללמוד מהביטוי על כיוון השדה המגנטי בנקודה, הביטוי עוסק רק בגודל השדה המגנטי בנקודה.
3. הביטוי נתון בדפי הנוסחאות.
4. הביטוי מתאים למוליך הנמצא בריק ובקירוב גם למוליך הנמצא באוויר.

הביטוי לא מתאים לנקודה הנמצאת בסמוך לקצה התיל, כדי לא לעסוק בקצות התיל הביטוי מוגדר כביטוי המיועד לתיל אין סופי.

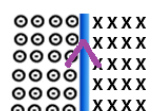
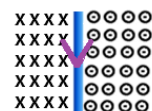
Cube-47

כלל יד ימין

הכלל משמש למציאת כיוון השדה המגנטי בכל נקודה בסביבת מוליך נושא זרם.
אופן השימוש בכלל יד ימין: יש ל "החזיק" ביד ימין את המוליך כאשר כיוון האגודל הוא בכיוון הזרם, במצב זה כיוון קווי השדה המגנטי סביב המוליך הוא בכיוון ארבעת האצבעות כמוראה באיור הבא.



1. סביב תיל ישר קווי השדה המגנטי הם קווים מעגליים סגורים הניצבים למישור עליו מונח המוליך. בצד אחד של המשטח עליו נמצא המוליך קווי השדה נכנסים למישור ובצד השני קווי השדה יוצאים מהמישור.
 2. קיימים כללי ידיים נוספים המקשרים בין כיוון השדה המגנטי לכיוון הזרם. אנחנו נשתמש בכלל יד ימין.
- דוגמה: באיור הבא מתוארים מוליכים נושאים זרם המונחים על משטחים. לצידי המוליכים מתוארים כיווני קווי השדה המגנטי בהתאם לכלל יד ימין.



ניתן להשתמש בכלל יד ימין למציאת השדה המגנטי בסביבת כל אחד מההתקנים בהם נעסוק: מוליך ישר, מוליך מעגלי, סליל דק וסילונית ארוכה.

Cube-47

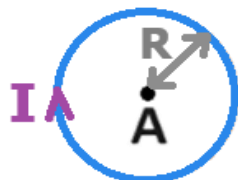
גודל שדה
מגנטי
בנקודה
הנמצאת
במרכז כריכה
מעגלית
נושאת זרם.

כריכה מעגלית נושאת זרם היא מוליך בצורת מעגל שזורם בו זרם חשמלי.
גודל השדה המגנטי בנקודות המרכז של כריכה מעגלית נושאת זרם תלוי ביחס הפוך ברדיוס הכריכה R וביחס ישר בעוצמת הזרם בכריכה I, כפי שמתואר בביטוי הבא:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot R}$$

הביטוי מפותח בעזרת עקרונות פיזיקליים שלא נלמדים בלימודי התיכון.

דוגמה: נתונה נקודה A הנמצאת במרכז כריכה מעגלית שרדיוסה R הוא 20 ס"מ כמראה באיור.
עוצמת הזרם במוליך היא 3 אמפר, נחשב את עוצמת השדה המגנטי הנוצר בנקודת מרכז הכריכה A.



$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot R} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2 \cdot 0.2} = \frac{3.76 \cdot 10^{-6}}{0.4} = 9.42 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

1. הביטוי עוסק רק בגודל השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה ולא בכל נקודה אחרת.
 2. כדי למצוא את כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה (ובכל נקודה אחרת בתוך ומחוץ לכריכה) יש להשתמש בכלל יד ימין.
 3. מכלל יד ימין, כיוון השדה המגנטי בתוך כריכה נושאת זרם הפוך לכיוון השדה המגנטי מחוץ לכריכה.
- באיור המתואר כיוון השדה המגנטי בכל נקודה הנמצאת בתוך הכריכה הוא פנימה, ובכל נקודה מחוץ לכריכה כיוון השדה המגנטי הוא החוצה.

הביטוי עוסק רק בגודל השדה המגנטי בנקודת מרכז כריכה נושאת זרם ולא בכל נקודה אחרת.

Cube-47

גודל שדה
מגנטי
בנקודת
מרכז סליל
מעגלי דק
נושא זרם.

סליל מעגלי דק הוא אוסף של מספר מועט של כריכות בעלות רדיוס גדול, הכרוכות בכיוון זהה.
גודל השדה המגנטי בנקודת המרכז של סליל מעגלי דק נושא זרם תלוי ביחס ישר במספר הכריכות N ובזרם I, וביחס הפוך ברדיוס הכריכות R. כפי שמתואר בביטוי הבא:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot R}$$

עוצמת השדה במרכז הכריכות גדולה פי N מעוצמת השדה המגנטי הנוצר מכריכה אחת.

דוגמה: נתונה נקודה A הנמצאת במרכז סליל מעגלי דק שרדיוסו R הוא 20 ס"מ הסליל מורכב משתי כריכות.
עוצמת הזרם בסליל היא 3 אמפר, נחשב את עוצמת השדה המגנטי הנוצר בנקודת מרכז הכריכה A.



$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot R} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 0.2} = \frac{7.53 \cdot 10^{-6}}{0.4} = 1.88 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

סליל מעגלי דק הוא סליל שרדיוס הכריכות שלו R גדול יחסית לאורך L עליו מלופפות הכריכות.

הביטוי מתאים לסליל שכל הכריכות בו לופפו באותו כיוון, אחרת הכריכות יצרו בנקודת מרכז הסליל שדות מגנטיים בכיוונים מנוגדים.

Cube-47

גודל שדה
מגנטי
בתוך
סילוניית
ארוכה.

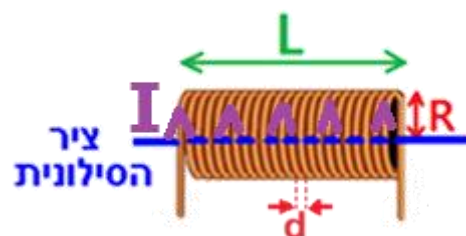
סילוניית ארוכה היא אוסף רב של כריכות בעלות רדיוס קטן המלופפות בכיוון זהה. ציר הסילוניית הוא ישר העובר דרך נקודת מרכז הכריכות. לאורך ציר הסילוניית קיים שדה מגנטי אחיד התלוי ביחס ישר בעוצמת הזרם בסילוניית (I) ובמספר הכריכות (N) וביחס הפוך באורך הסילוניית (L). ביטוי גודל השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניית הוא:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I$$

היחס בין מספר הכריכות (N), לבין אורך הסילוניית (L) נקרא צפיפות הליפופים (n):

$$n = \frac{N}{L}$$

עובי המוליך ממנו עושה הסילוניית d שווה ליחס שבין אורך הסילוניית L למספר הכריכות N, לכן עובי המוליך שווה לאחד חלקי צפיפות הכריכות.



$$d = \frac{L}{N} = \frac{1}{n}$$

הביטוי מפותח בעזרת עקרונות פיזיקליים שלא נלמדים בלימודי התיכון.

דוגמה: נתונה סילוניית ארוכה המלופפת ממוליך שעוביו d הוא 3 מ"מ, בסילוניית 23 כריכות בהתאם אורך הסילוניית L הוא 6.9 ס"מ. עוצמת הזרם בסילוניית היא 2 אמפר.

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{23}{0.069} \cdot 2 = 8.37 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

נחשב את גודל השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניית בעזרת הביטוי:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{d} = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{3 \cdot 10^{-3}} = 8.37 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

נחשב את גודל השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניית כתלות בעובי המוליך d:

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot I = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 333.33 \cdot 2 = 8.37 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

נחשב את גודל השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניית כתלות בצפיפות הכריכות n:

1. בסילוניית ארוכה רדיוס הכריכות קטן יחסית לאורך הסילוניית ($R \ll L$).

בסליל מעגלי דק רדיוס הכריכות גדול יחסית לאורך עליו מלופפות הכריכות ($L \ll R$).

2. בסילוניית ארוכה עוצמת השדה המגנטי תלויה בצפיפות הכריכות ולא ברדיוס הכריכות.

3. ניתן לחשב את עוצמת השדה המגנטי בתוך הסילוניית כתלות בזרם ועובי המוליך d או כתלות בזרם וצפיפות הכריכות n.

4. ניתן למצוא את כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניית בעזרת כלל יד ימין. בדוגמה המתוארת כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניית הוא שמאלה.

5. כל ביטויי השדה המגנטי (בסביבת מוליך ישר, סליל מעגלי דק וסילוניית ארוכה) נתונים בדפי הנוסחאות.

6. ניתן להשתמש בכל אחד משלושת ההתקנים: מוליך ישר, סליל דק וסילוניית ארוכה כדי לבצע ניסוי למציאת גודל השדה המגנטי של כדור הארץ.

ביטויי השדה המגנטי בסילוניית מתאר את עוצמת השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניית רק בקטע הציר הנמצא בתוך הסילוניית (ולא מחוץ לסילוניית). בקירוב ניתן להשתמש בביטוי גודל השדה המגנטי לכל המרחב הנמצא בתוך הסילוניית.

Cube-47

גודל הכוח
המגנטי
הפועל על
מוליך נושא
זרם הנמצא
בתוך שדה
מגנטי

על מוליך ישר נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי פועל כוח מגנטי התלוי ביחס ישר בגודל השדה המגנטי (B), באורך המוליך הנמצא בתוך השדה (L) בעוצמת הזרם במוליך (I) ובסינוס הזווית שבין כיוון הזרם לכיוון השדה המגנטי (α). הביטוי גודל הכוח המגנטי הוא:

$$F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$$

ניתן לפתח את ביטוי הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם מביטוי הכוח המגנטי הפועל על אלקטרון. נתייחס למוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי, נסמן את אורך קטע המוליך הנמצא בתוך השדה המגנטי הוא L.



נכתוב ביטוי לכוח המגנטי הפועל על אלקטרון הנע לאורך קטע המוליך L במהירות ממוצעת V: $F = B \cdot q_e \cdot V \cdot \sin(\alpha)$

נבטא את המהירות הממוצעת לפי היחס שבין אורך הקטע L לזמן תנועת המטען לאורך הקטע L: $F = B \cdot q_e \cdot \frac{L}{t} \cdot \sin(\alpha)$

נכתוב ביטוי ל N אלקטרונים הנעים לאורך קטע המוליך L: $F = N \cdot B \cdot q_e \cdot \frac{L}{t} \cdot \sin(\alpha)$

מהגדרת הזרם היחס בין כמות המטען הכוללת העוברת דרך המוליך לזמן תנועת המטען t שווה לעוצמת הזרם במוליך: $I = \frac{N \cdot q_e}{t}$

$$F = B \cdot L \cdot \frac{q_e \cdot N}{t} \cdot \sin(\alpha) = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$$

לדוגמה: נתון מוליך ישר הנמצא בתוך שדה מגנטי אחיד שגודלו 20 טסלה. אורך קטע המוליך הנמצא בתוך השדה המגנטי הוא 40 ס"מ. במוליך זורם זרם שגודלו 0.5 אמפר וכיוונו ניצב לכיוון המוליך, נחשב את גודל הכוח המגנטי הפועל על המוליך.

$$F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha) = 20 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot \sin(90) = 4N$$

1. כאשר כוח מגנטי פועל על מטען הנע בשדה הכוח תמיד פועל בניצב לתנועת המטען הוא לא משנה את גודל מהירות המטען. לעומת זאת כאשר כוח מגנטי פועל על אלקטרונים הנעים במוליך, הכוח המגנטי יכול לשנות את מהירות המוליך.

2. ביטוי הכוח המגנטי מתאר רק את גודל הכוח המגנטי ולא את כיוונו. כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי יש להשתמש בכלל יד שמאל.

ביטוי הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם מתאים לזרם קבוע הזורם במוליך ישר הנמצא בתוך שדה אחיד (בגודלו וכיוונו).

Cube-47

כלל יד שמאל
למציאת
כיוון הכוח
המגנטי
הפועל על
מוליך נושא
זרם הנמצא
בתוך שדה
מגנטי

כלל יד שמאל משמש למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי בעזרת שלוש אצבעות של יד שמאל. אגודל - מייצג את כיוון הכוח המגנטי. אצבע - מייצגת את כיוון השדה המגנטי והאמה - מייצגת את כיוון הזרם במוליך.

למציאת כיוון הכוח המגנטי יש לבצע את הפעולות הבאות:

א- יש למקם את שלושת האצבעות של יד שמאל כך שהאגודל (F) יהיה ניצב לכיוון האצבע (B) ולכיוון האמה (I) כמוראה באיור הבא:



ב- יש לכוון את האצבע בכיוון השדה המגנטי ולסובב את כף יד שמאל, (מבלי לשנות את הכיוון היחסי של האצבעות) כך שהאמה תצביע בכיוון הזרם.

ג- כאשר האצבע מצביעה בכיוון השדה המגנטי והאמה מצביעה בכיוון הזרם - האגודל מצביע בכיוון הכוח המגנטי הפועל על המוליך.

הכיוון היחסי של כיוון הזרם I ושל שני הווקטורים $\vec{B}$ ו- $\vec{V}$ הוא קבוע לכן ניתן להמחיש בצורה ויזואלית את שלושת הכיוונים בעזרת אצבעות כף יד שמאל.

לדוגמה: נתון מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי, כיוון הזרם במוליך הוא ימינה וכיוון השדה המגנטי הוא פנימה.



כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על המוליך נקמם את שלושת האצבעות של יד שמאל בהתאם לכלל. נכוון את האצבע בכיוון הדף שכוונו פנימה לתוך הדף כיוון הזרם הוא ימינה, כמוראה באיור.

1. השימוש בכלל יד שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם דומה לשימוש בכלל יד שמאל למציאת הכוח המגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי.

2. המטען הנע במוליך הוא מטען שלילי (אלקטרונים) לכן היינו אמורים להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין, אך מכיון שכיוון הזרם הפוך לכיוון האמתי של תנועת האלקטרונים יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד שמאל.

3. בכל מקרה של כוח מגנטי הפועל על מוליך נושא זרם נשתמש בכלל יד שמאל עם יד שמאל, לא קיים מקרה שבו יש להשתמש ביד ימין.

ניתן להשתמש בכלל יד שמאל לכל מקרה שבו פועל כוח מגנטי על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.

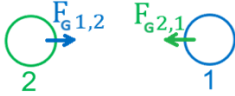
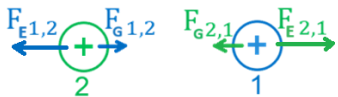
פרקטיקות שדה מגנטי

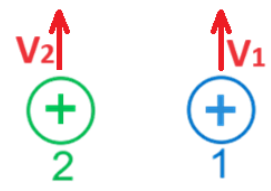
נושאי התרגול:

- א. הקדמה
- ב. השדה המגנטי בסביבת מגנט.
- ג. כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי.
- ד. תנועה בורגית
- ה. בורר מהירויות
- ו. ספקטרוגרף מסות
- ז. שדה מגנטי הנוצר מכריכה מעגלית , מסליל דק ומסילונית ארוכה.
- ח. מציאת שדה מגנטי של כדור הארץ
- ט. שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית וסליל מעגלי דק.
- י. שדה מגנטי לאורך ציר סילונית ארוכה.
- יא. כוח מגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.

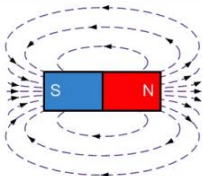
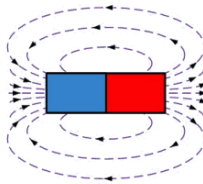
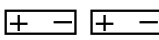
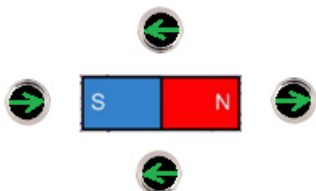
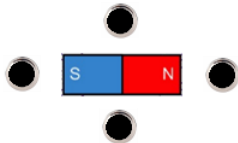
222

א- הקדמה.

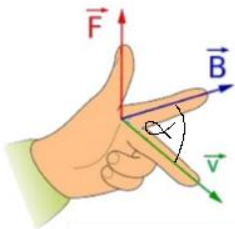
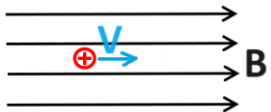
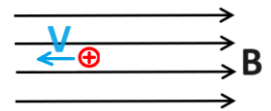
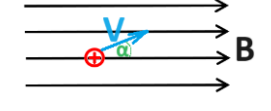
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcubecooil/mod/book/view.php?id=5128	1. כל אחד משני הגופים מייצר שדה כבידה, לכן הגופים מפעילים כוחות כבידה הדדיים אחד על השני. 2. זוג כוחות כבידה אלו הם זוג הכוחות בהן עוסק החוק השלישי של ניוטון. החוק השלישי קובע שהכוחות ההדדיים יהיו זהים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. 3. הכוחות ההדדיים יכולים לפעול ככוחות משיכה או דחייה בלבד.		בין כל שני גופים פועל כוח משיכה, מעצם קיום מסת הגופים. חוק הכבידה אוניברסלי מתאר את גודל כוח הכבידה שהגופים מפעילים זה על זה. $F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$	ערוך תרשים כוחות לכוחות הפועלים על הגופים. סמן את כוח הכבידה שגוף 1 מפעיל על גוף 2 ב- $F_{G1,2}$. ואת כוח הכבידה שגוף 2 מפעיל על גוף 1 ב- $F_{G2,1}$.	א1- באיור שלפניך מתוארים שני גופים נחים לא טעונים, גוף 1 ו- גוף 2: 
https://moodle.youcubecooil/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12738	1. כל אחד משני הגופים הטעונים מייצר שדה חשמלי, לכן הגופים הטעונים מפעילים כוחות חשמליים הדדיים אחד על השני. 2. הכוחות החשמליים פועלים בנוסף לכוחות הכבידה ללא כל קשר לכוחות הכבידה. 3. גם הכוחות חשמליים הם זוג כוחות הדדיים בהם עוסק החוק השלישי של ניוטון.		בין כל שני גופים טעונים פועל כוח חשמלי, מעצם קיום מטען הגופים. חוק קולון מתאר את גודל הכוח החשמלי שהגופים מפעילים זה על זה. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ בין גופים טעונים נעים פועל כוח מגנטי.	ערוך תרשים כוחות לכוחות הכבידה ולכוחות החשמליים הפועלים על הגופים. סמן את הכוח החשמלי שגוף 1 מפעיל על גוף 2 ב- $F_{E1,2}$. ואת כוח הכבידה שגוף 2 מפעיל על גוף 1 ב- $F_{E2,1}$.	א2- גורעים אלקטרונים משני הגופים, כתוצאה מכך שני הגופים נטענים במטענים חיוביים כמוראה באיור שלפניך: 

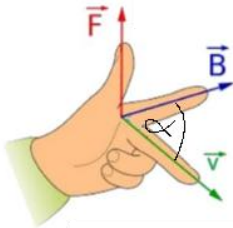
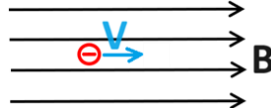
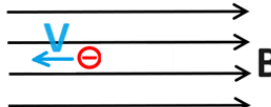
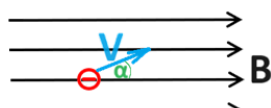
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12739	1. כל אחד משני הגופים הטעונים מייצר שדה מגנטי, לכן הגופים הטעונים הנעים מפעילים כוחות מגנטיים אחד על השני, הכוחות המגנטיים פועלים בנוסף לכוחות הכבידה ולכוחות החשמליים. 2. קיים ביטוי לגודל הכוח המגנטי בעזרתו ניתן לחשב את גודל הכוח המגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי. בעזרת כלל יד שמאל ניתן למצוא את כיוונו של הכוח המגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי. 3. בהתאם לתוכנית הלימודים נתמקד בכוח המגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי ובכוח מגנטי הפועל בין מוליכים נושאי זרם. לא נעסוק בכוחות מגנטיים הפועלים בין מטענים נעים. קיימת הרחבה עם פירוט הכוחות בפתרון המלא המופיע בעמודה השמאלית.	הכוח הפועל בין הגופים הטעונים הנעים הוא הכוח המגנטי	בין כל שני גופים פועל כוח משיכה, מעצם קיום מסת הגופים. חוק הכבידה אוניברסלי מתאר את גודל כוח הכבידה שהגופים מפעילים זה על זה. $F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$ בין כל שני גופים טעונים פועל כוח חשמלי, מעצם קיום מטען הגופים. חוק קולון מתאר את גודל הכוח החשמלי שהגופים מפעילים זה על זה. $F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2}$ בין גופים טעונים נעים פועל כוח מגנטי.	ציין מי הוא הכוח הנוסף הפועל על הגופים הטעונים בזמן תנועתם	3. מניעים את שני הגופים הטעונים כמוראה באיור שלפניך 

ב- השדה המגנטי בסביבתו של מגנט.

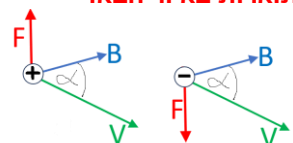
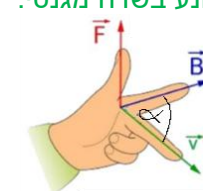
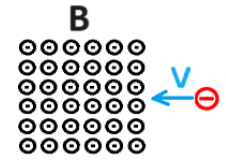
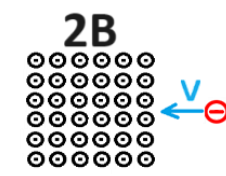
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12728	1. השדה המגנטי מסומן על ידי האות B ונמדד ביחידות של טסלה [T]. 2. לכל מגנט יש שני קטבים: קוטב צפוני המסומן ע"י N (North) וקוטב דרומי המסומן ע"י S (South). 3. לא קיים גוף מגנטי שהוא בעל קוטב צפוני "N" בלבד או בעל קוטב דרומי "S". ניתן לומר כי לא קיים "מונופול" מגנטי.	בהתאם לכיוון קווי השדה, הקוטב הימני של המגנט הוא קוטב צפוני והקוטב השמאלי הוא קוטב דרומי 	לכל מגנט יש שני קטבים מגנטיים: קוטב מגנטי צפוני וקוטב מגנטי דרומי. קווי השדה המגנטי הם קווים סגורים היוצאים מהקוטב המגנטי הצפוני ונכנסים לקוטב המגנטי הדרומי.	קבע עבור כל אחד מקטבי המגנט אם הוא קוטב מגנטי צפוני או קוטב מגנטי דרומי.	ב.1- באיור שלפניך מתואר מגנט וקווי השדה המגנטי הקיימים בסביבתו. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12729	1. גוף מגנטי דומה לגוף מקוטב חשמלית. כך למשל, נתונים שני גופים נטרלים ומקוטבים מבחינה חשמלית:  2. בין מגנטים יכול לפעול כוח משיכה או כוח דחיה, ככל שהמרחק בין המגנטים גדול יותר הכוח המגנטי יהיה קטן יותר. 3. הכוח המגנטי הוא כוח לא משמר, הוא שונה במהותו מהכוח החשמלי.	מקרה א'- המגנטים נמשכים. מקרה ב'- המגנטים נדחים.	עוצמת השדה המגנטי בכל נקודה מיוצגת על ידי צפיפות קווי השדה המגנטי בנקודה. כיוון השדה המגנטי בכל נקודה הוא ככיוון אליו מורה מחט מצפן הממוקם בנקודה.	קבע עבור כל מקרה אם יפעל כוח משיכה מגנטי או כוח דחיה מגנטי. <u>הנחיה:</u> בין המגנטים פועלים כוחות משיכה ודחיה, הכוח הגדול פועל בין הקטבים הסמוכים.	ב.2- נתונים שני מגנטים סמוכים בשני מקרים שונים: מקרה א'  מקרה ב' 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12730	1. קווי השדה המגנטי יוצאים מהקוטב הצפוני ונכנסים לקוטב הדרומי. בדומה לקווי השדה החשמלי היוצאים ממטען חיובי ונכנסים למטען שלילי. מכיוון שלכל מגנט יש שני קטבים, קווי השדה המגנטי בסביבתו של המגנט הם קווים סגורים (בשונה מהשדה החשמלי). 2. מחט המצפן היא גוף מגנטי, ה"ראש" של מחט המצפן הוא קוטב צפוני מגנטי. ו"הזנב" של מחט המצפן היא קוטב דרומי מגנטי.		קטבים מגנטיים שונים נמשכים זה לזה וקטבים מגנטיים זהים נדחים זה מזה.	קבע מה הוא הכיוון של מחט המצפן בכל אחד מארבעת המצפנים. <u>הנחיה:</u> לפני קביעת כיוון מחט המצפן הממוקם בסביבת המגנט מומלץ קודם לתאר את קווי השדה.	ב.3- באיור שלפניך מתוארים ארבעה מצפנים הממוקמים בסביבת המגנט.  ארבעת המצפנים סגורים, לא ניתן לראות את מחט המצפן.

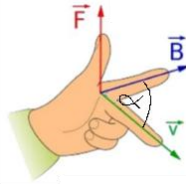
ג- הכוח המגנטי הפועל על מטען הנע בתוך שדה מגנטי.

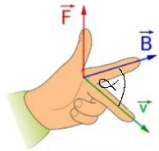
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12731	1. ביטוי גודל הכוח המגנטי מתאר את גודל הכוח המגנטי כתלות בערך המוחלט של המטען, גודל מהירות המטען וגודל השדה. מביטוי גודל הכוח המגנטי לא ניתן ללמוד על כיוון הכוח המגנטי. 2. ביטוי גודל הכוח המגנטי מופיע בדפי הנוסחאות. גודל כוח הפועל על מטען בשדה מגנטי $F = qvB \sin \alpha$ 3. הזווית α המופיעה בביטוי גודל הכוח המגנטי היא הזווית שבין כיוון וקטור המהירות (כיוון התנועה) לכיוון השדה המגנטי. 4. כיוון הכוח המגנטי תמיד ניצב לכיוון המישור בו נמצאים וקטור המהירות ו- וקטור השדה המגנטי. בשימוש בכלל יד שמאל ניתן לסובב את היד אך אין לשנות את הכיוון היחסי של שלושת האצבעות. 5. למציאת כיוון הכוח מומלץ להתחיל בהכוננת האצבע בכיוון השדה המגנטי, לסובב את כף היד מבלי לשנות את כיוון האצבע כאשר האמה תצביע על כיוון המהירות, הכיוון עליו מורה האגודל הוא כיוון הכוח המגנטי. 5. במקרה ד' יש לבצע הפרדה ישרת זווית לוקטור המהירות, ולהתייחס לתנועת המטען כאל תנועה המשלבת שתי תנועות, תנועה אחת בכיוון האופקי ותנועה נוספת בכיוון האנכי. בדומה לעיקרון אי תלות התנועות.	מקרה א'- לא פועל כוח מגנטי. מקרה ב'- לא פועל כוח מגנטי. מקרה ג'- פועל כוח מגנטי. $F = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ כיוון הכוח המגנטי הוא לתוך הדף. מקרה ד'- פועל כוח מגנטי. $F = 0.8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ כיוון הכוח המגנטי הוא לתוך הדף (בניצב למישור הדף).	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	חשב את גודל הכוח המגנטי הפועל על הפרוטון בכל אחד מארבעת המקרים וציין את כיוונו. הנחיה: הנח כי בכל ארבעת המקרים כיוון ווקטור המהירות הוא במישור הדף.	ג. נתון שדה מגנטי אחיד שגודלו 1 טסלה וכיוונו ימינה. בתוך השדה נע פרוטון במהירות 10^6 מטר לשניה בארבעה מקרים שונים. מקרה א'- הפרוטון נע בכיוון השדה:  מקרה ב'- הפרוטון נע בכיוון הנגדי לכיוון השדה:  מקרה ג'- הפרוטון נע בניצב לשדה:  מקרה ד'- הפרוטון נע ב- 30 מעלות ביחס לשדה: 

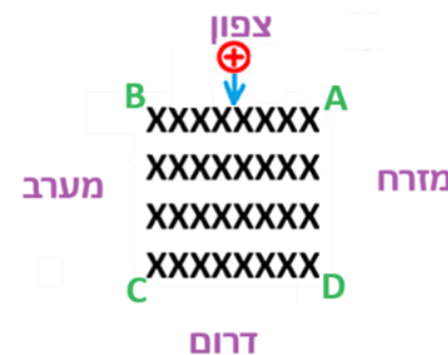
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12732	1. שדה אחיד הוא שדה שגודלו וכיוונו לא משתנים. 2. כאשר הכוח המגנטי פועל על מטען שלילי, בביטוי לגודל הכוח המגנטי יש להשתמש בערך המוחלט של המטען השלילי. 3. כאשר המטען נע במישור הדף והשדה המגנטי ניצב למישור הדף מקובל לתאר את כיוון השדה בעזרת הסימונים X ו-•. שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף מסומן כך: XXXXXX XXXXXX XXXXXX XXXXXX ושדה מגנטי שכיוונו החוצה מהדף מסומן כך: •••••• •••••• •••••• •••••• או כך: ⊗⊗⊗⊗⊗ ⊗⊗⊗⊗⊗ ⊗⊗⊗⊗⊗ ⊗⊗⊗⊗⊗ 4. קיימים כללי אצבעות נוספים למציאת כיוון הכוח המגנטי. בהתאם לפעילויות האינטראקטיביות של מערכת היוקיוב. נשתמש בכלל יד שמאל.	מקרה א'- לא פועל כוח מגנטי. מקרה ב'- לא פועל כוח מגנטי. מקרה ג'- פועל כוח מגנטי. $F = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ כיוון הכוח המגנטי הוא החוצה מהדף. מקרה ד'- פועל כוח מגנטי. $F = 0.8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ כיוון הכוח המגנטי הוא החוצה מהדף (בניצב למישור הדף).	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	חשב את גודל הכוח המגנטי הפועל על האלקטרון בכל אחד מארבעת המקרים וציין את כיוונו. הנחיה: למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על חלקיק הטעון במטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	2. נתון שדה מגנטי אחיד שגודלו 1 טסלה וכיוונו ימינה. בתוך השדה נע אלקטרון במהירות 10^6 מטר לשניה בארבעה מקרים שונים. מקרה א'- האלקטרון נע בכיוון השדה:  מקרה ב'- האלקטרון נע נגד כיוון השדה:  מקרה ג'- האלקטרון נע בניצב לשדה:  מקרה ד'- האלקטרון נע ב-30 מעלות ביחס לשדה: 

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12733	1. מטען נע יוצר שדה מגנטי. כתוצאה מאינטראקציה בין השדה המגנטי הנוצר מהמטען הנע והשדה המגנטי בו נע המטען פועלים שני כוחות מגנטיים, כוח מגנטי אחד יפעל על המטען הנע וכוח מגנטי נוסף יפעל על הגוף שיצר את השדה המגנטי בו נע המטען. שני כוחות מגנטיים אלו הם הכוחות בהם עוסק החוק השלישי של ניוטון.	הפרוטון ינוע בתוך השדה בתנועה מעגלית קצובה.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$	ג.3-1. תאר את תנועת הפרוטון בתוך השדה.	ג.3- נתון שדה מגנטי אחיד שגודלו 2 טסלה. פרוטון נכנס לשדה המגנטי במהירות $20 \cdot 10^6$ מטר לשנייה. כמראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12734	2. הכוח המגנטי פועל תמיד בניצב לתנועה, לכן הוא גורם לתנועה מעגלית קצובה.	הפרוטון ינוע בתנועה מעגלית, נגד כיוון השעון.	כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	ג.3-2. מה כיוון תנועת הפרוטון, בכיוון השעון או נגד כיוון השעון?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12734	3. במקרה זה הפרוטון נע במישור הניצב לשדה, כיוון תנועת הפרוטון משתנה, אך כל זמן תנועת הפרוטון הזווית בין כיוון וקטור המהירות לכיוון השדה היא 90 מעלות.	$R = \frac{m \cdot V}{B \cdot q}$		ג.3-3. כתוב ביטוי לרדיוס מסלול תנועת הפרוטון.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12735	4. ביטוי זמן המחזור ורדיוס המסלול לא נתונים בדפי הנוסחאות, חשוב לדעת לפתח אותם ממשוואת התנועה המעגלית.	$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$	משוואת התנועה המעגלית:	ג.3-4. כתוב ביטוי לזמן מחזור תנועת הפרוטון.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12736	5. זמן המחזור לא תלוי במהירות הגוף, כאשר המהירות גדלה פי 2 רדיוס המסלול גדל פי 2 לכן ההיקף גדל פי 2 וזמן ההקפה לא משתנה.	מביטוי רדיוס המסלול כאשר המהירות גדלה פי 2 גם הרדיוס גדל פי 2.	$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$	ג.3-5. כיצד תשפיע הגדלת המהירות על רדיוס מסלול התנועה.	במקרה אחר, הפרוטון נכנס שוב לאותו שדה מגנטי אך במהירות גדולה פי 2, במהירות $40 \cdot 10^6$ מטר לשנייה.
		מביטוי זמן המחזור ניתן לראות שזמן המחזור א תלוי במהירות הגוף.		ג.3-6. כיצד תשפיע הגדלת המהירות על זמן ההקפה.	

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12740	האלקטרון ינוע בתוך השדה בתנועה מעגלית קצובה, נגד כיוון השעון. 1. כאשר המטען הנע בתוך השדה המגנטי הוא שלילי, כיוון הכוח המגנטי שיפעל על המטען השלילי הוא הפוך לכיוון הכוח שיפעל על מטען חיובי. לכן, כדי למצוא את כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. 2. הכוח המגנטי פועל בניצב למישור בו נמצאים וקטורי המהירות והשדה המגנטי, קיימות שתי אפשרויות: האחת מתאימה למטען חיובי והשנייה למטען שלילי. שתי האפשרויות מתוארות באיור הבא: 	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	ג.4-1- תאר את תנועת האלקטרון בתוך השדה. האם הוא ינוע בכיוון השעון בכיוון הנגדי לשעון?	ג.4-2- נתון שדה מגנטי אחיד שגודלו 2 טסלה. אלקטרון נכנס לשדה המגנטי במהירות $20 \cdot 10^6$ מטר לשנייה. כמוראה באיור הבא: 	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12741	$R = 5.68 \cdot 10^{-5} \text{m}$ 1. ביטוי רדיוס המסלול לא נתון בדפי הנוסחאות יש לפתח את הביטוי. 2. בביטוי הכוח המגנטי יש להתייחס לערך המוחלט של המטען השלילי.	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	ג.4-2- חשב את רדיוס מסלול תנועת האלקטרון בתנועתו בשדה המגנטי.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12742	$T = 1.78 \cdot 10^{-11} \text{S}$ 1. זמן המחזור לא תלוי בגודל המהירות ולא בכיוונה. לכן הזווית α לא מופיעה בביטוי זמן המחזור. 2. ביטוי זמן המחזור לא נתון בדפי הנוסחאות יש לפתח אותו.	משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$	משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$	ג.4-3- חשב את זמן המחזור של תנועת האלקטרון.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12743	זמן המחזור יקטן לא ניתן להגיע למסקנה ממשוואת התנועה המעגלית, יש להשתמש בביטוי זמן המחזור.	ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$	ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$	ג.4-4- כיצד תשפיע הגדלת עוצמת השדה המגנטי על זמן מחזור	במקרה אחר, האלקטרון נע באותה המהירות, אך הוא נכנס לשדה מגנטי אחר שגודלו 4 טסלה. כיוון השדה המגנטי לא משתנה.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12744	רדיוס המסלול יקטן ניתן להגיע למסקנה ממשוואת התנועה המעגלית וגם מביטוי רדיוס המסלול.	רדיוס המסלול יקטן ניתן להגיע למסקנה ממשוואת התנועה המעגלית וגם מביטוי רדיוס המסלול.	ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot V \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	ג.5-4- כיצד תשפיע הגדלת עוצמת השדה המגנטי על רדיוס המסלול.	2B 

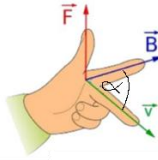
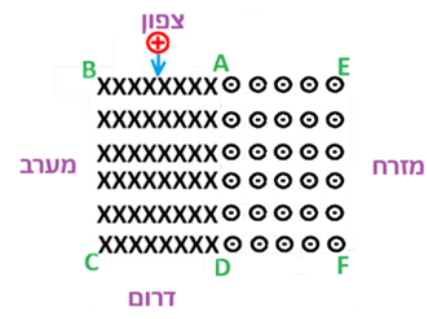
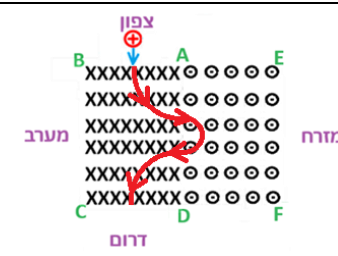
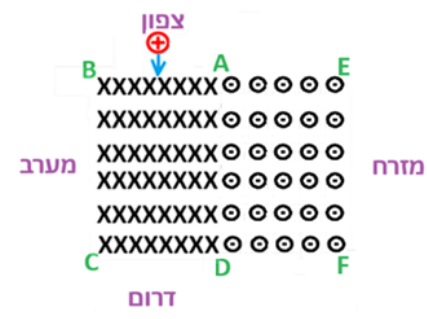
פותר מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12750	1. ניתן לנמק בעזרת ביטוי הרדיוס וביטוי זמן המחזור. ההיגיון: כאשר השדה המגנטי גדל, הכוח המגנטי גדל, רדיוס המסלול קטן והגוף הטעון משלים הקפה בזמן קצר יותר. 2. שינוי עוצמת השדה המגנטי לא משפיע על מהירות המטען.	רדיוס המסלול יקטן פי 2 וגם זמן המחזור יקטן פי 2.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	ג.1.5- מגדילים את עוצמת השדה המגנטי B פי 2. כיצד ישתנה רדיוס המסלול R וזמן המחזור T?	ג.5- נתון גוף שמסתו m הטעון במטען חיובי q הנע בתוך שדה מגנטי B. המטען נע בתנועה מעגלית קצובה רדיוס המסלול הוא R וזמן מחזור התנועה הוא T. במישור הניצב לשדה, כמראה באיור הבא:
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12751	ניתן לנמק בעזרת ביטוי הרדיוס וביטוי זמן המחזור. ההיגיון: הכוח לא ישתנה אך מכיוון שהמסה גדולה יותר התאוצה הרדיאלית תקטן, יעבור יותר זמן עד שהגוף ישלים הקפה, רדיוס המסלול יהיה גדול יותר.	רדיוס המסלול יגדל פי 2 וגם זמן המחזור יגדל פי 2.		ג.2.5- מגדילים את מסת הגוף הטעון m פי 2. כיצד ישתנה רדיוס המסלול R וזמן המחזור T?	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12752	ניתן לנמק בעזרת ביטוי הרדיוס וביטוי זמן המחזור. ההיגיון: כאשר המטען גדל, הכוח המגנטי גדל, רדיוס המסלול קטן והגוף הטעון משלים הקפה בזמן קצר יותר.	רדיוס המסלול יקטן פי 2 וגם זמן המחזור יקטן פי 2.	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית:	ג.3.5- מגדילים את מטען הגוף הטעון פי 2. כיצד ישתנה רדיוס המסלול R וזמן המחזור T?	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12763	זמן המחזור לא תלוי במהירות הגוף- ההיגיון: כאשר המהירות גדלה גם הרדיוס גדל ההיקף גדל, זמן מחזור לא משתנה. ככל שהמהירות גדלה (תנע גדל) יותר קשה לכוח לשנות את כיוון התנועה רדיוס מסלול גדל, ניתן לראות זאת גם מביטוי הרדיוס.	רדיוס המסלול יגדל פי 2 זמן המחזור לא ישתנה.	$\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$	ג.4.5- מגדילים את מהירות הגוף הטעון פי 2. כיצד ישתנה רדיוס המסלול R וזמן המחזור T?	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12764	ברגע שינוי מטען הגוף, כיוון הכוח המגנטי יתהפך, והתנועה תתרחש במקום אחר.	כיוון התנועה ישתנה, הגוף ינוע בתנועה מעגלית קצובה נגד כיוון השעון.	ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot v \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	ג.5.5- מה ישתנה בתנועת הגוף הטעון כתוצאה משינוי סימן המטען?	טוענים את הגוף הנתון במטען שלילי הזהה בערכו המוחלט למטען הגוף בסעיף הקודם, רדיוס המסלול המהירות והמסה לא משתנים.

פיתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12745	הגוף הטעון יסטה בהתאם לכיוון הכוח המגנטי הפועל עליו.	המטען יסטה מזרחה.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	ג.6-1. לאחר כניסת הגוף הטעון לשדה המגנטי לאיזה כיוון הוא סוטה למזרח או למערב?	ג.6- גוף שמסתו 3 ק"ג טעון במטען שגודלו 0.3C נע מצפון לדרום. בתנועתו חולף המטען בתוך שדה מגנטי שעוצמתו 40 טסלה . השדה המגנטי תחום באזור ריבועי כמתואר באיור שלפניך:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12746	כאשר הגוף הטעון ינוע במהירות המקסימאלית וינוע צפונה לאחר יציאתו הוא יצא מהשדה המגנטי בנקודה A.	$V = 9 \frac{m}{s}$	 במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	ג.6-2. כאשר הגוף נכנס לשדה במהירות קטנה הוא נע בתוך השדה בתנועת פרסה וחוזר צפונה. חשב את המהירות המקסימאלית של הגוף שבה הוא ינוע מהשדה המגנטי.	 מערב מזרח צפון דרום
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12748	זמן תנועת הגוף הטעון לאורך חצי הקפה שווה למחצית זמן מחזור.	$t = 0.78s$	משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$	ג.6-3. חשב את זמן תנועת הגוף הטעון בסעיף הקודם מרגע כניסתו לשדה ועד יציאתו מהנקודה A.	אורך כל אחד מצלעות הריבוע הוא 9 מטרים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12747	בשאלות העוסקות בתנועת מטען בשדה מגנטי חשוב לתאר את מסלול תנועת הגוף ולמצוא מהתרישים את רדיוס מסלול התנועה.	$V = 18 \frac{m}{s}$	ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$	ג.6-4. חשב את מהירות הגוף שבה הוא ינוע מזרחה ביציאתו מהשדה המגנטי.	הגוף הטעון נכנס לשדה המגנטי באמצע צלע AB.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12749	זמן תנועת הגוף הטעון לאורך רבע הקפה שווה לרבע זמן מחזור.	$t = 0.39s$	ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot V \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	ג.6-5. חשב את זמן תנועת הגוף הטעון בסעיף הקודם מרגע כניסתו ועד יציאתו מזרחה מצלע AD.	

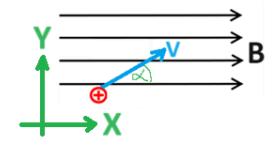
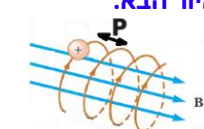


אורך כל אחד מצלעות הריבוע הוא 9 מטרים.

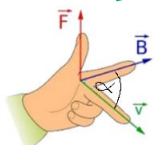
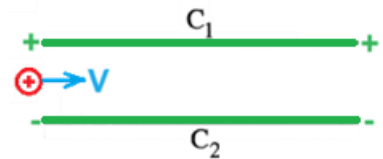
הגוף הטעון נכנס לשדה המגנטי באמצע צלע AB.

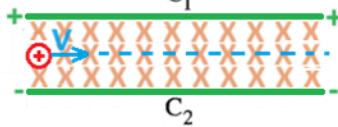
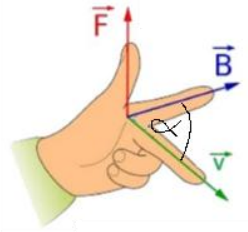
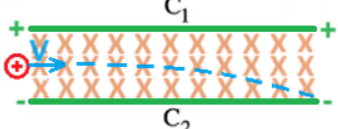
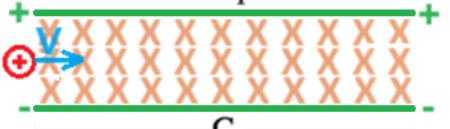
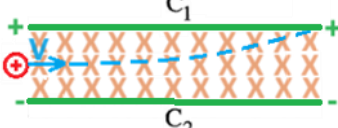
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12753	כיוון תנועת המטען משתנה בתוך השדה, אך המטען נע במישור הניצב לשני השדות לכן ערך הזווית α היא 90 מעלות.	$R_1 = 4.5m$ $R_2 = 1m$	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	ג.7- נתונים שני אזורים מלבניים בהם קיימים שדות מגנטיים שונים. באזור מלבני ABCD קיים שדה מגנטי B_1 שעוצמתו 40 טסלה וכיוונו פנימה. ובאזור מלבני ADEF קיים שדה מגנטי B_2 שעוצמתו 180 טסלה וכיוונו החוצה. רוחבו של כל אזור מלבני 9m וגובהו 11m גוף שמסתו 3 ק"ג טעון במטען שגודלו 0.3C ונע במהירות 18 מטר לשנייה מצפון לדרום, הוא נכנס לשדה המגנטי מאמצע הקטע AB. באיור הבא מופיעים שני האזורים והגוף הטעון לפני כניסתו לשדה B_1.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12754	מסלול התנועה בכל שדה מגנטי נקבע בהתאם לרדיוס המסלול בשדה, למידות המטען.		במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית:	ג.2- ערוך שרטוט המתאר את תנועת הגוף הטעון מכניסתו ועד יציאתו מהשדות.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12755	המטען נע במשך חצי זמן מחזור בכל אחד משני האזורים.	$t = 0.96s$	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית:	ג.3- חשב את זמן תנועת הגוף הטעון מרגע כניסתו לשדה ועד לרגע יציאתו מהשדה המגנטי.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12756	חשוב להגיע למסקנות רק לאחר בחינה מעמיקה.	לא	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית:	ג.4- במקרה אחר הגוף הטעון נכנס מאמצע הקטע CD מכיוון דרום לצפון, האם המטען ינוע לאורך אותו המסלול בו הוא נע מהסעיף הקודם.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12757	השדה המגנטי לא מבצע עבודה גם כאשר הגוף הטעון נע בשדות שונים.	$V = 18 \frac{m}{s}$	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית:	ג.5- מצא את מהירות הגוף בסעיף ג.7. ביציאתו מהשדה באמצע הקטע CD.	

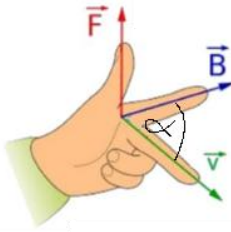
ד- תנועה בורגית

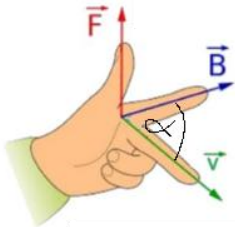
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12758	1. אנחנו מתארים את התנועה הבורגית בדומה לתיאור התנועה במישור בעזרת עיקרון אי תלות התנועות.	$V_x = V \cdot \cos(\alpha)$ $V_y = V \cdot \sin(\alpha)$	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	ד1- כתוב ביטוי לשני רכיבי מהירויות הכניסה: בכיוון השדה (V_x) ובכיוון ניצב לשדה (V_y).	ד1- נתון שדה מגנטי שעוצמתו 40 טסלה וכיוונו ימינה. לשדה נכנס גוף שמסתו 3 ק"ג ומטענו 0.3C במהירות 18 מטר לשנייה, המטען נכנס לשדה בזווית α ביחס לשדה, השווה ל 30 מעלות.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12759	בכיוון הניצב לשדה המטען נע בתנועה מעגלית קצובה, גודל המהירות שווה לרכיב מהירות הכניסה בכיוון הניצב לשדה (V_y).	$T = 1.57s$	הנע בשדה מגנטי:	ד2- חשב את זמן המחזור	התרשים הבא מתאר את השדה ואת מהירות המטען בכניסתו לשדה:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12759	בכיוון השדה המטען נע במהירות קבועה השווה לרכיב מהירות הכניסה בכיוון השדה (V_x).	$R = 2.25m$	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	ד3- חשב את רדיוס המסלול.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12760	2. יש להבחין בין מהירות המטען למהירות המטען בכיוון הניצב לשדה.		משוואת התנועה המעגלית:	ד4- כתוב ביטוי למרחק הפסיעה P.	במקרה זה מרגע שהגוף הטעון נכנס לשדה הוא נע ב"תנועה בורגית".
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12761	3. זמן המחזור של התנועה המעגלית בכיוון הניצב לשדה המגנטי לא תלוי בגודל מהירות המטען, הוא גם לא תלוי בכיוון תנועת המטען. (בזווית α)	$p = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot V \cdot \cos(\alpha)}{B \cdot q}$	$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$		תנועה בורגית היא תנועה המשלבת תנועה מעגלית במישור ניצב לשדה המגנטי ותנועה במהירות קבועה בכיוון השדה המגנטי.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12762	4. רדיוס המסלול בתנועה הבורגית הוא רדיוס התנועה במישור הניצב לשדה.	$P = 24.48m$	ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot V \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	ד5- חשב את מרחק הפסיעה P.	התנועה הבורגית היא תנועה תלת ממדית, מתוארת באיור הבא:
	5. ביטוי מרחק הפסיעה לא מופיע בדפי הנוסחאות. חשוב לדעת לפתח את ביטוי מרחק הפסיעה.				

ה- בורר מהירויות

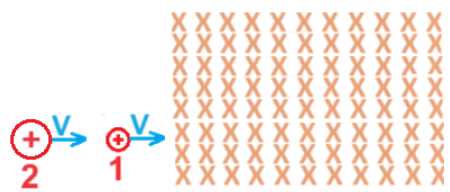
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12765	לוח טעון יוצר שדה אחיד, במרחב שבין לוחות הטעונים במטענים שונים בסימונם קיים שדה חשמלי אחיד השווה לסכום השדות הנוצרים משני הלוחות.	כיוון השדה החשמלי הוא כלפי מטה, מלוח C_1 ללוח C_2 .	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$	ה.1.1- מה כיוון השדה החשמלי בין הלוחות.	ה.1- נתונים שני לוחות טעונים C_1 ו- C_2 הלוח C_1 טעון במטען חיובי והלוח C_2 טעון במטען שלילי.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12766	ניתן לחשב את השדה (גודל וכיוון) ביחס לציר נבחר בעזרת ביטוי השדה האחיד, המופיע בדפי הנוסחאות: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$ כדי לחשב רק את גודל השדה ניתן להתייחס למרחק בין הלוחות d במקום להעתק. כפי שמופיע בנוסחת הקבל בדפי הנוסחאות: $E = \frac{V_{AB}}{d}$	$E = 50 \frac{V}{m}$	כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	ה.2.1- חשב את עוצמת השדה האחיד בין הלוחות.	הפרש הפוטנציאלים בין הלוחות הוא 100 וולט, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מטרים. אל בין הלוחות נזרק חלקיק הטעון במטען חיובי, באיור הבא מתואר החלקיק ברגע כניסתו למרחב שבין הלוחות. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12767	מהגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ על מטען חיובי פועל כוח בכיוון השדה על מטען שלילי פועל כוח נגדי לשדה	כיוון הכוח החשמלי הוא כלפי מטה.	הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	ה.3.1- מה כיוון הכוח החשמלי הפועל על החלקיק.	הזנח את כוח הכובד הפועל על החלקיק.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12768	1. מהירות החלקיק משתנה בגודלה ובכיוונה, אך מכיוון שהחלקיק נע בשדה אחיד, פועל עליו כוח חשמלי קבוע בגודלו ובכיוונו. 2. יש לתאר את מסלול תנועת החלקיק באופן איכותי ולא כמותי.	החלקיק נע במסלול פרבולי.	ביטוי השדה האחיד: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$	ה.4.1- תאר את מסלול תנועת החלקיק.	

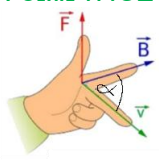
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12769	על החלקיק פועלים שני כוחות, כוח חשמלי וכוח מגנטי. כדי שהחלקיק ינוע במהירות קבועה שני כוחות אלו צריכים להיות שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. בהתאם לכיוון הכוח המגנטי ולכיוון התנועה בעזרת כלל יד שמאל ניתן למצוא את כיוון השדה המגנטי.	כדי שהחלקיק ינוע בקו ישר כיוון השדה המגנטי צריך להיות לתוך הדף. 	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:  במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	ה.2- מה כיוונו של השדה המגנטי?	ה.2- מוסיפים בין הלוחות שדה מגנטי כדי שהחלקיק ינוע בקו ישר במהירות קבועה ולא יסטה ממסלולו.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12770	מעקרונות הדינמיקה, הכוח השקול קובע את תאוצת הגוף. בהתאם לתאוצת הגוף ולמהירותו ההתחלתית נקבע מסלול תנועת הגוף.		ה.3- חלקיק הטעון במטען חיובי נדחק אל תוך אזור בו קיימים שדה מגנטי ושדה חשמלי כמתואר באיור הבא: 	ה.1.3- תאר באופן כללי את מסלול תנועת החלקיק כאשר מהירות זריקת החלקיק היא קטנה מאוד.	ה.3- חלקיק הטעון במטען חיובי נדחק אל תוך אזור בו קיימים שדה מגנטי ושדה חשמלי כמתואר באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12771	הכוח המגנטי הוא כוח ייחודי, גודלו וכיוונו תלויים במהירות הגוף. לכן כאשר פועל כוח מגנטי על חלקיק טעון, מהירות החלקיק משפיעה על גודלו וכיוונו של הכוח השקול.		הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה האחד: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$	ה.2.3- תאר באופן כללי את מסלול תנועת החלקיק כאשר מהירות זריקת החלקיק היא גדולה מאוד.	ה.3- חלקיק הטעון במטען חיובי נדחק אל תוך אזור בו קיימים שדה מגנטי ושדה חשמלי כמתואר באיור הבא:

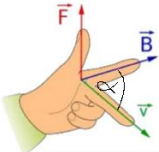
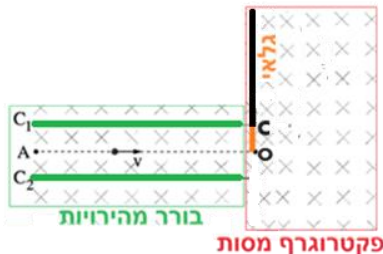
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12772	1. כדי לפתח את ביטוי מהירות היציאה מהבורר יש לכתוב משוואת תנועה ולבטא ממנה את מהירות החלקיק. (פיתוח מלא מופיע בפתרון המלא) 2. ביטוי המהירות הוא סקלארי ולא ווקטורי, הביטוי מתאר רק את גודל המהירות ולא את כיוונה.	$V = \frac{E}{B}$	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	ה.4- בורר מהירויות הוא התקן המכיל בתוכו שני שדות שונים: חשמלי ומגנטי הניצבים זה לזה. לבורר חריר כניסה וחריר יציאה. רק חלקיק בעל מהירות מסוימת שיכנס בחריר הכניסה ינוע בקו ישר בתוך הבורר ויצא בחריר היציאה. בכל מהירות אחרת החלקיק לא יצא מהבורר.	בורר מהירויות 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12773	בכל מהירות גדולה או קטנה מ 5 מטר לשנייה החלקיק לא יתמיד בתנועתו בתוך הבורר ולא יצא ממנו החוצה.	$V = 5 \frac{m}{s}$	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה האחיד: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$	ה.2-4- חשב את גודל מהירות כניסת החלקיק שבה החלקיק יצא מהבורר.	עוצמת השדה החשמלי בין הלוחות היא 50 ניוטון למטר. ועוצמת השדה המגנטי היא 10 טסלה.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12774	מביטוי גודל המהירות: $V = \frac{E}{B}$ ניתן לראות שהמהירות בה החלקיק יצא מהבורר תלויה רק בגודל השדות.	כל שלושת החלקיקים יצאו מהבורר.	ה.3-4- שלושה חלקיקים נכנסים לבורר במהירות 5 מטר לשנייה. נתוני החלקיקים: $m_1 = 4gr \quad q_1 = 0.1C$ $m_2 = 8gr \quad q_2 = 0.1C$ $m_3 = 4gr \quad q_3 = 0.2C$ מי מבין שלושת החלקיקים יצא מהבורר?	נתון חלקיק שמטענו 0.1 קולון ומסתו 4gr הנזרק לבורר מחריר הכניסה נע בקו ישר ויוצא מחריר היציאה. נניח את כוח הכבידה הפועל על החלקיק הטעון.	נתון חלקיק שמטענו 0.1 קולון ומסתו 4gr הנזרק לבורר מחריר הכניסה נע בקו ישר ויוצא מחריר היציאה.

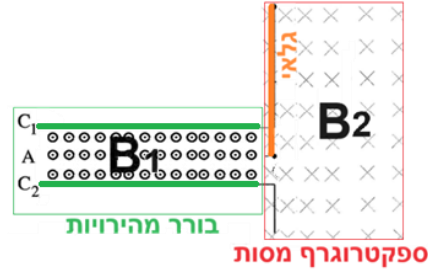
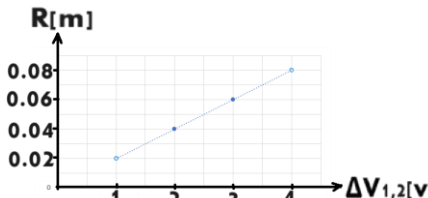
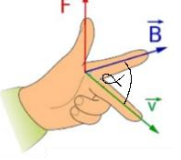
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12775	כיוון הכוח החשמלי תלוי בסימן המטען על מטען חיובי פועל כוח בכיוון השדה. על מטען שלילי פועל כוח נגדי לשדה. כיוון הכוח המגנטי תלוי בסימן המטען למציאת הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד שמאל. ולמציאת הכוח המגנטי הפועל על מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	החלקיק יצא מהבורר גם במקרה זה.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	ה-5. האם החלקיק ייצא מהבורר? הסבר.	ה-5. לבורר המהירויות המתואר בסעיף ה-4 נכנס חלקיק הטעון במטען שלילי כמוראה באיור הבא:  כל נתוני הבורר לא משתנים, וגם מהירות כניסת החלקיק לא משתנה.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12776	החלקיק יצא מהבורר רק אם הוא יתמיד בתנועתו. כדי לקבוע אם החלקיק יתמיד בתנועתו יש למצוא את כיוון פעולת הכוח החשמלי בהתאם לכיוון השדה ואת כיוון פעולת הכוח המגנטי בהתאם לכלל יד שמאל.	החלקיק לא יצא מהבורר במקרה זה.	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. הגדרת השדה החשמלי: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ביטוי לעוצמת השדה האחיד: $E = - \frac{\Delta V}{\Delta X}$	ה-6. האם גם במקרה זה החלקיק ייצא מהבורר? הסבר.	ה-6. חלקיק הטעון במטען חיובי נכנס לבורר המהירויות המתואר בסעיף ה-4. אך הפעם קוטביות הלוחות החשמליים היא הפוכה, הלוח העליון טעון במטען שלילי והלוח התחתון טעון במטען חיובי, כמוראה באיור הבא:  כל נתוני הבורר לא משתנים, ומהירות כניסת החלקיק היא 5 מטר לשנייה.

ו – ספקטרוגרף מסות.

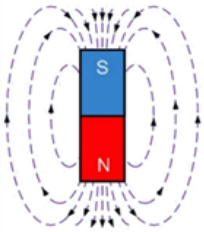
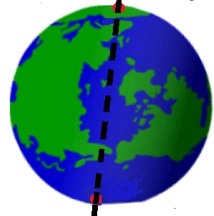
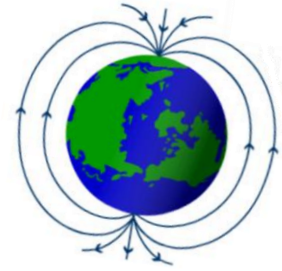
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12777	יש לנמק בעזרת ביטוי רדיוס המסלול של מטען הנע בשדה מגנטי.	לחלקיק 2 יהיה רדיוס מסלול גדול יותר.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	1.1.1- למי מהחלקיקים יהיה רדיוס מסלול גדול יותר?	1.1- נתונים שני חלקיקים טעונים בעלי מסות שונות הנכנסים במהירות זהה לתוך שדה מגנטי כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12778	לחלקיקים מהירות זהה ומטען זהה, ההבדל בין החלקיקים הוא רק במסתם.	$\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2}{m_1}$	הנע בשדה מגנטי:	2.1.1- בטא את יחס רדיוסי המסלול.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12779	רדיוס המסלול תלוי ביחס ישר במהירות החלקיק. כאשר מהירות החלקיקים שונה, בביטוי יחס הרדיוסים המהירות לא מצטמצמת.	הביטוי לא היה נכון.	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot V \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	3.1.1- האם ביטוי יחס רדיוסי המסלול בסעיף הקודם היה נכון גם כאשר מהירות החלקיקים הייתה שונה? הסבר.	נתונים החלקיקים: $m_1 = 4gr \quad q_1 = 0.1C \quad V_1 = 3 \frac{m}{s}$ $m_2 = 8gr \quad q_2 = 0.1C \quad V_2 = 3 \frac{m}{s}$

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12780	ניתן ללמוד על סימן המטענים מתנועתם בספטרורגרף מסות. לא ניתן ללמוד על סימן המטענים מתנועתם בבורר המהירויות.	מטען החלקיקים הוא חיובי.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$	1.2.1- העזר במסלול תנועת החלקיקים וקבע מה הוא סימן מטעני החלקיקים?	2.1- ספקטרורגרף מסות הוא התקן המכיל שדה מגנטי באמצעותו ניתן למצוא את מסתם של חלקיקים בעלי מטען זהה ומהירות זהה הנכנסים לספקטרורגרף.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12781	ניתן לבטא את המרחקים המבוקשים כתלות ברדיוסי מסלול תנועת החלקיקים.	OM = 8cm	כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי: 	2.2.1- ראשית הגלאי ממוקמת בנקודה בה החלקיקים הטעונים נכנסים לספקטרורגרף. חשב את המרחק שבין נקודת ראשית הגלאי לנקודת פגיעת חלקיק 1 (OM).	כדי שחלקיקים טעונים יכנסו לספקטרורגרף במהירות זהה הם עוברים לפני כניסתם לספקטרורגרף דרך בורר מהירויות. באיור הבא מופיע ספקטרורגרף ובורר מהירויות בהם נעים שני חלקיקים 1 ו-2, נקודת פגיעת חלקיק 1 בגלאי מסומנת ב-M, ונקודת פגיעת חלקיק 2 בגלאי ב-N. נקודת ראשית הגלאי מסומנת ב-O.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12782		ON = 16cm	במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	3.2.1- חשב את המרחק שבין נקודת ראשית הגלאי לנקודת פגיעת חלקיק 2 (ON).	 ספקטרורגרף מסות
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12783	רדיוס המסלול תלוי ביחס ישר במסת החלקיק, לכן קיים יחס ישר בין מרחק נקודת הפגיעה למסת החלקיק. ניתן לחשב יחס זה משני המקרים בסעיפים הקודמים.	אורך של 1 ס"מ בגלאי מייצג מסה של 0.5 גרם.	משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot v \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	4.2.1- תלמיד מעוניין לסמן על הגלאי שנתות שיצינו את מסת החלקיק הפוגע בגלאי. מה הוא ערך המסה המיוצג באורך של 1 ס"מ בגלאי.	נתוני החלקיקים: $m_1 = 4gr \quad q_1 = 0.1C \quad V_1 = 3 \frac{m}{s}$ $m_2 = 8gr \quad q_2 = 0.1C \quad V_2 = 3 \frac{m}{s}$ השדה המגנטי הנמצא בבורר המהירויות זהה לשדה המגנטי הנמצא בספקטרורגרף ועוצמתו 3 טסלה.

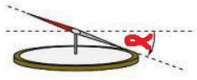
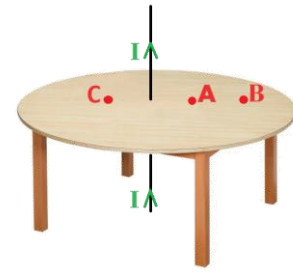
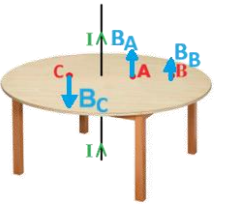
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12788	החלקיק בעל המסה הגדולה ביותר האפשרית למדידה בספקטרוגרף ינוע מנקודה O לנקודה C.	מסה של 1.5 גרם.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:  במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין.	5.2.1- מה היא מסת החלקיק המקסימאלית שניתן למדוד בעזרת הספקטומטר והגלאי במצב זה? הנח שמטען החלקיק ומהירותו זהים לערכם בסעיף הקודם. $q = 0.1 \text{ C} \quad V = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	2.1- בהמשך לסעיף הקודם. חלק מהגלאי נהרס, רק שלושה ס"מ מראשית הגלאי פעילים, לא ניתן להשתמש באזורים אחרים של הגלאי. באיור הבא מופיע האזור התקין הגלאי בצבע כתום (OC) והאזור התקול בשחור. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12789	השדה המגנטי בספקטרוגרף יכול להיות שונה מהשדה המגנטי בבורר המהירויות.	להגדיל את B בספקטרוגרף מבלי לשנות את B בבורר המהירויות.	משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot V \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	6.2.1- תלמיד מעוניין למדוד את מסתו של חלקיק גדול, הוא לא מצליח לתקן הגלאי. הצע שינוי במערכת שיאפשר לתלמיד למדוד את מסת החלקיק הגדול עם גלאי זה. מטען החלקיק הגדול ומהירותו: $q = 0.1 \text{ C} \quad V = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	השדה המגנטי הנמצא בבורר המהירויות זהה לשדה המגנטי הנמצא בספקטרוגרף ועוצמתו 3 טסלה.

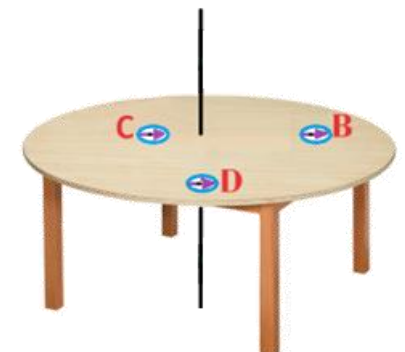
פיתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	3.1- נתונה מערכת למציאת מסתם של חלקיקים טעונים המורכבת מבורר מהירות וספקטרוגרף מסות.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12784	כדי שניתן יהיה להשתמש במערכת החלקיק צריך לפגוע בסיום תנועתו בגלאי.	המערכת מתאימה למטען חיובי בלבד.	גודל כוח מגנטי הפועל על מטען הנע בשדה: $F = q \cdot V \cdot B \cdot \sin(\alpha)$	1.3.1- לאיזה סוג מטען מתאימה מערכת זו למטען חיובי, שלילי או לשניהם?	 גודלם של השדות המגנטיים: $B_1 = 20T$ $B_2 = 5T$ לוחות הבורר מחוברים למקור מתח משתנה. בעזרתו ניתן לשנות את גודל הפרש הפוטנציאלים בין הלוחות C_1 ו-C_2. נסמן את הפרש הפוטנציאלים בין הלוחות ב-$\Delta V_{1,2}$ המרחק בין הלוחות הוא 5mm. נסמן מרחק זה באות d. מטען החלקיק הוא 0.1 קולון. הגרף הבא מתאר את רדיוס מסלול תנועת החלקיק בספקטרוגרף כתלות בהפרש הפוטנציאלים בבורר המהירות. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12785	בתנועת החלקיק בבורר המהירות השדה המגנטי מפעיל כוח מגנטי והשדה החשמלי מפעיל כוח חשמלי, כדי החלקיק יתמיד בתנועתו כוחות אלו צריכים להיות זהים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.	הלוח העליון (C_1) טעון במטען שלילי והלוח התחתון (C_2) טעון במטען חיובי.	כלל יד שמאל, למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי הנע בשדה מגנטי:	2.3.1- מה סימן מטען הלוחות C_1 ו- C_2 .	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12786	קוטביות השדה הלוחות קובעת את כיוון השדה החשמלי בין הלוחות.		 במקרה של מטען שלילי יש להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין. משוואת התנועה המעגלית: $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ביטוי זמן המחזור: $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$ ביטוי רדיוס המסלול: $R = \frac{m \cdot v \cdot \sin(\alpha)}{B \cdot q}$	3.3.1- פתח ביטוי המתאר את רדיוס המסלול כתלות בהפרש הפוטנציאלים בין הלוחות הבורר.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12787	בשאלות בהן נתון גרף וביטוי הגרף לרוב מהלך הפתרון מבוסס על שיפוע הגרף.	מסת החלקיק היא 1 גרם.		4.3.1- העזר בגרף וחשב את מסת החלקיק.	

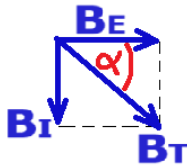
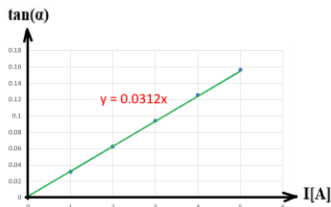
ז – שדה מגנטי של כדור הארץ

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12790	1. הקטבים הגיאוגרפים הם אזורים שהוגדרו כקטבים, ללא כל קשר למגנטיות כדור הארץ. 2. כדור הארץ הוא גוף מגנטי לכן יש לו קטבים מגנטיים (ללא כל קשר לקטבים הגיאוגרפים). 3. העשרה: בגלעין החיצוני של כדור הארץ קיים נוזל שתנועתו יוצרת זרמים חשמליים, זרמים אלו גורמים למגנטיות כדור הארץ. (תרשים מפורט של כל ארבעת הקטבים נמצא בפתרון המלא)	באזור הקוטב הצפוני הגיאוגרפי.	קווי השדה המגנטי יוצאים מהקוטב הצפוני המגנטי ונכנסים לקוטב הדרומי המגנטי 	1.1.1- היכן נמצא הקוטב הדרומי המגנטי. באזור הקוטב הצפוני הגיאוגרפי או באזור הקוטב הדרומי הגיאוגרפי?	1.1- כדור הארץ נע סביב צירו, ציר הסיבוב של כדור הארץ עובר דרך שתי נקודות הנקראות קוטב צפוני גאוגרפי וקוטב דרומי גאוגרפי, שני קטבים גיאוגרפים אלו מופיעים באיור הבא: 
		באזור הקוטב הדרומי הגיאוגרפי.		2.1.2- היכן נמצא הקוטב הצפוני המגנטי. באזור הקוטב הצפוני הגיאוגרפי או באזור הקוטב הדרומי הגיאוגרפי?	קוטב צפוני גאוגרפי קוטב דרומי גאוגרפי
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12791	1. תנועת מחט המצפן נקבעת בהתאם לקטבים המגנטיים של כדור הארץ ולקטבים המגנטיים של מחט המצפן. ראש מחט המצפן הוא קוטב צפוני מגנטי הנמשך לקוטב הדרומי מגנטי של כדור הארץ. זנב מחט המצפן הוא קוטב דרומי מגנטי הנמשך לקוטב הצפוני מגנטי של כדור הארץ. לכן, כאשר מחט המצפן מושפעת רק מהשדה המגנטי של כדור הארץ ראש מחט המצפן מורה על הצפון הגיאוגרפי. 2. למי שמנתב בעזרת המצפן חשובים רק הקטבים הגיאוגרפים ולא המגנטיים, הוא משתמש במצפן כדי לדעת את כיוון הצפון הגיאוגרפי.	מחט המצפן פונה לצפון הגיאוגרפי.		3.1.3- לאיזה כיוון פונה מחט המצפן. לקוטב הצפוני הגאוגרפי או לקוטב הצפוני המגנטי? הסבר.	כדור הארץ הוא גוף מגנטי, כמו כל מגנט גם לכדור הארץ יש קווי שדה מגנטי. קווי השדה המגנטי של כדור הארץ מתוארים בתרשים הבא: 

ח – שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12792	1. בהתאם לכיוון קווי השדה המגנטי של כדור הארץ, כיוון השדה המגנטי בקטבים המגנטיים הוא אנכי ובאזור קו המשווה הוא אופקי. בכל מקום אחר כיוון השדה המגנטי נוטה בזווית ביחס לאופק, זווית זו נקראת זווית הרכנה, באיור הבא מסומנת זווית ההרכנה ב-α.  2. מחט מצפן המונח על שולחן אופקי מושפעת רק מהרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. 3. גודל השדה המגנטי תלוי בגודל מרחק הנקודה מהמוליך, ולא במיקום הנקודה ביחס למוליך. כך למשל, אין הבדל בין גודל השדה המגנטי הנוצר בנקודה A לגודל השדה המגנטי הנוצר בנקודה C.	$B_A = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ $B_B = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ $B_C = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ כלל יד ימין: 	ח.1.1- חשב את עוצמת השדה המגנטי הנוצר מהמוליך נושא הזרם בכל אחת משלושת הנקודות A ו-B ו-C.	ח.1- נתון מוליך ישר נושא זרם I העובר דרך שולחן אופקי, המוליך יוצא ממרכז השולחן בניצב לפני השולחן. על השולחן מסומנות שלוש נקודות: A ו-B ו-C, כמראה באיור הבא:  מרחק הנקודות A ו-C מהמוליך הוא 20 ס"מ. מרחק הנקודה B 40 ס"מ. עוצמת הזרם במוליך היא 30 אמפר.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12793	כיוון השדה המגנטי בכל נקודה בסביבת המוליך הוא משיק לקו השדה המגנטי בנקודה, לכן הוא תלוי במיקום הנקודה ביחס למוליך, בהתאם לכלל יד ימין. כך למשל, כיוון השדה המגנטי הנוצר בנקודה A שונה מכיוון השדה המגנטי הנוצר בנקודה C.	 שלושת ווקטורי השדה המגנטי נמצאים במישור השולחן.		ח.2.1- תאר את ווקטורי השדה המגנטי הנוצרים מהמוליך נושא הזרם בכל אחת משלושת הנקודות A ו-B ו-C. בתשובתך התייחס לגודלם ולכיוונם של השדות המגנטיים	

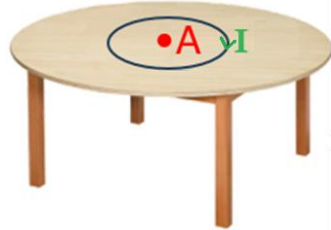
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12794	$\vec{B_E} \rightarrow$ 1. מכיוון שהמחט של המצפן יכולה לנוע רק בכיוון האופקי המצפנים המונחים על השולחן מושפעים מהרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. 2. כאשר מחט המצפן מושפעת רק מהשדה המגנטי האופקי של כדור הארץ (ולא מושפעת מכל שדה מגנטי אחר) המצפנים מצביעים בכיוון הקוטב הצפוני הגיאוגרפי.		עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ כלל יד ימין: 	ח.2.1- נסמן את השדה המגנטי שכדור הארץ יוצר על פני השולחן ב B_E. תאר בצורה ווקטורית את B_E	ח.2- מפסיקים את הזרם במוליך, מניחים על השולחן שלושה מצפנים שני מצפנים בנקודות B ו-C ומצפן נוסף בנקודה D שלושת המצפנים מופיעים באיור הבא:  מרחק הנקודות C ו-D מהמוליך הוא 20 ס"מ. מרחק הנקודה B מהמוליך הוא 40 ס"מ. במצב זה, שלושת המצפנים מושפעים מהשדה המגנטי של כדור הארץ בלבד.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12795	המצפנים הממוקמים בנקודות C ו-B יסוו מכיוונם. המצפן הממוקם בנקודה D לא יסטה מכיוון תנועתו. השדה המגנטי הנוצר מהמוליך יגרום לסטייה במחט המצפן רק אם השדה יפעל בכיוון שונה מהכיוון בו פועל השדה המגנטי של כדור הארץ.			ח.2.2- יוצרים במוליך זרם שגודלו 30 אמפר, וכיוונו כלפי מעלה. באיזה מצפנים תסטה מחט המצפן מכיוונה המקורי.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12796	מידת סטיית המצפנים תהיה שונה. בשני המקרים השדה המגנטי הנוצר מהמוליך ניצב לשדה המגנטי של כדור הארץ, אך על כל מצפן יפעל שדה מגנטי שונה בגודלו.			ח.2.3- בהמשך לסעיף הקודם, האם מידת סטיית מחט המצפן הנמצא בנקודה B תהיה זהה לסטיית מחט המצפן הנמצא בנקודה C.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12797	<u>בנקודה C:</u>  $\beta = 45^\circ$ 1. זווית הסטייה המחושבת היא ביחס לצפון. 2. לאחר הפעלת השדה המגנטי הנוצר מהזרם, מחט המצפן תתייצב בכיוון השדה המגנטי השקול. 3. המחט סוטה מהצפון בכיוונים שונים, השאלה עוסקת רק בגודל זווית הסטייה.	<u>בנקודה B:</u>  $\alpha = 26.56^\circ$		ח.2.4- גודל הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ הוא 30 מיקרו טסלה. חשב את זווית סטיית מחט המצפן הנמצא בנקודה B ואת זווית סטיית מחט המצפן הנמצא בנקודה C.	

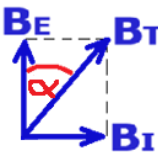
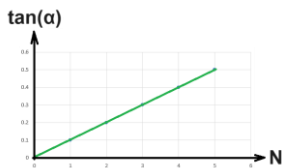
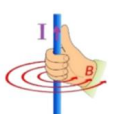
פיתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12798	מחט המצפן מושפעת משני שדות: מרכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ ומהשדה המגנטי שנוצר מהמוליך נושא הזרם, בנקודה בה נמצא המצפן. מחט המצפן תתייצב בכיוון השדה המגנטי השקול לשני שדות אלו. זווית סטיית מחט המצפן היא הזווית שבין כיוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי B_E לכיוון השדה השקול B_T .		עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ כלל יד ימין:	נ.3.1- ערוך תרשים המכיל את הגדלים: $\vec{B}_E$ - השדה המגנטי של כדור. $\vec{B}_I$ - השדה המגנטי הנוצר מהמוליך. $\vec{B}_T$ - השדה השקול. α - זווית סטיית המצפן.	נ.3- תלמיד ביצע ניסוי למציאת הרכיב האופקי המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא השתמש במוליך ישר הניצב למישור השולחן. ובמצפן המונח על השולחן במרחק 20 ס"מ מהמוליך. באיור הבא מתואר המצפן המונח על השולחן כאשר לא זורם זרם במוליך.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12799	זווית הסטייה לא תלויה ביחס ישר בעוצמת הזרם במוליך. טנגנס זווית הסטייה תלוי ביחס ישר בעוצמת הזרם. לכן, התלמיד משתמש בגרף המתאר את טנגנס הזווית כתלות בזרם. ולא בגרף המתאר את הזווית כתלות בזרם.			נ.3.2- ערוך בהתאם לטבלה גרף המתאר את ערכי טנגנס זווית הסטייה כתלות בעוצמת הזרם במוליך.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12800	רק פונקציית הטנגנס עוסקת ביחס שבין B_I לבין B_E . לכן יש להשתמש בפונקציית הטנגנס ולא בפונקציות הסינוס והקוסינוס.	$\tan(\alpha) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot B_E}$		נ.3.3- פתח ביטוי המתאר את טנגנס זווית הסטייה כתלות בזרם.	התלמיד יצר זרם במוליך שכיוונו כלפי מטה ומדד את זווית סטיית מחט המצפן. הוא שינה את עוצמת הזרם ומדד בכל פעם את זווית הסטייה.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12801	מחט המצפן נעה רק במישור האופקי, היא מושפעת רק מרכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ. גודל הוקטור B_E המופיע בפונקציית הטנגנס הוא רכיב השדה המגנטי של כדור הארץ. לכן עוצמת השדה המגנטי המחושב הוא רק של הרכיב האופקי המגנטי של שדה כדור"א ולא כל השדה המגנטי של כדור"א.	$B_E = 33.31 \cdot 10^{-6} \text{ T}$		נ.3.4- מצא בעזרת הגרף את גודל רכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ.	הטבלה הבאה מרכזת את ערכי הזרם במוליך, זווית הסטייה וערך טנגנס הזווית.

I[A]	$\alpha[^\circ]$	$\tan(\alpha)$
1	1.78	0.0312
2	3.57	0.0624
3	5.35	0.0937
4	7.12	0.125
5	8.86	0.156

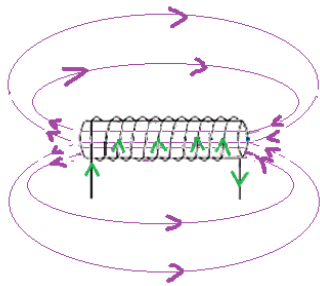
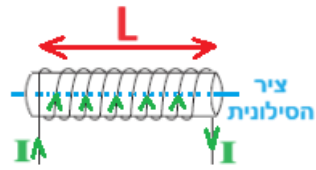
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12802	1. מביטוי שיפוע הגרף ניתן לראות שהשיפוע תלוי במרחק שבין המוליך למצפן. 2. השדה המגנטי בכל נקודה על פני כדור הארץ נקבע רק בהתאם לכדור הארץ. 3. השדה המגנטי הנוצר מהמוליך נושא הזרם קובע את השדה המגנטי השקול לא משפיע על השדה המגנטי שכדור הארץ יוצר.	א. שיפוע הגרף יקטן. ב. רכיב השדה המגנטי לא ישתנה.	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ כלל יד ימין: 	פ.3.5- א. האם גרף טנגנס הזווית כתלות בזרם ישתנה? אם כן נמק כיצד ישתנה הגרף? ב. האם ערך רכיב השדה המגנטי האופקי המחושב ישתנה?	פ.3.5- התלמיד הרחיק את המצפן לקצה השולחן, למרחק 40 ס"מ מהמוליך נושא הזרם. וחזר על כל מהלך הניסוי המתואר בדף הקודם. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12803	הגרף מתאר את ערך טנגנס הזווית ללא כל קשר לכיוון סטיית המצפן. מהגרף לבדו לא ניתן לדעת מה כיוון השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ.	הגרף לא ישתנה. רכיב השדה המגנטי לא ישתנה.		פ.3.6- האם גרף טנגנס הזווית כתלות בזרם ישתנה? אם כן נמק כיצד ישתנה הגרף? האם ערך רכיב השדה המגנטי האופקי המחושב ישתנה?	פ.3.6- תלמיד חוזר על הניסוי עם אותם ערכי זרמים, אך הפעם כיוון הזרם הוא כלפי מעלה.

ט – שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית וסליל מעגלי דק

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12804	קיים ביטוי רק לעוצמת השדה המגנטי בנקודת המרכז. הביטוי מופיע בדפי הנוסחאות בצורה כללית של סליל מעגלי דק. לכריכה בודדת היא סליל מעגלי דק שבו $N=1$.	$B = 7.85 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	עוצמת שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית נושאת זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$	ט.1.1- חשב את גודל השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה A.	ט.1- נתונה כריכה מעגלית שרדיוסה 40 ס"מ המונחת על שולחן. במרכז הכריכה נמצאת הנקודה A. בכריכה זורם זרם שגודלו 5 אמפר, הזרם נע בכיוון השעון כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12805	ניתן להשתמש בכלל יד ימין גם כאשר המוליך הוא מעגלי. (ובכל צורה אחרת).	כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה הוא פנימה לתוך השולחן.	עוצמת שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק נושא זרם: $B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$	ט.2.1- מצא את כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכה A.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12806	בכל נקודה על פני השולחן מחוץ לכריכה כיוון השדה המגנטי הוא זהה. ובכל נקודה על פני השולחן בתוך הכריכה כיוון השדה המגנטי הוא זהה.	כיוון השדה המגנטי מחוץ לכריכה הוא החוצה מהשולחן.	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	ט.3.1- מה כיוון השדה המגנטי על פני השולחן בנקודה הנמצאת מחוץ לכריכה המעגלית.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12807	כעוצמת השדה הנוצרת משתי הכריכות בנקודה A תהיה גדולה פי 2 מעוצמת השדה הנוצרת מכריכה אחת.	$B = 1.57 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	ט.1.2- חשב את גודל השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכות A.	ט.2- מניחים על השולחן מוליך הכרוך בשתי כריכות, רדיוס כל כריכה הוא 40 ס"מ, בכריכות זורם זרם שגודלו 5 אמפר נגד כיוון השעון, כמוראה באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12808	כל עוד הכריכות כרוכות באותו כיוון השדה המגנטי שהכריכות יוצרות בנקודת המרכז הוא זהה.	כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכות הוא החוצה מהשולחן.	כלל יד ימין:	ט.2.2- מצא את כיוון השדה המגנטי בנקודת מרכז הכריכות A.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12809	כאשר הכריכות מלופפות בכיוונים שונים, בכריכה אחת כיוון הזרם יהיה נגד כיוון השעות ובשנייה בכיוון השעון. ייצרו שני שדות מגנטיים במרכז הסליל זהים בגודלם והפוכים בכיוונם.	$B = 0 \text{ T}$		ט.3.2- תלמיד כרך את הכריכות בכיוונים מנוגדים, חשב את עוצמת השדה המגנטי בנק' A במצב זה.	

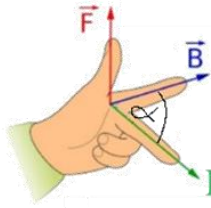
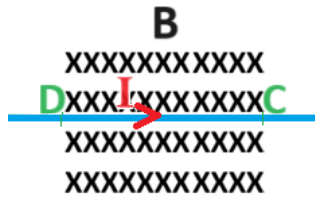
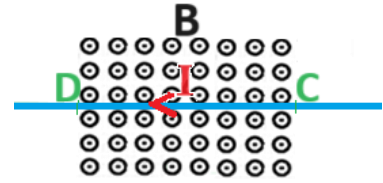
פותרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	ט.3- גליונומטר טנגנטי הוא התקן באמצעותו ניתן למצוא את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. הגליונומטר מורכב מסליל מעגלי דק הכרוך סביב מצפן אופקי הממוקם במרכז הסליל.																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12810	מישור הכריכה בסעיף זה שונה ממישור הכריכה בסעיף הקודם, אך העקרונות הפיזיקליים זהים. בפתרון המלא מופיע איור עם תרשים מפורט.	כיוון הזרם בנקודה העליונה הוא דרומה.	עוצמת השדה המגנטי האחד לאורך ציר הסילוני: $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L}$	ט.1.3- מה כיוון הזרם בנקודה העליונה של הגליונומטר? צפונה או דרומה?	תלמיד השתמש בגליונומטר למציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12811	1. כיוון הצפון במקרה זה מתואר מנקודת מבט שונה מנקודת המבט בסעיף הקודם ח.1, 3.1, העקרונות הפיזיקליים זהים. 2. ניסוי זה מבוצע בעזרת זרם קבוע ומספר כריכות משתנה. ניתן לבצע ניסוי דומה עם מספר כריכות קבוע וזרם משתנה.	 $\tan(\alpha) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r \cdot B_E} \cdot N$	עוצמת שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית נושאת זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$	ט.2.3- ערוך תרשים המתאר את שני השדות ואת זווית הסטייה. ופתח ביטוי המתאר את טנגנס זווית הסטייה כתלות במספר הכריכות N.	התלמיד מיקם את מישור הכריכות בכיוון צפון דרום, כך שמחט המצפן הצביעה על כיוון הצפון כמראה באיור: 																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12812	1. בגרף זה אין יחידות לציר האנכי ולציר האופקי. 2. בהתאם לערכי המדידות קו המגמה עובר דרך כל הנקודות בגרף.		עוצמת סליל מעגלי דק נושא זרם: $B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$	ט.3.3- ערוך בהתאם לטבלה גרף המתאר את ערכי טנגנס זווית הסטייה כתלות במספר הכריכות.	לאחר מכן התלמיד כרך כריכה אחת שרדיוסה 40 ס"מ על הגליונומטר והזרים בכריכה זרם שגודלו 2 אמפר. מחט המצפן סטתה מזרחה בזווית של 5.9 מעלות.																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12813	כדאי לזכור שערך השדה המגנטי של כדור הארץ הוא כ 30 מיקרו טסלה. באזור המשווה זווית ההרכנה קטנה יחסית, גודל הרכיב האופקי כמעט זהה לגודל השדה המגנטי.	$B_E = 31.41 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	ט.4.3- מצא בעזרת הגרף את גודל רכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ.	התלמיד שינה את מספר הכריכות N ומדד את ערכי זווית הסטייה וחישב את ערך טנגנס הזווית. התלמיד ריכז את הנתונים בטבלה הבאה:																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12814	ניתן להשתמש בפונקציות סינוס קוסינוס וטנגנס רק במשולש ישר זווית.	התלמיד צודק.	כלל יד ימין: 	ט.5.3- התלמיד טוען שאם מישור הכריכות לא היה בכיוון צפון דרום הניסוי. האם התלמיד צודק? הסבר!	<table><tr><th>N</th><th>α [°]</th><th>$\tan(\alpha)$</th></tr><tr><td>1</td><td>5.9</td><td>0.1</td></tr><tr><td>2</td><td>11.8</td><td>0.2</td></tr><tr><td>3</td><td>17.3</td><td>0.3</td></tr><tr><td>4</td><td>22.6</td><td>0.4</td></tr><tr><td>5</td><td>27.6</td><td>0.5</td></tr></table>	N	α [°]	$\tan(\alpha)$	1	5.9	0.1	2	11.8	0.2	3	17.3	0.3	4	22.6	0.4	5	27.6	0.5
N	α [°]	$\tan(\alpha)$																					
1	5.9	0.1																					
2	11.8	0.2																					
3	17.3	0.3																					
4	22.6	0.4																					
5	27.6	0.5																					

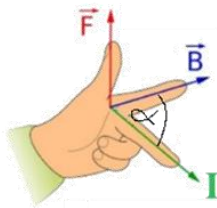
י - שדה מגנטי לאורך ציר סילוני ארוכה.

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12815	למציאת השדה המגנטי בתוך הסילוני יש להשתמש בכלל יד ימין עם יד ימין על אחת הכריכות. ניתן להשתמש בצורה פשוטה יותר עם יד ימין, שתי האפשרויות מופיעות בפרוט בפתרון המלא.	כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוני הוא שמאלה.	עוצמת השדה המגנטי האחד לאורך ציר הסילוני: $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L}$	י.1.1- מה כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוני.	י.1- נתונה סילוני ארוכה שאורכה הוא $L = 20\text{cm}$ מספר הכריכות בסילוני הוא $N = 400$. בסילוני זורם זרם שגודלו 4 אמפר , כיוון הזרם בסילוני מסומן באיור הבא:
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12816	1. קווי השדה המגנטי מתוארים באופן איכותי בלבד. 2. קווי השדה המגנטי הם קווים סגורים בסביבת כל גוף מגנטי ובסביבת כל התקן נושא זרם. 3. בתוך סילוני ארוכה קווי השדה המגנטי הם קווים ישרים, מחוץ לסילוני קווי השדה מתעקמים ונסגרים.		עוצמת שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$ עוצמת שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק נושא זרם: $B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$	י.2.1- תאר את קווי השדה המגנטי בסביבת הסילוני.	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12817	ביטוי הסילוני הארוכה מתאים לחישוב השדה המגנטי בתוך הסילוני, לאורך ציר הסילוני בלבד. לאורך ציר הסילוני הארוכה עוצמת השדה המגנטי היא אחידה.	$B = 0.01\text{T}$	עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	י.3.1- חשב את עוצמת השדה האחד לאורך ציר הסילוני.	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12818	1. קוטר המוליך שווה לעובי המוליך. 2. בכל סילוני הכריכות צפופות גם אם באיור זה לא נראה כך. 3. קוטר המוליך שווה ליחס שבין אורך המוליך למספר הכריכות , ניתן לבטא את קוטר המוליך כתלות בצפיפות הכריכות: $d = \frac{L}{N} = \frac{1}{n}$	$d = 0.5\text{mm}$	כלל יד ימין: 	י.4.1- חשב את קוטר המוליך . הנח שהכריכות בסילוני הן צפופות , כך שאין מרווח בין כריכה לכריכה.	

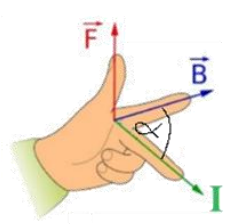
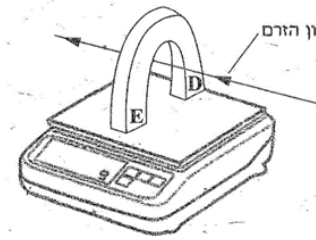
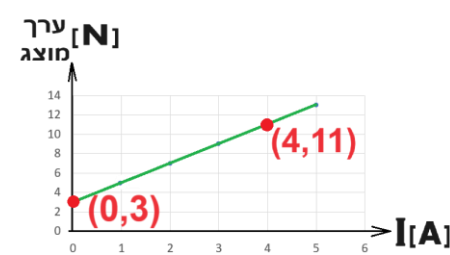
פותרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	2. תלמיד ביצע ניסוי למציאת הרכיב האופקי המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא השתמש בסילונית בעלת 15 כריכות שאורכה 90 ס"מ ומצפן. התלמיד מיקם את הסילונית כך שציר הסילונית מוקם בין מזרח למערב ויצר בסילונית זרם כמורה באיור הבא:																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12819	1. כיוון השדה המגנטי בתוך הסילונית הוא לאורך ציר הסילונית. 2. כאשר כיוון הזרם בסילונית מתהפך כיוון השדה המגנטי בתוך הסילונית מתהפך. 3. תרשימים מפורטים מופיעים בפתרון המלא.	מחט המצפן תסטה לכיוון מזרח.	עוצמת השדה המגנטי האחד לאורך ציר הסילונית: $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{L}$ עוצמת שדה מגנטי במרכז כריכה מעגלית נושאת זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$ עוצמת שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק נושא זרם: $B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I}{2 \cdot r}$ עוצמת שדה מגנטי בסביבת מוליך ישר נושא זרם: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ כלל יד ימין:	1.2.1- לאיזה כיוון תסטה מחט המצפן? מזרח או מערב? 2.2. ערוך תרשים המתאר את שני השדות ואת זווית הסטייה. ופתח ביטוי המתאר את טנגנס זווית הסטייה כתלות בעוצמת הזרם בסילונית.																			
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12820	המהלך לביטוי רכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ בעזרת שלושת ההתקנים: מוליך ישר, סליל דק וסילונית הוא זהה.	 $\tan(\alpha) = \frac{\mu_0 \cdot N}{B_E \cdot L} \cdot I$		3.2. ערוך בהתאם לטבלה גרף המתאר את ערכי טנגנס זווית הסטייה כתלות בעוצמת הזרם בסילונית.																			
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12821	בגרף זה בשונה מהגרפים בסעיפים 3.3 ו-3.2 המדידות אינן מדויקות, קיימות שגיאות מדידה משמעותיות. יש לקבוע את הישר המסתבר (קו המגמה) בצורה סבירה, ולהגיע למסקנות רק מהישר המסתבר ביותר.			4.2. מצא בעזרת הגרף את גודל רכיב השדה המגנטי האופקי של כדור הארץ.	התלמיד יצר בסילונית זרם שגודלו 0.2 אמפר ומצא שמחט המצפן סטתה מהצפון בזווית 15.53 מעלות																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12822	יש לחשב את ערך השיפוע רק על סמך שתי נקודות הנמצאות על הישר המסתבר ביותר ולא על סמך שתי נקודות מהמדידות.	$B_E = 3.18 \cdot 10^{-5} \text{ T}$		5.2. התלמיד טוען שכדי לבצע את ציר הסילונית בין מזרח למערב.	התלמיד שינה את עוצמת הזרם ומדד את ערכי זווית הסטייה וחישב את ערך טנגנס הזווית. הנתונים מרוכזים בטבלה הבאה:																		
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12823	ציר הסילונית ניצב למישור הכריכות.	התלמיד צודק.		האם התלמיד צודק? הסבר!	<table><thead><tr><th>I [A]</th><th>$\alpha [^\circ]$</th><th>$\tan(\alpha)$</th></tr></thead><tbody><tr><td>0.2</td><td>16.3</td><td>0.29</td></tr><tr><td>0.4</td><td>27.2</td><td>0.51</td></tr><tr><td>0.6</td><td>43.1</td><td>0.93</td></tr><tr><td>0.8</td><td>50.2</td><td>1.2</td></tr><tr><td>1</td><td>56.2</td><td>1.49</td></tr></tbody></table>	I [A]	$\alpha [^\circ]$	$\tan(\alpha)$	0.2	16.3	0.29	0.4	27.2	0.51	0.6	43.1	0.93	0.8	50.2	1.2	1	56.2	1.49
I [A]	$\alpha [^\circ]$	$\tan(\alpha)$																					
0.2	16.3	0.29																					
0.4	27.2	0.51																					
0.6	43.1	0.93																					
0.8	50.2	1.2																					
1	56.2	1.49																					

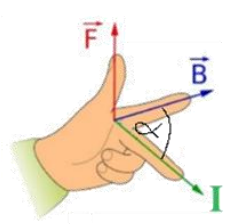
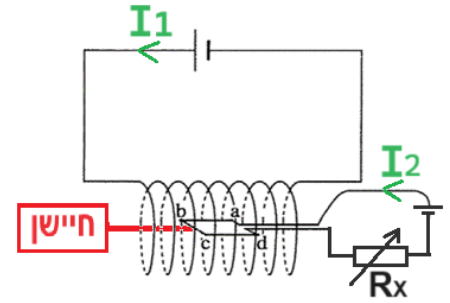
יא – כוח מגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.

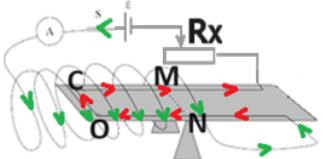
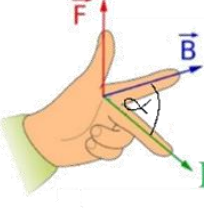
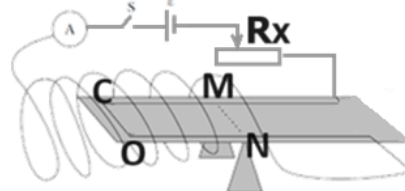
פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12825	1. הכוח המגנטי פועל על האלקטרונים. מכיוון שהם לא יוצאים מהמוליך ניתן לומר שהכוח המגנטי פועל על המוליך. 2. מכיוון שהכוח המגנטי פועל על האלקטרונים למציאת כיוון הכוח המגנטי אנחנו אמורים להשתמש בכלל יד שמאל עם יד ימין, אך מכיוון שכיוון התנועה האמיתי של האלקטרונים הוא הפוך לכיוון הזרם (כיוון המוסכם), למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על המוליך יש להתשמש בכלל יד שמאל עם יד שמאל.	הכוח המגנטי פועל כלפי מעלה.	כלל יד שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. 	יא.1- מה כיוון הכוח המגנטי הפועל על המוליך?	יא.1- נתון מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי שגודלו 40mT.  עוצמת הזרם במוליך היא 3 אמפר. אורך קטע המוליך CD הנמצא בתוך השדה המגנטי הוא 2.4 מטרים.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12824	1. ביטוי הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי מופיע בדפי הנוסחאות. גודל כוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי $F = I l B \sin \alpha$ 2. הזווית α היא הזווית שבין כיוון הזרם החשמלי לכיוון השדה המגנטי. 3. משוואת הכוח היא משוואה סקלרית, המשוואה מתארת רק את גודל הכוח המגנטי לא ניתן ללמוד ממשוואה זו על כיוון הכוח המגנטי.	$F = 0.288 \text{ N}$	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא הזרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. $F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$	יא.2- חשב את גודל הכוח המגנטי הפועל על המוליך?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12826	היפוך כיוון הזרם גורם להיפוך הכוח המגנטי. גם היפוך כיוון השדה המגנטי גורם להיפוך הכוח המגנטי. כאשר כיוון הזרם מתהפך וגם כיוון השדה המגנטי מתהפך אין שינוי בכיוון הכוח המגנטי.	הכוח המגנטי לא ישתנה בגודלו וגם לא ישתנה בכיוונו.		יא.2- כיצד ישתנה גודלו וכיוונו של הכוח המגנטי	יא.2- משנים את כיוון השדה המגנטי ואת כיוון הזרם במוליך. 

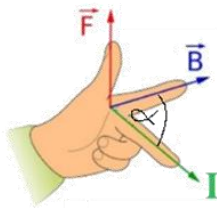
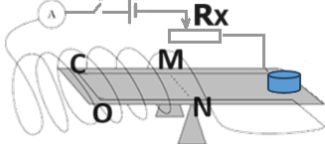
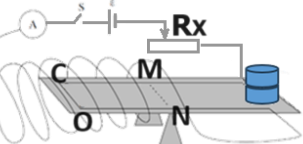
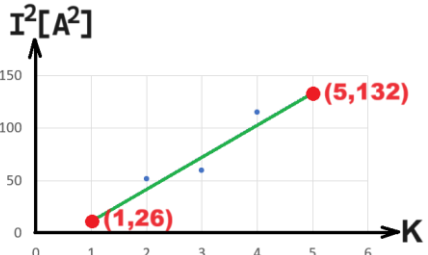
פותר מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12827	כיוון הזרם הוא מהפוטנציאל הגבוהה לנמוך.	כיוון הזרם במוליך הוא שמאלה.	כלל יש שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.3- מה כיוון הזרם במוליך?	יא.3- תלמיד נעץ שני מוטות מוליכים A ו-B על משטח מבודד. כל אחד משני המוטות חובר לפוטנציאל שונה הלוח A חובר לפוטנציאל חיובי והלוח B חובר לפוטנציאל שלילי.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12828	נתון שהשדה המגנטי ניצב למישור הדף, לכן יש רק שתי אפשרויות לכיוון השדה המגנטי: פנימה לתוך הדף או החוצה מהדף. שקול הכוחות על המוט צריך להיות אפס, בהתאם כיוון הכוח המגנטי חייב להיות כלפי מעלה.	כיוון השדה המגנטי הוא החוצה מהדף.		יא.3- מה כיוון השדה המגנטי? פנימה לתוך מישור הדף או החוצה ממישור הדף?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12829	גם בשאלות העוסקות בשדה המגנטי, חוקי ניוטון ומשוואות התנועה הן הבסיס לפתרון של חלק גדול מהשאלות.	$I = \frac{m \cdot g}{B \cdot L}$	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.3- כתוב ביטוי המתאר את עוצמת הזרם במוליך כתלות במסת המוליך m, אורכו L, ועוצמת השדה המגנטי B.	התלמיד השחיל טבעת מוליכה על מוט A וטבעת מוליכה נוספת על מוט B וחיבר בין הטבעות בעזרת מוליך. כתוצאה מהפרש הפוטנציאלים בין הטבעות נוצר זרם במוליך.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12830	השדה המגנטי הוא אחיד, עוצמת הזרם במוליך היא קבועה. לכן, גם כאשר המוליך נע הכוח המגנטי הפועל עליו לא משתנה.	המוליך ינוע בתאוצה קבועה, כיוון התאוצה הוא כלפי מטה.	$F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$	יא.4- הופכים את הקוטביות החשמלית של המוטות. כך שלוח B מחובר לפוטנציאל חיובי ולוח A מחובר לפוטנציאל שלילי. כיצד ינוע המוליך?	באזור המוטות קיים שדה מגנטי אחיד הניצב למישור המוטות (מישור הדף). בהתאם לשדה המגנטי ולזרם במוליך פועל כוח מגנטי על המוליך הגורם למוליך ל"רחף" בגובה קבוע. המוליך והטבעות מתוארים באיור הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12831	לא ניתן לחשב את גודלו של הכוח המגנטי בעזרת ביטוי הכוח המגנטי. בהתאם לסעיף הקודם ניתן לקבוע שהכוח המגנטי הפועל על המוליך שווה בגודלו לכוח הכובד הפועל על המוליך. כתוצאה מהיפוך הקוטביות הכוח המגנטי משתנה רק בכיוונו ולא בגודלו.	$a = 20 \frac{m}{s^2}$		יא.5- בהמשך לסעיף הקודם, חשב את תאוצת המוליך לאחר היפוך הקוטביות במוטות.	

כוח החיכוך הפועל בין הטבעות למוטות הוא זניח.

פותר מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12832	על מגנט הפרסה פועל כוח מגנטי כלפי מטה. מהגרף ניתן לראות שכלל שעוצמת הזרם במוליך גדלה המגנט מעיק יותר על המשקל הדיגיטלי.		כלל יש שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.4- מה כיוון הכוח המגנטי הפועל על המגנט?	יא.4- באיור שלפניך מתואר מגנט פרסה המונח על משקל דיגיטלי. קטבי המגנט מסומנים ב D ו- E. בסמוך לקטבי המגנט עובר מוליך נושא זרם (המוליך עובר מעל למשקל הדיגיטלי ולא נוגע בו). באיור הבא מופיע המוליך וכיוון הזרם במוליך:
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12833	על המוליך פועל כוח מגנטי כלפי מעלה. הכוח המגנטי הפועל על המוליך והכוח המגנטי הפועל על פרסת המגנט הם זוג כוחות הדדים בהן עוסק החוק השלישי של ניוטון.			יא.4-2 מה כיוון הכוח המגנטי הפועל על המוליך?	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12834	הקצה D הוא קוטב צפוני מגנטי, הקצה E הוא קוטב דרומי מגנטי. השימוש בכלל יש שמאל מצריך סיבוב של היד בצורה מעט לא נוחה. מומלץ למקם את האצבעות בצורה הנכונה עד כמה שאפשר ולחשוב על התאמת הכלל למציאות גם כאשר האצבעות לא ממוקמות בדיוק בכיוונים הנכונים.			יא.4-3 איזה קוטב מגנטי נמצא בקצה D. ואיזה קוטב מגנטי נמצא בקצה E?	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12836	$N' = B \cdot L \cdot I + m \cdot g$ בדרך כלל כאשר אנחנו מעוניינים לבטא כוח הפועל על גוף כלשהו יש לערוך תרשים כוחות על אותו גוף, לכתוב משוואת תנועה ולבטא ממנה את הכוח הדרוש. במקרה זה, אין מספיק נתונים לכתיבת משוואת התנועה למשקל הדיגיטלי. יש לערוך תרשים על המגנט לכתוב משוואת התנועה לבטא את הנורמל ולהשתמש בחוק השלישי כדי לבטא את הכוח הפועל על המשקל.		גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. $F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$	יא.4-4 פתח ביטוי לערך המוצג כתלות בעוצמת הזרם.	אורכו של קטע המוליך הנמצא בתוך השדה המגנטי הנוצר ממגנט הפרסה הוא 10 ס"מ. כיוון הזרם ניצב לכיוון השדה המגנטי. הזנח את השדה המגנטי של כדור הארץ. הגרף שלפניך מתאר את הערך המוצג במשקל הדיגיטלי כתלות בזרם במוליך.
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12835	$m = 0.3 \text{ kg}$ היחידות של הכוח המוצג הן ניוטון לכן המכשיר מיועד להצגת משקל הגוף המונח עליו ולא את מסת הגוף.			יא.4-5 העזר בגרף ומצא את מסת המגנט.	בגרף מסומנות שתי נקודות.
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12837	$B = 20 \text{ T}$ 1. חשוב לזכור שבשאלות בהן מופיע גרף הפתרונות לרוב מבוססים על השיפוע של הישר ו/או על נקודות החיתוך עם הצירים. 2. משמעות האורך L המופיע בביטוי הכוח המגנטי הוא אורך המוליך הנמצא בתוך השדה המגנטי.			יא.4-6 העזר בגרף ומצא את גודל השדה המגנטי שיוצר מגנט הפרסה במקום בו עובר המוליך.	

פיתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12838	יש לסמן את כיוון הזרם בסילוניות ורק לאחר מכן לקבוע את כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניות.	כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניות הוא ימינה.	כלל יד שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.5- מה כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניות?	יא.5- נתונה סילוניות ארוכה המחוברת ישירות למקור מתח. ישרות למקור מתח.
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12839	1. אנחנו עוסקים רק בסילוניות המלופפות ללא מרווחים, גם כאשר בתרשים נראה שיש מרווחים בין הכריכות. 2. קוטר המוליך שווה לאחד חלקי צפיפות הכריכות, ראו הרחבה בפתרון המלא.	$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{d}$		יא.5- כתוב ביטוי לגודל השדה המגנטי בתוך הסילוניות כתלות בקוטר המוליך ממנו עשויה הסילוניות d.	לתוך הסילוניות מוכנסת מסגרת ריבועית מוליכה abcd, המחוברת למקור מתח דרך נגד משתנה R_x . הצלע bc של המסגרת מחוברת לחיפיון המציג את ערך הכוח הפועל על הצלע המסגרת bc. באיור שלפניך מתוארת הסילוניות, המסגרת החיפיון והזרמים:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12840	יש לקבוע את כיוון הכוח המגנטי בהתאם לכלל יד שמאל. לפני קביעת כיוון הכוח יש לסמן את כיוון הזרם בצלע bc ואת כיוון השדה המגנטי.	על צלע bc פועל כוח כלפי מעלה.	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא הזרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. $F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$	יא.5- מה כיוון הכוח המגנטי הפועל על הצלע bc?	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12841	1. חשב להבחין בין אורך הסילוניות L לאורך הצלע bc. 2. הביטוי לשדה המגנטי בסילוניות מתאר את גודל השדה המגנטי לאורך ציר הסילוניות, בקירוב זהו השדה המגנטי בכל נקודה בתוך הסילוניות, וגם לאורך הצלע bc. 3. על צלעות ab ו-cd לא פועל כוח מגנטי, בצלעות אלו כיוון הזרם הוא ככיוון השדה או בכיוון נגדי לשדה המגנטי.	$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot L_{bc}}{d} \cdot I_2$		יא.5- כתוב ביטוי לגודל הכוח המגנטי הפועל על הצלע bc כתלות בזרם דרך המסגרת I_2 .	תלמיד שינה את התנגדותו של הנגד המשתנה מספר פעמים ורשם בכל פעם את ערכו של הכוח המוצג בחיפיון. וערך בהתאם את הגרף הבא:
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12842	1. יש לשים לב ליחידות הערכים בציר האנכי. 2. התנגדות הנגד המשתנה קובעת את עוצמת הזרם במסגרת המוליכה I_2 , אין להתנגדות הנגד המשתנה השפעה על עוצמת הזרם בסילוניות I_1 .	$I_1 = 2A$		יא.5- נתון קוטר המוליך ממנו עשויה הסילוניות הוא 1 מילימטר. אורך צלע המסגרת הוא 5 ס"מ. מה עוצמת הזרם בסילוניות I_1 ?	

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12843	1. תיל הוא מוליך המיועד להולכת זרם. 2. כיוון הזרם במעגל הוא מהפוטנציאל החיובי של הסוללה לפוטנציאל השלילי של הסוללה. בסילונית כיוון הזרם בצד הקרוב למתבונן הוא כלפי מטה, בקטע התיל OC כיוון הזרם הוא מ O ל- C.		כלל יש שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.  גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא הזרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. $F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin(\alpha)$	יא.6-1. סוגרים את המפסק s. סמן את מסלול הזרם בקטע התיל הצמוד ללוחית בצבע אחד ואת הזרם בשאר חלקי התיל בצבע אחר.	יא.6- המערכת הנתונה נקראת מאזני זרם, היא משמשת למדידת מסתם של גופים קטנים. היא מורכבת מלוחית מבודדת נגד משתנה, מקור מתח ותיל ארוך. הלוחית נעה סביב ציר MN, חלק מהמוליך משמש כסילונית ארוכה וחלק מהמוליך צמוד ללוחית כפי שניתן לראות באיור הבא: 
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12844	כאשר מטען נע בשדה מגנטי פועל על המטען כוח התלוי בכיוון התנועה ביחס לכיוון השדה. הכוח הפועל על התיל נובע מתנועת האלקטרונים לכן גם הוא תלוי בכיוון הזרם ביחס לשדה המגנטי.	מביטוי הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם, הכוח המגנטי פועל בקטע OC ולא פועל בקטעים: CM ו- ON.		יא.2- על מי מבין שלושת הקטעים הבאים פועל הכוח המגנטי: NO, OC, CM	
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12845	כדי לענות נכון על סעיף זה יש לזהות את כיווני הזרמים (בסילונית ובקטע OC), להשתמש בכלל יד ימין ובכלל יד שמאל. מכיוון שמהלך הפתרון כולל שימוש במספר עקרונות יש לכתוב את הפתרון בצורה מסודרת שלב אחרי שלב.	כיוון הכוח המגנטי הוא כלפי מטה.		יא.3- מה כיוון הכוח המגנטי הפועל על הקטע OC?	קטע המוליך OC משמש כתיל נושא זרם. לפני סגירת המפסק הלוחית מאוזנת.
https://mooodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12846	שינוי קוטביות הסוללה גורם לשינוי כיוון הזרם בקטע OC ולשינוי כיוון השדה המגנטי בתוך הסילונית.	כיוון הכוח המגנטי הוא כלפי מטה.		יא.4- הופכים את קוטביות הסוללה, כתוצאה מכך הזרם בכל נקודה במוליך מתהפך. מה יהיה כעת כיוון הכוח המגנטי הפועל על הקטע OC?	

פתרון מלא	הערות חשובות	תשובה	העקרונות הפיזיקליים	דרישה	המשך שאלה יא.6
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12847	1. ככל שההתנגדות השקולה קטנה יותר כך עוצמת הזרם גדולה יותר. 2. בהתאם לזרם הנמדד ניתן לחשב את מסת הדסקיות המונחות בקצה הלוחית. 3. המערכת פועלת כמאזניים לכן היא נקראת מאזני זרם.	יש להזיז את הגררה ימינה.	כלל יש שמאל למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי. 	יא.6-5. לאיזה כיוון מזיז התלמיד את הגררה של הנגד המשתנה כדי להגביר את עוצמת הזרם? שמאלה או ימינה?	תלמיד הניח דסקה בקצה הימני של הלוחית כמוראה באיור הבא:  לאחר מכן הוא הגביר את הזרם עד שהלוחית הייתה מאוזנת. לאחר מכן הוא הוסיף דסקה נוספת כמוראה באיור הבא:  והגביר שוב את הזרם עד שהלוחית חזרה להיות מאוזנת. התלמיד חזר על פעולות אלו חמש פעמים, וערך גרף המתאר את ריבוע הזרם כתלות במספר הדיסקות k. 
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12848	כאשר הלוחית מאוזנת כוח הכובד הפועל על הדיסקיות שווה לכוח המגנטי הפועל על קטע המוליך CO.	$I^2 = \frac{m \cdot g}{\mu_0 \cdot n \cdot L_{CO}} \cdot K$	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.6-6. כדי לייצב הלוחית במצב מאוזן דרוש זרם התלוי במספר הדיסקיות. פתח ביטוי המתאר את ריבוע הזרם כתלות במספר הדיסקיות.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12849	1. בחישוב ערך שיפוע הגרף יש לציין את הערך של יחידות השיפוע. (יחידות השיפוע של הגרף הנתון הן אמפר בריבוע). 2. כאשר לא מונחת מסה על מאזני הזרם עוצמת הזרם בקטע OC אמור להיות אפס. לשם כך הלוחית צריכה להיות מאוזנת כאשר לא מונחים עליה דסקיות.	$m = 5\text{gram}$	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.6-7. נתון שצפיפות הכריכות בסילונית היא 10,000 כריכות למטר. אורך הקטע OC הוא 15 ס"מ. העזר בגרף ומצא את המסה של דסקה בודדת.	
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5128&chapterid=12850	1. יש להשתמש בביטוי השיפוע כדי להבין כיצד שינוי כ"מ הסוללה ישפיע על ערך השיפוע. 2. ערך מסת הדסקית לא תלוי. בצורה כלשהי במכשיר המדידה.	שיפוע הגרף לא ישתנה. המסה הנמדדת לא תשתנה.	גודל הכוח המגנטי הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי.	יא.6-8. מחליפים את מקור המתח במקור חדש בעל כ"מ גדול יותר. כיצד ישתנה שיפוע הגרף וערך המסה המחושבת?	

אוגדני פתרונות שאלות בגרות שדה מגנטי

כוח הפועל על חלקיק טעון הנע בשדה מגנטי, הגדרת השדה המגנטי(קיוב 46)

2023,5 - מטען נע בקטע תנועה קצר בתוך שדה מגנטי ולאחר מכן בתוך בורר מהירויות

2017,4 - ספקטרוגרף מסות.

2014,5 - בורר מהירויות וספקטרוגרף.

2011,4 - ספקטרוגרף מסות.

2010,4 - קבוצת שחקנים משחקים בכדור טעון בתוך שדה מגנטי.

2008,4 - מטען נע בארבעה איזורים בעלי שדה מגנטי זהה בגודלו ושונה בכיוונו

2007,4 - מטענים נעים בתוך שדה מגנטי, האצת מטענים בשדה חשמלי.

2003,4 - פרוטון נע בתוך שדה מגנטי שאלה פרמטרית.

2001,4 - אלומת אלקטרונים נעה בהשפעת שדה חשמלי ושדה מגנטי

1997,4 - תנועת חלקיק בשדה מגנטי וחלקיק אחר בשדה חשמלי.

1996,4 - מטען נע בשני איזורים בעלי שדה מגנטי מנוגדים בכיוונם.

1995,4 - מטען נע בשדה מגנטי בתנועה בורגית.

1994,4 - אלומת אלקטרונים נעה בשדה מגנטי לאורך קשת מעגל.

1992,4 - בורר מהירויות וספקטרוגרף מסות.

1991,4 - חלקיק נע בין לוחות טעונים, הוספת שדה מגנטי.

1990,17 - מואצים בשדה חשמלי ונכנסים לבורר מהירויות.

1986,9 - אלומת פרוטונים נעה לאורך קשת מעגלית בתוך שדה מגנטי

י- 20-1982. אלומת אלקטרונים נעה בהשפעת שדה חשמלי ושדה מגנטי

כוח הפועל על מוליך נושא זרם הנמצא בתוך שדה מגנטי, ויצירת שדה מגנטי(קיוב 47)

- 2022,5- מערכת מאזני זרם, מורכבת מלוחית בעלת מסגרת מוליכה הממוקמת בתוך סילוניה ארוכה.
- 2020,4- כריכה מלבנית נושאת זרם מונחת על מאזניים, מעל הכריכה ממוקם תיל ישר נושא זרם.
- 2019,4- תיל נושא זרם ממוקם בתוך פרסה היוצרת שדה מגנטי, יש למצוא את השדה הנוצר על ידי הפרסה.
- 2018,4- שדה מגנטי בתוך סילונית ארוכה, וכוח מגנטי הפועל על מסגרת נושאת זרם הנמצאת בתוך הסילונית.
- 2016,4- מציאת גודל רכיב אנכי של שדה מגנטי של כדור הארץ בעזרת מגנט הממוקם בתוך סליל מעגלי דק.
- 2015,4 - כוח מגנטי פועל בין מוליך נושא זרם לפרסה מגנטית המונחת על מאזניים דיגיטליים.
- 2007,5 - ממקמים מצפן בתוך סילונית ארוכה.
- 2005,4 - תיל נושא זרם נע בכיוון אנכי בהשפעת כוח מגנטי וכוח הכובד
- 2000,4- שדה מגנטי הנוצר מטבעת מוליכה נושאת זרם
- 1999,4 - אלומת אלקטרונים נעה בהשפעת שדה חשמלי ושדה מגנטי
- 1998,3 - מציאת הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, בעזרת סילונית ארוכה.
- 1993,4 - כוח מגנטי הפועל על מוליך ישר נושא הזרם, במערכת המשמשת מאזני זרם.

דפי הנוסחאות

עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו כאשר $W = F_x \Delta x = F \cos \theta \Delta s$, $\Delta s = \Delta x $	אנרגייה קינטית $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
אנרגייה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד) $U_G = mgh$ ($U_{G(h=0)} = 0$)	אנרגייה פוטנציאלית אלסטית (במצב רפוי $U_{sp} = 0$) $U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta \ell)^2$
משפט עבודה-אנרגייה $W_{\text{סכומי}} = \Delta E_k$	עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים (E – אנרגייה מכנית כוללת) $W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$
הספק ממוצע $\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$	מתקף ותנע $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$ $\vec{J} = \vec{F} \Delta t$ $\vec{p} = m\vec{v}$ $\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta \vec{p}$
שימור תנע $m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$	בהתנגשות אלסטית חד-ממדית $\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$

קינמטיקה – תנועה לאורך קו ישר	מהירות רגעית $v = \frac{dx}{dt}$
תאוצה רגעית $a = \frac{dv}{dt}$	מהירות ממוצעת $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
תנועה שוות-תאוצה $v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	מהירות של B ביחס ל-A $v_{B,A} = v_B - v_A$
דינמיקה	כוח הכבידה $F = mg$
חוק הוק (גודל כוח אלסטי) $F = k \Delta \ell$	גודל כוח חיכוך סטטי $f_s \leq \mu_s N$ קינטי $f_k = \mu_k N$
החוק השני של ניוטון $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$	עבודה, אנרגייה והספק עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי כוח F הקבוע בכיוונו $W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$

מהירות $v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$ $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$	תאוצה $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$ $a = -\omega^2 x$
זמן המחזור $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$	מטוטלת פשוטה (מתמטית) $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$
כבידה	החוק השלישי של קפלר $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^3 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$
גודל כוח הכבידה $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	אנרגייה פוטנציאלית כובדית $U_G = -\frac{GMm}{r}$ ($U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0$)
אנרגייה של לוויין במסלול מעגלי קינטית $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$ כוללת $E = -\frac{GMm}{2r}$	

תנועות מחזוריות	תדירות זוויתית $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
תנועה מעגלית	מהירות זוויתית ממוצעת גודל מהירות (בתנועה מעגלית קצובה) $\bar{\omega} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ $v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$ הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית $v = \omega r$ תאוצה רדיאלית (צנטריפטלית) $a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$
תנועה הרמונית פשוטה	שקול הכוחות בתנועה הרמונית $\Sigma \vec{F} = -c\vec{x}$ $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ נוסחת מקום-זמן $x = A \cos(\omega t + \phi)$

מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי $V_{AB} = \Sigma IR - \Sigma \varepsilon$	הקשר בין שדה חשמלי אחיד לבין הפרש פוטנציאלים $E = - \frac{\Delta V}{\Delta x}$
זרם רגעי בטעינת קבל או בפריקתו $i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$	הגדרת הקיבול $C = \frac{Q}{V}$
מתח רגעי בטעינת קבל $V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	קיבול של קבל לוחות $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$
מתח רגעי בפריקת קבל $V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$	גודל השדה החשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$
שדה מגנטי	אנרגייה של קבל טעון $U = \frac{1}{2} C V_{AB}^2$
גודל כוח הפועל על מטען בשדה מגנטי $F = qvB \sin \alpha$	קיבול שקול של קבלים המחוברים בטור $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$
גודל כוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי $F = I \ell B \sin \alpha$	של קבלים המחוברים במקביל $C_T = \sum C_i$
גודל הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים $\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$	זרם חשמלי
גודל שדה מגנטי סביב תיל ישר ואורך $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$	זרם רגעי $i = \frac{dq}{dt}$
במרכז סליל מעגלי דק $B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$ (בעל רדיוס R ו N כריכות)	חוק אוהם $V = RI$
בתוך סילונית ארוכה $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$ (בעלת אורך L ו N כריכות)	התנגדות של תיל $R = \rho \frac{\ell}{A}$
כא"מ מושרה	התנגדות שקולה של נגדים המחוברים בטור $R_T = \sum R_i$
שטף מגנטי דרך משטח $\phi_B = BA \cos \alpha$	של נגדים המחוברים במקביל $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i}$
חוק פאראדיי – לנץ $\varepsilon = - N \frac{d\phi_B}{dt}$	עבודת הכוח החשמלי $W_{A \rightarrow B} = V_{AB} It = q V_{AB}$
כא"מ מושרה בתיל מוליך $\varepsilon = v \ell_{\perp} B_{\perp}$	הספק חשמלי $P = V_{AB} I$
$\ell_{\perp}$ – היטל התיל על הכיוון הניצב למהירות $B_{\perp}$ – רכיב השדה המגנטי בכיוון ניצב למישור התנועה	נצילות $\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$
כא"מ מושרה במחולל (בזמן $\vec{A} \parallel \vec{B}$, $t = 0$) $\varepsilon = NBA \omega \sin(\omega t)$	P_{eff} – הספק מנוצל בחלק מהמעגל או בכולו P_{in} – הספק מושקע
שנאי אידיאלי $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$	מתח הדקים $V_{ab} = \varepsilon - rI$
	ab – הדקי הסוללה
	חוקי קירכהוף $\Sigma \varepsilon = \Sigma IR \quad \Sigma I = 0$