**שם היחידה: אלקטרוסטטיקה**

**פיתוח היחידה: ד"ר סימון גפן, מדריכה מחוזית לפיזיקה בחט"ב- מחוז ירושלים**

**במה עוסקת היחידה?**

יחידת לימוד זו היא חלק מתכנית הלימודים בתחום "חשמל ומגנטיות". זוהי הרחבה ייחודית לתלמידי העתודה המדעית-טכנולוגית. היחידה עוסקת במושג מטען חשמלי, יחידותיו ובאינטראקציה בין גופים טעונים. במהלך היחידה מתוודעים התלמידים לתופעות הקשורות לאינטראקציה בין גוף טעון וגוף לא טעון ובשימושים הטכנולוגים בהם מנצל האדם את התופעה של " חשמל סטטי".

יחידת הוראה זו עוסקת בתכנים המופיעים במסמך האב על פי הפירוט הבא:

* + - המטען החשמלי ויחידותיו
    - חשמל סטטי
    - תופעות אלקטרוסטטיות בחיי יום-יום

**מטרות היחידה**

* התלמידים יבינו את המושגים מטען חשמלי וטעינה חשמלית
* התלמידים יכירו את יחידת המטען החשמלי התקנית "קולון"
* התלמידים יכירו תופעות הקשורות לטעינה חשמלית
* התלמידים יבינו כי בין גופים טעונים פועל כוח חשמלי: משיכה או דחיה
* התלמידים יבינו כי גוף טעון הוא גוף עם עודף או חוסר אלקטרונים
* התלמידים ידעו מהם הגורמים המשפיעים על גודלו של הכוח החשמלי בין שני מטענים חשמליים

**מיומנויות**

בניית מכשיר מדידה איכותי

ביצוע של ניסויים איכותיים והסקת מסקנות

ניסוח הכללות מתוך ניסויים

**מבנה היחידה**

היחידה כוללת מהלך של בניית המושגים בסדרה של שלבי ביניים, תוך כדי היכרות עם מושגים חדשים.

רצף הפעילויות המוצעות ביחידה זו מבססות את הידע שנלמד ביחידה אינטראקציה וביחידה כוח בפעולה:

1. היכרות עם המושג " המטען החשמלי" והבנה שמטענים נמצאים גם בגופים לא טעונים
2. היכרות עם התופעה טעינה של גופים על ידי מגע. במהלך טעינה חשמלית עוברים אלקטרונים מגוף אחד לשני
3. היכרות עם סוגי האינטראקציות האפשריות בין גופים טעונים (משיכה , דחייה)
4. התוודעות לאפשרות של אינטראקציה בין גוף מקרוסקופי טעון וגוף לא טעון (השראה)
5. בניית מכשיר לחקר תופעות אלקטרוסטטיות וחקירת הגורמים המשפיעים על גודל הכוח החשמלי

היחידה כוללת סקירה היסטורית של התפתחות המושגים, מזכירה תופעות בחיי היום-יום ופיתוחים טכנולוגיים הקשורים למושגים אלה. במהלך הלמידה משולבים ניסויי תלמיד והדגמות מורה.

**לוח זמנים אפשרי**

היחידה מיועדת ל 4-3 שעות הוראה. מפאת קוצר הזמן, ניתן לבצע חלק מהמטלות כמטלות בית ולערוך סיכום ודיון בכיתה

**ידע קודם של התלמידים**

התלמידים מכירים את מודל האטום ויודעים להבחין בין תכונות היסודות המתכתיים/ לאל מתכתיים.

התלמידים הכירו תופעות של "חשמל סטטי" בין גופים טעונים ובין גוף טעון וגוף לא טעון ביחידה

"אינטראקציה" שנלמדה בתחילת השנה.

התלמידים יודעים שמדובר בכוחות הפועלים גם ללא מגע. הם יודעים כי בין גופים טעונים יתכנו כוחות משיכה או כוחות דחייה.

**שותפים לעשייה (לפי סדר הא-ב):**

**גב' אתי טל**- מדריכה ארצית, מרכזת את תכנית העתודה המדעית טכנולוגית תחום ביולוגיה, כימיה ופיזיקה, המינהל למדע וטכנולוגיה

**גב' גניה חייקין** - מדריכה ארצית לפיזיקה בתכנית העתודה המדעית והטכנולוגית, המינהל למדע וטכנולוגיה,

**גב' מרינה זיו** - מורת מורים, עתודה מדעית טכנולוגית מחוז דרום

**ד"ר רוני מועלם** – מדריך ארצי לפיזיקה, המינהל למדע וטכנולוגיה

**גב' שושי כהן** - מנהלת תחום מדעים, ומפמ"ר מדע וטכנולוגיה

**ד"ר שלמה פישר**- מדריך מחוזי לפיזיקה בחט"ב - העיר ירושלים

**רקע היסטורי**

כבר בעת העתיקה ידעו כי חומרים מסוימים מושכים גופים קלים לאחר שמשפשפים אותם.

חקר רציני של תופעת המשיכה בין גופים ששופשפו וגופים קלים התחיל רק בסוף המאה ה- 16 עם עבודותיו של ויליאם גילברט (William Gilbert), מדען אנגלי ורופאה הפרטי של המלכה אליזבט הראשונה.

אחד החומרים בו השתמש גילברט לחקר תופעות המשיכה הללו היה ענבר, ביוונית, אלקטרון. גילברט הציע לקרוא לתופעות הללו בשם הלטיני "ELECTRIQUS" מכאן מקור השם "electricity".

המילה "electricity" תורגמה בעברית של ימינו ל"חשמל" על פי תרגום השבעים של התנ"ך, בו הביטוי "כעין החשמל" המופיע בספר יחזקאל תורגם במילה electron.

גילברט גם המציא את מכשיר המדידה הראשון לחקר התופעה ה-VERSORIUM" ", אב טיפוס האלקטרוסקופ של ימינו. הוא מצא שהתכונה המסתורית הזאת מסוגלת לעבור דרך חומרים מסוימים . הוא הצביע גם על התכונות החשמליות של חודים.

עד סוף המאה ה- 18, נחקרו בעיקר תופעות המשיכה והדחייה בין גופים ששופשפו, תחום הנקרא כיום "אלקטרוסטטיקה", חשמל סטטי. מחקרים אלו נתפסו על ידי הציבור כחקר תופעות משעשעות ללא שימוש פרקטי.

אחד היישומים הפרקטיים הראשונים למחקרים אלו הינו המצאת כליא הברק על ידי בנג'מין פרנקלין. ברק הוא תופעת הטבע החשמלית העוצמתית ביותר והוא נגרם מפריקת חשמל סטטי הנמצא בעננים. לאחר שבנג'מין פרנקלין הראה את אופיו החשמלי של תופעת הברק ב1752 על ידי פריקתו דרך עפיפון, ניסוי שעלה לו כמעט בחייו, הוא הגה את רעיון כליא הברק, חוד מתכתי המחובר לאדמה והבולט מעל המבנה עליו הוא אמור להגן.

כוחות מסתוריים אלו שנצפו נובעים מתכונת יסוד של החומר: המטען החשמלי. המטען החשמלי הוא גודל בסיסי ולא נוכל להגדירו אלא בצורה אופרטיבית.

כבר במאה ה-18 ניסויים הראו שקיימים שני סוגי מטענים. בין גופים הטעונים באותו סוג מטען קיימים כוחות דחייה ואילו בין גופים הטעונים במטענים מסוגים שונים קיימים כוחות משיכה.

כיום מוסברת תכונה זו באמצעות מודל האטום. החומר בנוי מחלקיקים קטנים הנקראים אטומים. האטום מורכב בעצמו מחלקיקי יסוד: האלקטרון בעל מטען שלילי, הפרוטון בעל מטען חיובי והנויטרון חסר המטען. בזמן שפשוף גוף בגוף, עוברים אלקטרונים מגוף אחד לשני. הגוף בעל עודף האלקטרונים נטען במטען שלילי. הגוף החסר אלקטרונים הפך להיות טעון במטען חיובי.

המונחים "שלילי" ו"חיובי" לאפיון סוג המטען של חומר נקבעו באופן שרירותי על ידי בנג'מין פרנקלין, אשר סבר כי החשמל הוא סוג של נוזל אשר נמצא בכל החומרים הקיימים. הוא הניח ששפשוף משטחים זה בזה גרם לנוזל זה לשנות מקום, ושזרם הנוזל הוא אשר יוצר את הזרם החשמלי. הוא הניח גם שכאשר חומר מכיל מעט מדי מה"נוזל" הזה הוא היה טעון "שלילית", וכאשר היה לו עודף, הוא היה טעון "חיובית". הוא קבע שרירותית (או מסיבה שלא ידועה) שהמטען המתקבל על ידי שפשוף מקל זכוכית עם משי הוא מטען "חיובי" ואילו מטען המתקבל משפשוף מקל ענבר עם פרווה הוא מטען "שלילי".

יחידת המטען החשמלי התקנית היא קולון (שסמלה C ) על שם המדען הצרפתי שרל קולון (1736-1806 )

שרל קולון היה המדען הראשון שחקר כמותית את הכוח הפועל בין גופים טעונים במטען חשמלי.

יחידה של קולון אחד שווה למטען של 625 מיליארד מיליארדים של פרוטונים ( או C) 1- )שווה למטען של 625 מיליארד מיליארדים של אלקטרונים). זאת אומרת שעל מנת לטעון גוף ב1 קולון, עלינו לתלוש ממנו 625 מיליארד מיליארדים של אלקטרונים.

מכאן ניתן להבין שהקולון היא יחידה מאוד גדולה ועל ידי שפשוף אנחנו בדרך כלל מקבלים גופים שמטענם חלק קטן מאוד של קולון שלם, למשל מיליארדרית הקולון.

את המטען של גוף טעון ניתן למדוד באמצעות מכשיר מדידה הנקרא "קולונמטר" (ראה תמונה)

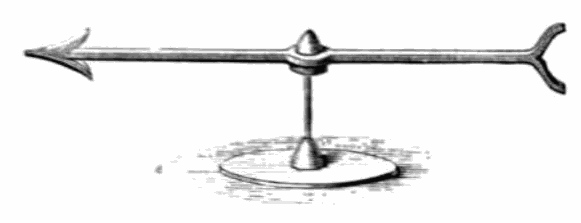


רוב הכוחות המוכרים לנו ברמה המקרוסקופית הם כוחות חשמליים: הכוח הנורמלי, כוח החיכוך, הכוח האלסטי וסוגים שונים של קשרים כימיים, כולם נגרמים מכוחות חשמליים מיקרוסקופיים.

אלקטרוסטטיות נגרמת בשל הכוחות שמפעילים מטענים חשמליים זה על זה. כוחות אלו מתוארים על ידי חוק קולון.



מתקן זה דומה ל"versorium" שנבנה על ידי גילברט לניסוייו לחקר מטענים. מוצע לבנות אותו ולהדגים את פעולתו בכיתה. עלה אלומיניום (מהסוג העבה בשימוש במטבח) מחליף את המחט של גילברט.



מטרת הפעילויות הבאות היא להכיר את תכונת המטען החשמלי ולחקור היבטים שונים של הכוחות הפועלים בין מטענים חשמליים.

**פעילות ראשונה**

**דף חקר :היכרות ראשונה עם מטענים חשמליים וגופים טעונים**

**מבוסס על** [**הפעילות סידרת הדגמות פשוטות בחשמל**](http://ptc.weizmann.ac.il/?CategoryID=450&ArticleID=529)**, אתר מורי הפיזיקה, מכון ויצמן**

**ציוד**

**יש לבדוק כי יש סוללות בטסטר**



* מסקינטייפ
* גלאי חשמל (טסטר) עם סוללה (ראה תמונה)
* בד צמר
* בלון
* מוט PVC , סרגל פלסטיק או מסרק

לטסטר החשמלי יש יכולת לזהות נוכחות של מטענים חשמליים בסביבה (אך לא סוג המטענים)

אם אוחזים בטסטר בצד המברג ומנענעים אותו ליד חומר טעון, הנורה נדלקת.

**הנחיות לתלמידים**

**חלק א:**

1. נענעו את הטסטר (החזיקו במברג) בקרבת גופים שונים בחדר: שולחן, ספר, קלמר... האם הנורה נדלקת?

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. הכרתם כבר את תכונתו של בלון משופשף להידבק לכל דבר ולהיות "טעון בחשמל סטטי". נענעו את הטסטר (החזיקו במברג) בקרבת בלון משופשף. האם הנורה נדלקת?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. הציעו דרך שבה תוכלו להשתמש בטסטר לחקר תכונות חשמליות של גופים שונים מסביבנו?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. נענעו את הטסטר בקרבת מוט PVC .האם הנורה נדלקת?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
4. מה ניתן ללמוד מכך על המוט?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
5. נענעו את המברג בקרבת בד צמר. האם הנורה נדלקת?\_\_\_\_\_\_\_
6. מה ניתן להסיק מכך לגבי הבד?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
7. שפשפו מוט PVC או סרגל פלסטיק בבד צמר. חזרו על על סעיפי 4 ו-6. האם הנורה נדלקת? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
8. מה ניתן ללמוד מכך על המוט? על הבד?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
9. נסו ליישב את תוצאות הבדיקה האחרונה עם תוצאות הבדיקות בסעיפים 4 ו 6? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**חלק ב:**

1. קחו גליל מסקינטייפ ונענעו את המברג בקרבתו. האם הנורה נדלקת? מה ניתן ללמוד מכך לגבי המסקנטייפ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_?
2. משכו במהירות את סרט המסקינטייפ ונענעו את הטסטר מול המסקינטייפ הפתוח בשני מקומות כמתואר בתרשים. האם הנורה נדלקת?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. האם חלקי המסקינטייפ טעונים? מה לדעתכם מקור המטענים

שהצטברו על המסקינטייפ?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. הציעו ניסוי לבדוק את השערתכם:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. בצעו את הניסוי . מהן התוצאות?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. מה ניתן להסיק מניסוי זה?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
4. הסבירו מדוע החליטו לקרוא למטענים (+) ו (-) ולא בשמות סתמיים ?



**הערות דידקטיות למורה:**

בפעילות זו מתוודעים התלמידים לרעיון כי מטענים חשמליים נמצאים בגופים ניטרליים כמו סרט המסקינטייפ. לא ניתן להבחין בהם כל עוד המטען הכולל של הגוף שווה לאפס . הפעילות מאפשרת לראות שהטעינה נעשית על ידי תלישה של מטענים משכבה אחת על ידי השכבה השנייה אך המטען הכולל נשמר. עוד מודגמת בפעילת העובדה שמטענים שליליים וחיובים מנטרלים זה את זה ומטענים אלו היו בנמצא כבר בסרט הניטרלי.

בחלק האחרון של הניסוי מבקשים מהתלמידים להדביק בזהירות את שתי השכבות בחזרה, להחזיר את סרט המסקינטייפ למצבו המקורי ולבדוק בעזרת הטסטר האם הנורה דולקת או לא. אנו מצפים כי התלמידים יבינו כי המטענים שהיו על השכבות התאזנו בחזרה ולכן הנורה לא דולקת.

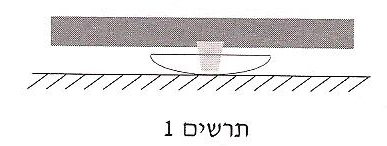
הניסוי הזה ממחיש את המשמעות של השימוש במושגי (+) ו(-) לגבי 2 סוגי המטען. בדומה לאלגברה חיבור של+ ו- בכמות זהה נותן אפס.

לאחר שהתלמידים הכירו את העובדה כי מטענים חשמליים יכולים לעבור מגוף לגוף כתוצאה מתלישה מתנסים התלמידים בפעילות שמטרתה להכיר, דרך נוספת למעבר מטענים מגופים שונים (ע"י שפשוף) ואת סוגי הכוחות הקיימים בין המטענים: מטענים מאותו סוג דוחים זה את זה ומטענים מסוגים שונים מושכים זה את זה

**פעילות 2 : טעינה על ידי שפשוף**

**ציוד**



2 לוחיות PVC, זכוכית שעון, בד צמר מהודק לסרגל פלסטיק, פלסטלינה

מעמידים לוחית אחת של PVC על זכוכית השעון בעזרת פלסטלינה (ראו תרשים 1).

(תמונה מתוך: פרקי חשמל ומגנטיות- פעילויות, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן)

**הנחיות לתלמידים**

1. קרבו ללוחית ה PVC את הלוחית השנייה . האם יש אינטראקציה בין הלוחות?
2. חזרו על פעולה לאחר שפשוף שתי הלוחיות בבד הצמר. מה קורה עכשיו?
3. האם הלוחיות נטענו באותו סוג מטען? נמקו.
4. מה יקרה לדעתכם אם נקרב את הסרגל עם בד הצמר שהשתמשנו בו לשפשוף ללוחית המשופשפת המוצמדת לזכוכית השעון? בדקו את השערתכם תוך ביצוע ניסוי
5. האם המטען שהצטבר על הבד והמטען שהצטבר על הלוחית מאותו סוג? נמקו
6. סכמו:
   * בין מטענים מאותו סוג קיימים כוחות דחייה/ משיכה
   * בין מטענים מסוגים שונים קיימים כוחות דחייה/ משיכה

ניתן לחזק את ההבנה של התלמידים לגבי כוחות המשיכה הפועלים בין מטענים חשמליים באמצעות הפעילות [יוצרים חשמל סטטי](http://www.ebaghigh.cet.ac.il/CommonLms/Dashboard/Activity/ShowActivity.aspx?gItemID=59671c35-8144-4632-93f7-1c301a55b828&lang=1#TabIndex=0) הנמצאת באתר אופק (הפעילות דורשת סיסמא)

**הערות דידקטיות למורה:**

מטרת הפעילות היא להבנות ידע בנושא הכוחות הקיימים בין מטענים.

הפעילות מתבססת על הידע שנרכש בפעילות הקודמת כדי להבין שכתוצאה מהשפשוף בד הצמר והלוחית חייבים להיות בעלי סימנים שונים ואז בדיקת סוג הכוח הקיים ביניהם מאפשר לנו להכליל את תוצאות הניסוי: מטענים מסוגים שונים מושכים זה את זה

בנוסף התלמידים בודק מה קורה בין 2 לוחיות זהות שעברו את אותו טיפול ולכן נטענו באותו סוג מטען: מכאן הוא עובר להכללה: מטענים מאותו סוג דוחים זה את זה.

**השראה אלקטרוסטטית**

בפעילות הקודמת התוודעו התלמידים לעובדה שבין גופים טעונים קיימים כוחות דחייה או משיכה. למעשה בחיי היום יום, נפגשים התלמידים לא מעט בתופעות הקשורות למשיכה אלקטרוסטטית בין גוף טעון וגוף לא טעון. מדוע זה קורה?

בהדגמות הבאות מכירים התלמידים תופעות הקשורות למשיכות אלקטרוסטטיות בין גוף טעון לבין גוף שאינו טעון ודנים על ההסבר לתופעות אילו.

להלן דוגמאות לפעילויות שתלמידים יכולים לבצע בכיתה כדי להדגים השראה אלקטרוסטטית

* משיכת פיסות נייר קטנות , חוטים או פיסות אלומיניום על ידי סרגל פלסטי משופשף



* משיכת קילוח מים דק על ידי בלון משופשף

בשיער או קשית משופשפת בבד צמר (ראו תמונה).

* משיכת בועות סבון על ידי בלון משופשף

אפשר לשאול את התלמידים שאלות לגבי הפעילות כגון:

1. כיצד נבדוק שאמנם הניירות או המים לא היו טעונים? בעזרת טסטר "הפלא" שלנו.
2. האם הם מכירים עוד תופעות כאלו (למשל קרבת בלון משופשף לשערות או הדבקת בלון משופשף לקיר)
3. במה דומה ובמה שונה פעילות זו מהפעילות הקודמת? (פעילות 2)

**הערות דידקטיות למורה**

חשוב לבסס את המושג החדש" **השראה אלקטרוסטטית**" על מה שכבר נרכש.

בפעילות הראשונה הכירו התלמידים את התופעה כי גם בגופים לא טעונים קיימים מטענים חיובים ומטענים שליליים. בפעילות השנייה הם מתוודעים לתופעה שמטענים מאותו סוג דוחים זה את זה ומטענים מסוגים שונים מושכים זה את זה

בפעילות הנוכחית מתבקשים התלמידים לקשור את התובנות משתי הפעילויות הקודמות ולהבין כי מה שהתרחש כאן הוא תוצאה משתי התופעות גם יחד: **המטענים בתוך הגוף הלא טעון מסתדרים בצורה חדשה**

לדוגמה אם קרבנו מוט טעון חיובי לפיסות הנייר, אלקטרונים שליליים יצטופפו על הנייר בצד הקרוב למוט. כתוצאה מכך בחלק אחר של פיסת הנייר יחסרו אלקטרונים. מכיוון שלא היה מגע, לא עברו אלקטרונים מחומר לחומר ופיסת הנייר נשארה לא טעונה באופן כולל אך היא הפכה להיות" קוטבית" זאת אומרת בעלת צד חיובי יותר וצד שלילי יותר. הצד הקרוב למוט שלילי ונמשך למוט חזק יותר מאשר הצד החיובי הרחוק נדחה.

במקרה של המים התופעה עוד יותר חזקה. מולקולות המים הינן קוטביות באופן טבעי (בעלות צד חיובי יותר וצד שלילי יותר). כשמקרבים את המוט הטעון לזרימת המים, מולקולות המים החופשיות לנוע בפאזה נוזלית, מתארגנות בהתאם ונמשכות למוט.

חשוב לציין שהסידור מחדש של המטענים בגוף הלא טעון תמיד יגרום לכוחות משיכה .

**בתופעות של השראה אלקטרוסטטית אנחנו תמיד נראה משיכה בין הגוף הטעון והגוף הניטרלי.**

מטרת הפעילות הבאה היא ללכת צעד אחד קדימה בהבניית המושגים ולחקור את הגורמים המשפיעים על גודל הכוחות החשמליים הפועלים בין מטענים. לשם כך אנחנו זקוקים "למכשיר מדידה". כפי שהזכרנו במבוא,קיים מכשיר מדידה למטענים הנקרא "קולונמטר" אך לרב הוא לא נמצא בכיתות החטיבה. מאידך,האלקטרוסקופ הוא מכשיר שקל לבנותו ומאפשר לחקור תופעות אלקטרוסטטיות בדרך יפה בצורה חצי כמותית.

**פעילות 3: בניית מכשיר לחקר כוחות חשמליים : "האלקטרוסקופ"**

ברוב בתי הספר ישנם אלקטרוסקופים. יחד אם זאת, לשימוש באלקטרוסקופ

שבנה התלמיד בעצמו ערך ייחודי משלו. זה גם יזמן, פעילויות חקר קטנות עצמאיות של התלמידים. מוצע לבקש מהתלמידים לבנות את האלקטרוסקופ בבית



ולבקשם להביאו לכיתה בשיעור הבא.

במהלך ההתנסות יש להקפיד שהצנצנת/הבקבוק יהיו יבשים והמכסה מבודד

[**אלקטרוסקופ מבקבוק קולה**](http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/fileadmin/users/29/NYB/Theorie/electroscope.swf)

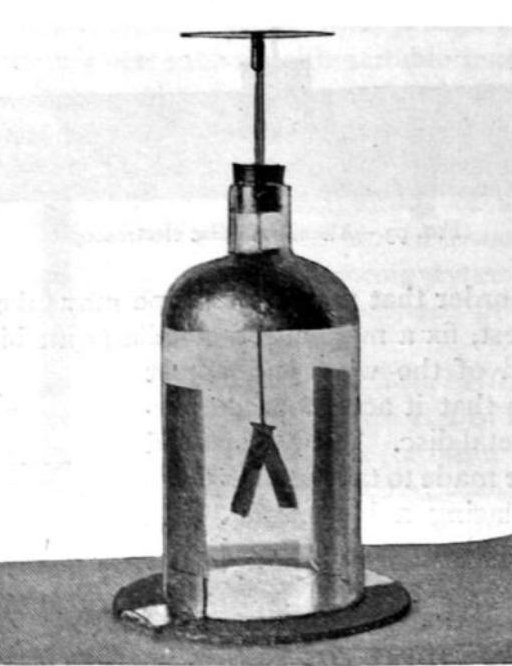
( [התמונה נלקחה מתוך אתר מוזיאון המדע על שם בלומפילד](http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/fileadmin/users/29/NYB/Theorie/electroscope.swf))

**ציוד:**

* בקבוק משקה קל עשוי פלסטיק שקוף , רחוץ ומיובש היטב ופקק פלסטי תואם או לחילופין צנצנת זכוכית נקייה ושקופה ומכסה קרטון או פלסטיק מותאם (שיודבק לצנצנת בגמר הבנייה). אין להשתמש במכסה מתכת.
* חוט ברזל דק (בעובי חצי מ"מ עד מ"מ. ניתן להשתמש בסיכת משרד) או חוט נחושת של חשמלאי שהורד ממנו מעטפת הפלסטיק .
* נייר אלומיניום דק מהסוג בשימוש במטבח.

**הכנה:**

* השחילו את החוט דרך המכסה.
* בחלקו העליון (מחוץ לצנצנת) לפפו את החוט בספירלה מקבילה למישור המכסה
* בחלקו התחתון (בתוך הצנצנת) כופפו את החוט בקצהו בצורה של לולאה והשחילו בו שתי פיסות ניר אלומיניום.
* הציבו את המכסה במקום והדביקו אם יש צורך



חוט נחושת מושחל דרך המכסה

חוט נחושת מלופף בצורת ספירלה במכסה של בקבוק משקה קל

**התמונה באה להמחשה:**

חלק חיצוני של האלקטרוסקופ:

הספירלה מקבילה למכסה

חוט הנחושת מושחל במכסה

(עדיף להשאיר את עטיפת הפלסטיק בחלק זה של החוט)

פיסות של נייר אלומיניום

רואים את החוט מושחל דרך המכסה

מכופפים את הקצה התחתון החשוף של חוט הנחושת ותולים בו שני עלי ניר אלומיניום

והנה: האלקטרוסקופ מוכן (המכסה השקוף מודבק לצנצנת)

**פעילות 4: חקירת הגורמים המשפיעים על גודל הכוח בין מטענים**

**חלק א: פעילות עם אלקטרוסקופ**

**ציוד:**

* אלקטרוסקופ שבנה התלמיד
* קשים, או לוחיות הPVC של הפעילות הקודמת
* פיסת צמר
* סרגל מתכת
* דיבל מעץ
* סרגל פלסטיק

**הנחיות לתלמידים:**

1. שפשפו לוחית PVC בבד צמר וגעו בו בראש האלקטרוסקופ. הרחיקו את הלוחית. תארו מה ראיתם. הסבירו, את שהתרחש \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
2. האם המטען על העלים זהה או שונה מהמטען על הלוחית? נמקו את תשובתכם\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
3. מה יקרה לדעתכם עם נחזור על הפעולה פעם נוספת בלי לפרוק את האלקטרוסקופ? בדקו את השערתכם. חזרו על הפעולה מספר פעמים ברצף. תארו מה אתם רואים. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
4. מה קרה לגודל המטען על העלים לאחר כל נגיעה?
5. מה ניתן ללמוד מהתנסות זו על עוצמת הכוח הקיים בין העלים? שערו על פי מה שראיתם מהו הגורם המשפיע על גודל הכוח החשמלי בין מטענים?
6. נסחו את השערתכם: ככל ש \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_גדל/ים , הכוח החשמלי גדל/ קטן .
7. מה יקרה לדעתכם אם ניגע בגולת האלקטרוסקופ בבד ששימש לשפשוף הלוחית? בדקו את השערתכם. האם תוצאות הניסוי מחזקות את השערתכם בסעיף 6? הסבירו.
8. מה יקרה לדעתכם עם ניגע באצבע בראש האלקטרוסקופ? \_\_\_\_\_\_\_בצעו את הניסוי.
9. בתום ניסוי זה דונו בשאלה לאן נעלמו המטענים שהצטברו על העלים? לפעולה זאת קוראים הארקה. הסבירו מה זה **הארקה**

**הארקה (מקור המילה "הארקה" מארמית אַרְקָא – ארץ) היא חיבור גוף לכדור הארץ על ידי מוליך**.מה ניתן להגיד אם כך על גופנו?

1. צרפו שתי קבוצות תלמידים. קבוצה ראשונה תטען את האלקטרוסקופ שלה (A) כך שהעלים יתרחקו במידה ניכרת זה מזה. הקבוצה השנייה (B ) לא תטען אותו. כעת הניחו סרגל מתכת בין 2 גולות האלקטרוסקופים (**החזיקו אותו בעזרת בד או אטב פלסטיק**). תארו מה קרה לעלים של האלקטרוסקופ (A)?\_\_\_\_\_לעלים של האלקטרוסקופ B? \_\_\_. הסבירו את התופעה: \_\_\_\_\_\_
2. האם תוצאות הניסוי לגבי האלקטרוסקופ (A) מאששות את השערתכם בסעיף 4? הסבירו
3. חזרו על הניסוי אך הפעם הניחו דיבל מעץ בין המכשירים. הסבירו מדוע תוצאות הניסוי שונות?

**חלק ב: פעילות עם אלקטרוסקופ**

1. במידה והאלקטרוסקופ טעון פרקו אותו ממטען חשמלי(על ידי הארקה כפי שלמדנו בפעילות הקודמת: נגיעה באצבע) . תארו מה קורה לעלים כתוצאה מהפריקה החשמלית.
2. שפשפו שוב את הלוחית PVC אך הפעם קרבו אותה ללא מגע. תארו מה קורה.
3. האם המטען על העלים הוא כמו בניסוי 1? בדקו את השערתכם.
4. תארו מה קרה כשהרחקתם את הלוחית? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_האם האלקטרוסקופ היה טעון?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. לתופעה הזאת קורים **השראה אלקטרוסטטית.** עליה למדנו לפני פעילות 3.
5. חזרו על הפעולה 2 והפעם שחקו עם המרחק בין הלוחית לגולת האלקטרוסקופ. מה ניתן לראות?
6. מה ניתן להסיק מכך על השפעת המרחק על חוזק הכוח החשמלי? \_\_\_\_
7. נסחו את השערתכם: ככל ש \_\_\_\_\_\_\_בין המטענים גדל, הכוח החשמלי ביניהם גדל/קטן.

**הערות דידקטיות למורה**

בפעילות זו מכירים התלמידים שני גורמים המשפעים על עוצמת הכוח הפועלת בין שני טענים חשמליים: גודל המטענים והמרחק ביניהם.

בחלק הראשון של הפעילות התלמידים בודקים את השפעת גודל המטענים על גודל הכוח ביניהם.

בנגיעה של גוף טעון בגולת האלקטרוסקופ מתבצעת העברה של מטען חשמלי. המטען העודף עובר דרך החוט המוליך לכל חלקי האלקטרוסקופ וכך נטענים שני העלים במטען בעל אותו סוג כמו מטען הגולה ומטען הגוף שנגע בה. בכל נגיעה, עובר מטען נוסף והמטען של העלים גדל, כתוצאה מכך העלים מתרחקים יותר.

מהניסוי הזה ניתן להסיק**: ככל שהמטענים גדולים יותר ,עוצמת הכוח ביניהם גדל**

בניסוי זה התלמידים נפגשים גם במושג של **הארקה** ולומדים שמטענים עוברים במגע. הם לומדים איך ניתן לפרוק גוף טעון ממטענו. אפשר פה להזכיר את עניין כליא הברק שהזכרנו בחלק המבוא.

בחלק השני של הניסוי התלמידים לא טוענים את האלקטרוסקופ כי, כפי שנאמר קודם, המטענים אינם עוברים מהמוט לגולה ללא מגע.

כאן התלמידים מתוודעים לתופעה של **משיכה אלקטרוסטטית** של מטענים מהעלים לגולה. האלקטרוסקופ אינו הופך לטעון אלא למקוטב.אין עליו מטען כולל אלא צד אחד שלו יותר חיובי וצד אחר יותר שלילי. ברגע שמרחיקים את המוט, המטענים חוזרים למצב מאוזן ,האלקטרוסקופ כבר לא קטבי והעלים מתקרבים בחזרה זה לזה.

חשוב לציין שפעילות זאת מאפשרת בעיקר לראות את השפעת המרחק על כוח החשמלי.

ככל שהמרחק בין המוט לגולה קטן, השפעתו גדלה, ולכן **הכוח החשמלי גדל ככל שהמרחק בין המטענים קטן**.

בכיתה טובה ובהתאם לזמן, אפשר לעודד את התלמיד להציע ולבצע בדיקות נוספות לגבי גורמים המשפיעים על עוצמת הכוח הפועלת בין מטענים חשמליים.

**תופעות הקשורות בחשמל סטטי בחיי היום יום**

מבקשים מהתלמידים לתת דוגמאות משלהם לתופעות הקשורות בחשמל חשמל סטטי בחיי היום-יום

* גרגירי הקוסקוס הנדבקים לשקית
* שכבות בגדים הנדבקים זה לזה



* מכת חשמל מדלת המכונית
* השיער של הילדה סומר הסבירו מדוע

**יישומים טכנולוגיים**

1. **כליא ברק**

כבר הוזכר ברקע ההיסטורי

1. **צביעה אלקטרוסטטית**

צביעה אלקטרוסטטית מבוססת על העיקרון של "משיכה נגדית" כדי ליצור גימור אחיד ועמיד על גבי אביזרים/משטחים העשויים ממתכת . בשיטה זו נעשה שימוש בצבע אבקתי המכיל שרפים וחומרי צבע (פיגמנטים). הצבע מוזן ממיכל האספקה לתוך אקדח הריסוס. האביזר/משטח הנצבע נטען במטען חיובי. הצבע אבקתי וחלקיקי הצבע נטענים במטען שלילי ומופרדים לחלקיקים על ידי ריסוס אל מחוץ לאקדח בעזרת אוויר דחוס .

חלקיקי הצבע הטעונים במטען שלילי נמשכים באופן חזק לאביזר/משטח הטעון במטען חיובי. חלקיקי האבקה מוחזקים שם עד להתכתם והתאחדותם ליצירת שכבת ציפוי דקה לאחר טיפול בתנורי יבוש.

1. **מְשַקְּעִים אלקטרוסטטיים**

מדי שנה מייצרות תחנות הכוח מאות אלפי טונות של אפר פחם. אפר זה מהווה מפגע אקולוגי ובזבוז משאבים. מְשַקְּעִיםאלקטרוסטטיים מאפשרים מצד אחד למנוע את פליטת האפר לאוויר מארובות תחנות הכוח והמפעלים ומצד שני לאסוף אותו ולמחזר אותו. כיום משמש אפר זה כמרכיב חשוב בתעשיות המלט והבטון ובתשתיות הכבישים.

1. **מכונות צילום מודרניות**

מכונות אלו משתמשות כולן בעיקרון המשיכה האלקטרוסטטית בין מטענים מנוגדי סימן.

ניתן לסכם את אופן פעולתן באופן סכמתי בצורה הבאה:

**תהליך הצילום**

1. מניחים את הדף המיועד לצילום על לוח הזכוכית כשפניו כלפי מטה.
2. פני התוף נטענים בצורה אחידה במטען חיובי.
3. הנורה עוברת לאורך הדף אותו אמורה המכונה לצלם, ובאופן מקביל מסתובב התוף. במקומות בהם חדר האור את הדף הוא מגיע לפני התוף וגורם לשינוי במטען החשמלי. בשאר המקומות, כלומר - המקומות בהם היה כתוב או מצויר משהו על הדף - המטען נשאר חיובי.
4. אבקת טונר מתפזרת על התוף ונצמדת לאזורים בהם המטען נשאר חיובי, כלומר - האזורים שבדף המיועד לצילום היו כתובים.
5. דף, שנטען גם כן במטען חיובי, עובר בין התוף המכוסה בטונר לגלגלת נוספת. כשעובר הדף מתחת לתוף הוא מושך ממנו את הטונר (הטונר - שלילי, הדף - חיובי, מה שיוצר משיכה חזקה ביניהם) וכך נוצרת עליו התמונה הסופית.
6. הטונר מוצמד לדף באמצעות חום ולחץ תוך כדי המעבר בתנור, והדף המצולם נפלט החוצה.
7. התוף מנוקה מטונר על ידי מברשות מיוחדות, והמטען החשמלי שעל פניו נפרק.

**דוגמאות לשאלות לסיכום**

1. אם משפשפים בלון מנופח בשיער ומצמידים אותו לדלת, הוא נשאר דבוק. הסבירו את המנגנון הגורם לו להישאר דבוק.
2. חשבו את מטענו של גוף שעל ידי שפשוף הועבר אליו מיליון אלקטרונים עודפים.
3. גוף טעון במטען השווה ל2\*10-6 קולון. –האם יש בו עודף או חוסר אלקטרונים?

חשבו כמה אלקטרונים עודפים/חסרים יש בו?

1. צמיגיהם של מטוסים מכילים מרכיב מסוים של חומר מוליך. הסבירו מדוע.
2. מאחורי משאיות המובילות חומרים דליקים, משתלשלת שרשרת מתכתית המגיעה לרצפה. הסבירו מה תפקידה.
3. רוני קירבה מוט PVC משופשף לבועת סבון וצפתה במתרחש. בשלב ראשון היא ראתה כי הבועה "התקרבה ונגעה " במוט ואז נסוגה ו"בורחת ממנו". הסברו את התופעה.
4. יוסי טוען אלקטרוסקופ Aואז מחבר אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל מתכת. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A. מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו
5. תלמידה הטעינה אלקטרוסקופ Aואז חיברה אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל פלסטיק. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A. מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו
6. ביום יבש, אם מנסים לפתוח דלת מכונית לאחר נסיעה כשמקרבים יד לדלת מקבלים "מכת חשמל". הסבירו מדוע. ומדוע תופעה זו לא מורגשת ביום לח?
7. אורן וזיווה צפו בהדגמות המורה בנושא אלקטרוסטטיקה. אורן שם לב שהמורה השתמשה לצורך ההדגמה במוט עשוי חומר פלסטי ולא בסרגל מתכת. אורן טוען שלא ניתן לעשות את ההדגמות בעזרת סרגל מתכת, כי לא ניתן לטעון אותו. זיווה טוענת שזה לא הגיוני, כי בחומר מוליך יש אלקטרונים ניידים ודווקא קל לתלוש אותם.

מי צודק? נמקו את תשובתכם. הסבירו מדוע המורה לא השתמשה בסרגל מתכת?

1. נעמה הקוסמת רצתה להרשים את הילדים במסיבת יום הולדת. היא הניחה פחית קולה ריקה על הדופן הצדית שלה על פני השולחן, והצליחה לגלגל אותה לאורך השולחן על ידי קירוב (ללא מגע) של בלון משופשף. האם אפשר היה להניע את הפחית, על ידי קרוב של גוף אחר? כיצד ניתן לגרום לדחייה של הפחית? האם ניתן לבצע את "הקסם" גם בעזרת בקבוק קטן ריק של מיץ תפוזים? הסבירו.
2. שני כדורים קטנים העשויים מחומר מוליך תלויים על חוטים מקבילים כך שהם נוגעים זה בזה. נוגעים באחד הכדורים בעזרת סרגל פלסטיק משופשף. הכדורים מתרחקים זה מזה. הסבירו מדוע.

**תשובות לשאלות לדוגמה**

1. אם משפשפים בלון מנופח בשיער ומצמידים אותו לדלת, הוא נשאר דבוק. הסבירו את המנגנון הגורם לו להישאר דבוק. על ידי שפשוף הבלון בשיער, הוא הפך להיות טעון. קירוב הבלון הטעון לדלת גורמת לקיטוב הדלת כך נוצרת משיכה בין חלקי הבלון שאינם נוגעים בדלת, לדלת (השראה אלקטרוסטטית).
2. חשבו את מטענו של גוף שעל ידי שפשוף הועבר אליו מיליון אלקטרונים עודפים

מטענו יהיה שלילי כי יש עליו עודף של אלקטרונים . מטענו: -1.6\*10-13 קולון

1. גוף טעון במטען השווה ל2\*10-6 קולון. –האם יש בו עודף או חוסר אלקטרונים?

חשבו כמה אלקטרונים עודפים/חסרים יש בו? 1.25\*1012 אלקטרונים חסרים.

1. צמיגיהם של מטוסים מכילים מרכיב מסוים של חומר מוליך. הסבירו מדוע.

גוף המטוס נטען בזמן הטיסה כתוצאה מהחיכוך הגדול עם האוויר. התפרקות מטען חשמלי בין גוף טעון לכדור הארץ גורם לניצוץ. התופעה המוכרת לנו ביותר הדומה לזאת היא "הברק". על מנת למנוע את הניצוץ היכול לגרום להצתת הדלק, גורמים להארקה דרך מוליך. גלגלי המטוס המוליכים מאפשרים הארקה.

1. מאחורי משאיות המובילות חומרים דליקים, משתלשלת שרשרת מתכתית המגיעה לרצפה. הסבירו מה תפקידה. גם כאן רוצים למנוע ניצוץ בזמן שהמטען שנוצר על המשאית נפרק, לכן גורמים להארקה דרך השרשרת המוליכה.
2. רוני קירבה מוט PVC משופשף לבועת סבון וצפתה במתרחש. בשלב ראשון היא ראתה כי הבועה "התקרבה ונגעה " במוט ואז נסוגה ו"בורחת ממנו". הסברו את התופעה בשלב הראשון המוט טעון והבועה לא. נוצרת ביניהם משיכה כתוצאה מהשראה אלקטרוסטטית. (ראו ניסוי הטיית זרם המים). ברגע שהטיפה נוגעת במוט, עוברת אליה חלק מהמטען העודף שהיה על המוט והם הופכים להיות טעונים במטענים בעלי אותו סימן. כתוצאה מכך יש ביניהם עתה כוחות דחייה.
3. יוסי טוען אלקטרוסקופ A ואז מחבר אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל מתכת. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A. מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו

מכיוון שסרגל המתכת מוליך, חלק ממטען העודף עבר מאלקטרוסקופ A לאלקטרוסקופ B. כתוצאה מכך האלקטרוסקופ A פחות טעון ועליו מתקרבים במקצת. לעומת זאת האלקטרוסקופ B הפך להיות טעון ועליו מתרחקים זה מזה

1. תלמידה הטעינה אלקטרוסקופ Aואז חיבר אותו לאלקטרוסקופ B לא טעון בעזרת סרגל פלסטיק. תארו מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ A. מה קורה לעלים של אלקטרוסקופ B. נמקו. הפעם סרגל הפלסטיק אינו מוליך ולכן לא עובר מטען ולא קורה כלום: העלים של A נשארים רחוקים זה מזה באותה מידה ו B אינו טעון לכן עליו לא מתרחקים זה מזה.
2. ביום יבש, אם מנסים לפתוח דלת מכונית לאחר נסיעה כשמקרבים יד לדלת מקבלים "מכת חשמל". הסבירו מדוע. ומדוע תופעה זו לא מורגשת ביום לח? המכונית נטענה על ידי חיכוך עם האוויר בזמן הנסיעה .(גם הנוסע נטען על ידי מגע בינו והמושב ) ברגע שהיד מאוד קרובה לדלת, האלקטרונים העודפים, והמטען העודף מתפרק דרך הגוף שלנו. ביום לח, הלחות שבאוויר מוליכה במקצת וגורמת להתפרקות המטען לפני שנוגעים בדלת
3. אורן וזיווה צפו בהדגמות המורה בנושא אלקטרוסטטיקה. אורן שם לב שהמורה השתמשה לצורך ההדגמה במוט עשוי חומר פלסטי ולא בסרגל מתכת. אורן טוען שלא ניתן לעשות את ההדגמות בעזרת סרגל מתכת, כי לא ניתן לטעון אותו. זיווה טוענת שזה לא הגיוני, כי בחומר מוליך, יש אלקטרונים ניידים ודווקא קל לתלוש אותם מי צודק? נמקו את תשובתכם. הסבירו מדוע המורה לא השתמשה בסרגל מתכת? . זיווה צודקת. קל להוציא אלקטרונים ממתכת אך מכיוון שזה חומר מוליך, עוברים אלקטרונים מהגוף שלנו לסרגל הברזל וממלאים את רוב החסר.
4. נעמה הקוסמת רצתה להרשים את הילדים במסיבה במסיבת יום הולדת. היא הניחה פחית קולה ריקה על הדופן הצדית שלה על פני השולחן, והצליחה לגלגל אותה לאורך השולחן על ידי קירוב (ללא מגע) של בלון משופשף. האם אפשר היה להניע את הפחית, על ידי קרוב של גוף אחר? כיצד ניתן לגרום לדחייה של הפחית? האם ניתן לבצע את "הקסם" גם בעזרת בקבוק קטן ריק של מיץ תפוזים? הסבירו. מדובר במשיכה בין גוף טעון (הבלון) וגוף לא טעון (הפחית או הבקבוק). לא חייב להיות בלון, אפשר לקחת מסרק פלסטיק למשל .אין לקוקה קולה מונופול על הניסוי, גם עם בקבוק פלסטי הניסוי מצליח. נסו!!
5. שני כדורים קטנים העשויים מחומר מוליך תלויים על חוטים מקבילים כך שהם נוגעים זה בזה . נוגעים באחד הכדורים בעזרת סרגל פלסטיק משופשף. הכדורים מתרחקים זה מזה. הסבירו מדוע. במגע בין סרגל הפלסטיק והכדור ,הסרגל מעביר מטען לכדור. מכיוון שהכדורים מוליכים, המטען שעבר מתחלק בין שני הכדורים. הם עכשיו טעונים במטען מאותו סוג ודוחים זה את זה.