

אנרגיה פוטנציאלית כתופעה אנלוגית

פרק שלישי: אנרגיה פוטנציאלית של גובה ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

הקדמה

מים שאגורים בבריכה בגובה מעל פני השטח הם בעלי אנרגיה פוטנציאלית של גובה, ניתן לראות זאת אם נותנים להם לזרום למטה ולעשות עבודה (למשל - לסובב גלגל). בצורה דומה יונים בעלי מטען חיובי ויונים אחרים בעלי מטען שלילי שאגורים בסוללה הם בעלי אנרגיה פוטנציאלית חשמלית (בלשון מדעית אומרים שהם יוצרים הפרש פוטנציאל חשמלי או מתח). אפשר לראות זאת אם סוגרים מעגל ונותנים למטענים לזרום ולעשות עבודה (למשל - לסובב מנוע). אנחנו נציג את האנלוגיה הזו על ידי הדגמה פשוטה שתייצר אנלוגיה בין המתח החשמלי להפרשי הגובה וננסה להמשיך ולהרחיב את האנלוגיה למושגים נוספים מתחום החשמל ואולי אפילו נצליח להבין מהו מתח שלילי!

בהמשך נציג גם אנלוגיה בין המערכות שיוצרות את המתח ואת פוטנציאל הגובה – בחלק זה נציג אנלוגיה בין סוללה חשמלית למשאבת מים ובריכת אגירה.

לבסוף נראה כיצד אגירת אנרגיה פוטנציאלית משמשת כיום כדי לנסות לפתור את אחת הבעיות המורכבות של שוק האנרגיה.

מגבלות האנלוגיה: לאנלוגיה בין זרם חשמלי לזרימת מים יש מגבלות: בעת זרימת מים נעים המים בעוד שבמעגל החשמלי אין תנועת מטענים לאורך המעגל. בנוסף – מעגל חשמלי צריך להיות סגור כדי שיזרום זרם. אין הדבר כך בזרימת מים.

רצינות: על ידי הדגמה של תופעה מוחשית (סיבוב גלגל על ידי מים נופלים) נדגים את האנרגיה הפוטנציאלית של הגובה ואת העובדה שהיא תלויה בגובה המאגר ובכמות המים. לאחר מכן נייצר את האנלוגיה לסוללה חשמלית - במקרה זה נגדיל את האנרגיה הפוטנציאלית על ידי חיבור סוללות בטור ונפעיל בעזרתן מנוע חשמלי שיסובב את אותו הגלגל. האנלוגיה תבנה בשכבות – בשלב ראשון נייצר את האנלוגיה בין האנרגיה הפוטנציאלית של הגובה לאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית (מתח) אחר כך נעבור לדבר על ה"מערכות" שמייצרות את האנרגיות הפוטנציאליות הללו – סוללה ומשאבת מים.

מטרות

1. התלמידים יכירו את האנרגיה הפוטנציאלית של הגובה שאגורה בבריכת מים גבוהה ויבינו במה תלויה אנרגיה זו.
2. התלמידים יכירו את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית שאגורה בסוללה.
3. התלמידים יזהו את הגדלים האנלוגיים בין שתי המערכות
4. התלמידים יבינו מושגים מורכבים בחשמל בעזרת מקביליהם בעולם המים (מתח, זרם, אנרגיה חשמלית והספק)

משך זמן

2 שיעורים (90 דקות)

גיל

7-11

התאמה לתחומי דעת

מדעים, אלקטרוניקה, פיזיקה, הנדסה,

ידע מוקדם

היכרות עם מושג האנרגיה

מושגים מרכזיים

אנרגיה פוטנציאלית, אנרגיה חשמלית, מתח, המרות אנרגיה

מיומנויות נלמדות

חשיבה אנלוגית וזיהוי אנלוגיה בין תופעות שונות

להכין מראש

מחשב, מקרן, מצגת הוראה, .

אנרגיה פוטנציאלית כתופעה אנלוגית- דגם הוראה

עזרים	סוג פעילות	דק'	הפעילות	
	 הדגמה/ התנסות מעשית בביתה	25	חלק 1- הדגמה ראשונה: האנרגיה הפוטנציאלית של המים הדגמה מרוכזת של סיבוב גלגל בעזרת מים שנפלים מגובה. ככל שהמים גבוהים יותר כך הגלגל יסתובב מהר יותר. דיון אודות התופעה.	1.
	 הדגמה/ התנסות מעשית בביתה	25	חלק 2- הדגמה שנייה: אנרגיה פוטנציאלית חשמלית הדגמה לסיבוב הגלגל באמצעות מנוע חשמלי. ככל שנשתמש ביותר סוללות בטור כך נקבל פוטנציאל חשמלי גדול יותר והמנוע יסתובב מהר יותר. דיון על שתי האנלוגיות שפגשנו.	2.
	 עבודה עצמית	15	חלק 3- הכרות עם האנלוגיה בין הסוללה החשמלית למשאבת המים חלק הזה יכול להתבצע כלמידה עצמית או דיון מרוכז בביתה. סרטון- http://www.youtube.com/watch?v=CXDenT4zNFM	3.
	 דיון ביתי	15	חלק 4- הרחבה- אתגר המתח השלילי הבנת המושג מתח שלילי באמצעות הדגמה של בריכה בגובה אפס. סרטון- https://www.youtube.com/watch?v=chQ8L2-HGC8	4.
	 דיון ביתי	10	חלק 5- הרחבה- מערכת אגירת אנרגיה פוטנציאלית- "אנרגיה שאובה" אגירת חשמל באמצעות שאיבת מים לגובה וייצור חשמל בשיטה הידרו אלקטרית בחוות הגלבע • https://www.youtube.com/watch?v=YLju_lhvcS8 • https://www.youtube.com/watch?v=brx6enZoe98&t=6s	5.
			רקע תיאורטי והרחבה למורים: 1. מכון דוידסון https://davidson.weizmann.ac.il/online/askexpert/%D7%9E%D7%94%D7%99-%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%92%D7%99%D7%94 2. אנרגיה שאובה: https://www.youtube.com/watch?v=66YRCjklcg 3. אנלוגיית הסוללה והאנרגיה השאובה: https://www.youtube.com/watch?v=8EOhULFhFsQ	

מהלך השיעור:

חלק 1- הדגמה- אנרגיה פוטנציאלית של מים 25 דקות

- ❖ את ההדגמה ניתן לבצע באופן כיתתי ומרוכז בצורת הדגמה או בהתנסות אישית של כל זוג תלמידים. ההנחיות לתלמידים מופיעות במצגת.
- ❖ הציוד הנדרש: בקבוק פלסטיק (0.5 ליטר), בסיס קיבוע וזרוע, מניפת פלסטיק (ניתן להדפיס על פי תכנית מצורפת) ופיות בגדלים שונים (ניתן להשתמש בפקק המקורי של הבקבוק מחורר), קערת מים, שיפוד עץ.
- ❖ הכנת גלגל- מניפת פלסטיק: להלן מודל **להדפסה בתלת מימד**:
<https://cad.onshape.com/documents/b616c259a1d7336756d62bfd/w/399b0da3a807c2957250b176/e/f8e1a0497fa01d1d18f1e084?renderMode=0&uiState=61dbe7206e31e814d5b76c3d>
- ❖ הכנת מניפה ללא צורך בהדפסת תלת מימד – ניתן למצוא בנספח 1.

מהלך ההדגמה:

1. ניקח את בקבוק הפלסטיק ונחורר את בסיסו באמצעות מסמר.
 2. נמלא את בקבוק הפלסטיק במים
 3. נקבע את הבקבוק מעל גלגל המניפה בעזרת זרוע הקיבוע בגובה של כ- 40 ס"מ.
 - נראה כיצד המים זורמים ומסובבים את המניפה
 4. נוריד את הזרוע כך שתהיה כ- 5 ס"מ מעל המניפה ותנו למים לזרום שוב
- בקישורים הבאים ניתן לצפות בהדגמה של הניסויים שביצענו:

בריכה גבוהה- <http://www.youtube.com/watch?v=SK65tBpxAQw>

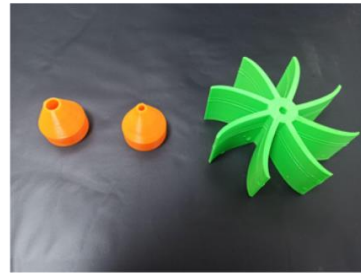
בריכה נמוכה- <http://www.youtube.com/watch?v=7WE2qkDy8wc>



בסיס וזרוע



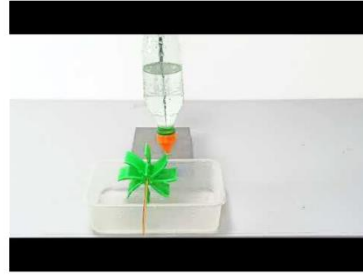
בקבוק וכלי קיבול



מניפה ופיות לבקבוק
(הדפסת תלת מימד)



"ברירה" גבוהה



"ברירה" נמוכה

דיון: נערוך דיון כיתתי אודות התופעה שראינו, ברוח שיטת החקירה הפילוסופית באופן הבא:

נוהל קיום הדיון: תנו לתלמידים לענות על השאלות הבאות בקצרה בכתב. הדגישו שחשוב מאוד שיכתבו את התשובות גם אם הן קצרות מאוד. בזמן קיום הדיון –

שלב 1- בקשו תחילה מהתלמידים לקרוא רק תשובות מהדף, ללא תגובות חבריים.

שלב 2- תנו לתלמידים הזדמנות לשפר את תשובתם הכתובה על סמך מה ששמעו.

שלב 3 - נקיים דיון כיתתי פתוח.

שאלות לדיון:

- מה גרם לסיבוב המניפה?
- האם היה הבדל בסיבוב המניפה כשהבקבוק היה מחובר גבוה ונמוך?
- במה תלויה מהירות הסיבוב של המניפה? מה היה עלינו לעשות אם היינו רוצים שהמניפה תסתובב אפילו מהר יותר?
- במה תלוי משך סיבוב המניפה? מה היה עלינו לעשות אם היינו רוצים שהמניפה תסתובב זמן ארוך יותר?

נחמד ונסביר את התופעה: כשהבקבוק ממוקם גבוה יותר יש למים יותר אנרגיה פוטנציאלית ולכן עבור ספיקת מים זהה (אנחנו משתמשים באותה פיה בשני הניסויים) המניפה תסתובב מהר יותר.

ככל שהבקבוק גבוה יותר יש למים יותר אנרגיה פוטנציאלית והמערכת מספקת יותר אנרגיה ליחידת זמן ולכן המניפה מסתובבת מהר יותר.

ולכן - מהירות הסיבוב במערכת זו תלויה בגובה הבקבוק ובגודל הפיה (משפיע על הכמות שיוצאת ביחידת זמן), זמן סיבוב המניפה תלוי בכמות המים שבבקבוק ובגודל הפיה.

חלק 2- אנרגיה פוטנציאלית חשמלית 25 דקות

❖ את ההדגמה ניתן לבצע באופן כיתתי ומרוכז בצורת הדגמה או בהתנסות אישית של כל זוג תלמידים. ההנחיות לתלמידים מופיעות במצגת.

❖ הציוד הנדרש: מנוע DC (צהוב) עם Gearbox, חוטי חיבור, 2 סוללת 1.5 וולט, 2 סוללות AA 1.5 וולט מחוברות בטור, מניפת פלסטיק.

הערה: ניתן לבנות מעגל דומה עם כל מנוע DC ואת מניפת הפלסטיק ניתן להחליף בכנפיים מותאמות לחיבור למנוע

מהלך ההדגמה:

1. נחבר את המניפה לזרוע המנוע.
2. נחבר את חוטי החיבור אל הסוללה.
3. נבצע את הניסוי פעם אחת עם סוללה אחת ופעם עם שתי סוללות שמחוברות בטור.

בקישורים הבאים ניתן לצפות בהסבר על ביצוע הניסוי:

מתח נמוך - http://www.youtube.com/watch?v=8agiMH2g_64

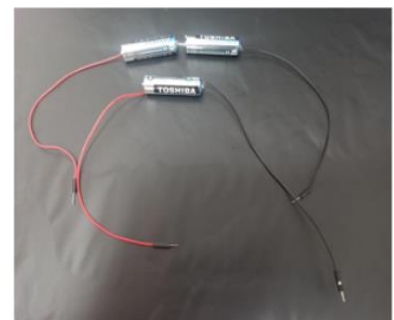
מתח גבוה - <http://www.youtube.com/watch?v=VPMxon4aWiQ>



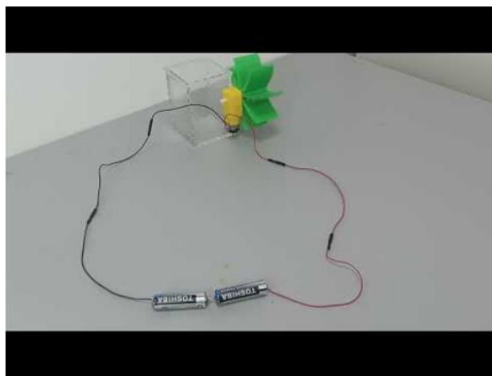
מנוע DC - GearBox



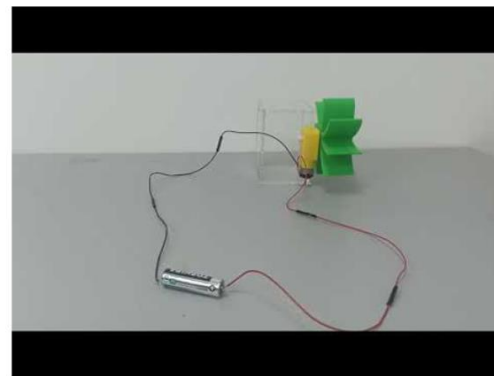
מניפת פלסטיק



סוללות AA וחוט



מתח גבוה - 2 סוללות



מתח נמוך - סוללה אחת

דיון: נערוך דיון כיתתי אודות התופעה שראינו, ברוח שיטת החקירה הפילוסופית שהוצגה בחלק הראשון:

נוהל קיום הדיון: תנו לתלמידים לענות על השאלות הבאות בקצרה בכתב. הדגישו שחשוב מאוד שיכתבו את התשובות גם אם

הן קצרות מאוד. בזמן קיום הדיון –

שלב 1- בקשו תחילה מהתלמידים לקרוא רק תשובות מהדף, ללא תגובות חברים.

שלב 2- תנו לתלמידים הזדמנות לשפר את תשובתם הכתובה על סמך מה ששמעו.

שלב 3 - קיימו דיון כיתתי פתוח.

שאלות לדיון:

- מה גורם לסיבוב המניפה?
- האם היה הבדל בסיבוב המניפה כשהמנוע היה מחובר לסוללה אחת או לשתיים?
- במה תלויה מהירות הסיבוב של המניפה? מה היה עלינו לעשות אם היינו רוצים שהמניפה תסתובב אפילו מהר יותר?
- במה תלוי משך סיבוב המניפה? מה היה עלינו לעשות אם היינו רוצים שהמניפה תסתובב זמן ארוך יותר?

נחמד ונסביר את התופעה: כשהמנוע מחובר לשתי סוללות בטור המתח גבוה יותר, כלומר לכל מטען במעגל יש יותר אנרגיה פוטנציאלית חשמלית ולכן המניפה תסתובב מהר יותר.
נזכיר שמתח הוא מידת האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית שיש לכל מטען במעגל. זרם- כמות המטענים ליחידת זמן.
ככל שהמתח גדול יותר למטענים שזורמים במעגל יש אנרגיה גדולה יותר.

אנלוגיה בין שתי התופעות:

גובה הבקבוק אנלוגי למתח הסוללה:

- ככל שהבקבוק גבוה יותר ביחס לבריכה לכל טיפת מים יש אנרגיה פוטנציאלית גבוהה יותר.
- ככל שמתח הסוללה גבוה יותר (יותר סוללות בטור) לכל מטען (אלקטרון) יש אנרגיה פוטנציאלית חשמלית גבוהה יותר.
לעיתים קוראים להפרש הפוטנציאלים "מפל מתחים".

המטענים החשמליים אנלוגיים למולקולות המים:

- באנלוגיה זו נושאי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית הם המטענים החשמליים (האלקטרונים).
- נושאות האנרגיה הפוטנציאלית של הגובה הן מולקולות המים.

את שני סוגי האנרגיה ניתן להפוך לאנרגיה של תנועה (אנרגיה קינטית).

מגבלות האנלוגיה: במעגל החשמלי הזרם יגדל כאשר המתח יגדל, אולם בבריכת המים כמות המים הזורמת ליחידת זמן לא גדלה כאשר הבקבוק גבוה יותר אלא טיפות המים בעלות אנרגיה גדולה יותר ויזרמו מהר יותר. יש לשים לב לתפישה שגויה שעלולה להיווצר סביב התופעה הזו.

חלק 3- הרחבת האנלוגיה – סוללה חשמלית, משאבת מים ובריכה 15 דקות.

לאחר שהבנו את האנלוגיה בין האנרגיה הפוטנציאלית של הגובה לאנרגיה הפוטנציאלית החשמלית נרחיב את האנלוגיה לאנלוגיה מערכתית. מה יוצר אנרגיה פוטנציאלית של גובה וכיצד אוגרים אותה ומה מייצר אנרגיה פוטנציאלית חשמלית וכיצד אוגרים אותה? נציג אנלוגיה בין סוללה חשמלית למשאבת מים ובריכת אגירה.

❖ חלק זה נועד ללמידה עצמית של התלמידים. התלמידים יצפו בסרטון ויבצעו את המשימה (משימת התאמת מושגים).

[קישור לסרטון עם השאלות](#)

[קישור לסרטון ב-YouTube](#)



בערוך דיון לאחר הסרטון:

- רשמו על דף מה המרכיבים האנלוגיים לעולם החשמל: משאבת המים, למים עצמם, לבריכת המים.
- מאיפה מקבלות המערכות שלנו אנרגיה כדי להפוך אותה לאנרגיה פוטנציאלית (חשמלית ואנרגיה פוטנציאלית של גובה): מהיכן מקבלת הסוללה אנרגיה? מהיכן מקבלת המשאבה אנרגיה?

הסבר: ראינו בסרטון שמה שיוצר אנרגיה פוטנציאלית חשמלית היא הסוללה. הסוללה ממירה אנרגיה פוטנציאלית כימית לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית וגם אוגרת אנרגיה זו בתוכה. המערכת האנלוגית היא המערכת שכוללת משאבת מים ובריכת אגירה – המשאבה מעניקה למים אנרגיה פוטנציאלית של גובה (אגב, לשם כך היא משתמשת באנרגיה חשמלית), אנרגיה זו נאגרת בבריכת המים הגבוהה.

חלק 4- הרחבה – נבין מהו מתח שלילי בעזרת האנלוגיה 15 דקות

חלק זה הינו הרחבה להבנת המושג "מתח שלילי" באמצעות האנלוגיות. נפתח את הדיון בשאלה למחשבה- האם ניתן לייצר מתח שהוא שלילי? מה זה אומר בכלל מתח שלילי? *להמחשת עיקרון המתח השלילי ניתן לבנות מערכת ניסוי או להקרין את סרטון המציג את הניסוי.

הנחיות לבניית הניסוי:

נציג את מערכת הניסוי בה הבקבוק ממוקם בגובה של 1 מטר מעל השולחן. נקבע מערכת ייחוס בה השולחן הינו נקודת האפס. (מה שמעל השולחן- חיובי. מתחת לשולחן- שלילי). נמדוד את מהירות הסיבוב של המניפה בבריכה הנמצאת בגובה אפס. לאחר מכן- נמקם את הבריכה על הרצפה, בגובה של 1 מטר מתחת לשולחן כאשר הבקבוק נמצא בגובה השולחן (אפס). מה תהיה מהירות הסיבוב של המניפה? באמצעות הדגמה זו נמחיש לתלמידים מהו מתח שלילי כאשר הפרש הגבהים נשאר קבוע אך הכיוון משתנה.

[קישור לסרטון להדגמת מתח שלילי](#)



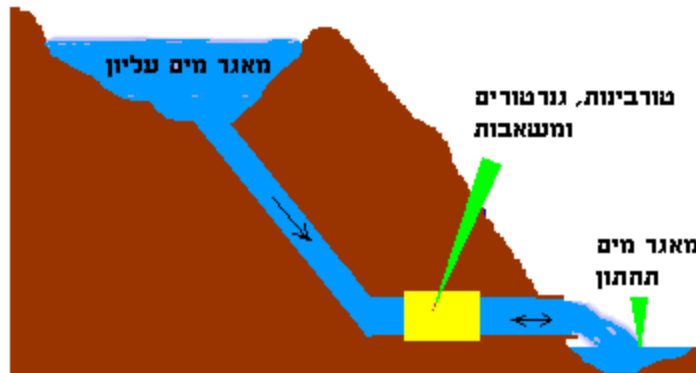
חלק 5- הרחבה – הכרות עם מערכות אגירת אנרגיה פוטנציאלית- "אנרגיה שאובה" 10 דקות

אחת הבעיות הקיימות בעולם החשמל היא שאין לנו יכולת לאגור אנרגיה. חברת החשמל מייצרת אנרגיה ומספקת אותה אלינו הצרכנים, אולם אם היא תייצר יותר ממה שאנחנו צורכים- האנרגיה תתבזבז. גם בעולם האנרגיות המתחדשות (סולרי, רוח, מים) אין פתרון לנושא וקיים צורך לאגור את האנרגיה העודפת שנוצרת. אחד הפתרונות הקיימים נקרא "אנרגיה שאובה" שבו נעשה שימוש בעודפי אנרגיה כדי לשאוב מים לבריכות גבוהות ובכך לאגור אנרגיה פוטנציאלית. כשרוצים לנצל את האנרגיה נותנים למים לזרום במורד ההר ומפיקים מאנרגיה זו אנרגיה חשמלית. בישראל ישנה תחנת כוח הידרו-אלקטרית בחוות הרוח בגללבע. להלן קישורים לסרטונים המסבירים את הנושא וכיצד זה נעשה בישראל בחוות הגללבע:

סרטון 1- https://www.youtube.com/watch?v=YLju_lhvcS8

סרטון 2- <https://www.youtube.com/watch?v=brx6enZoe98&t=6s>

סרטון הרחבה (באנגלית) - <https://www.youtube.com/watch?v=66YRCjkxlcg>



נספח 1: בניית מניפה ללא צורך בהדפסת תלת מימד.

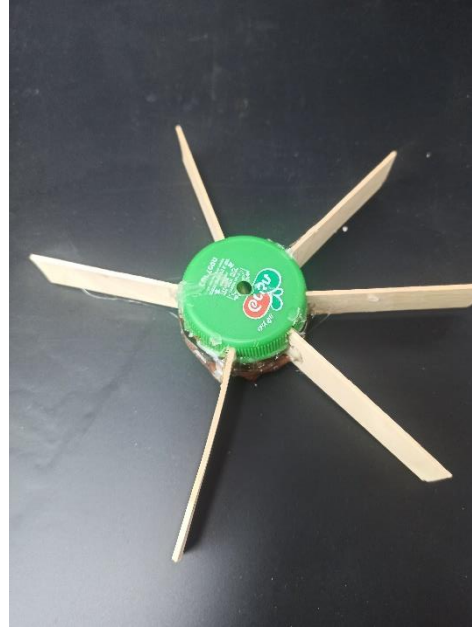
רכיבים: 3 מקלות ארטיק (מעץ), 6 כפות פלסטיק, שני פקקי פלסטיק רחבים,

ציוד: אקדח דבק חם, סכין יפני.



שלבי ההרכבה:

1. הכנת הציר המרכזי- חיתכו בהתאמה 6 חריצים לרוחב הפקקים (כך שתוכלו להכניס לתוכם את מקלות הארטיק. חוררו כל פקק במרכזו (כדי שהשיפוד יוכל לעבור דרכו)
2. חיתכו כל מקל של ארטיק לחצי (כך שיהיו ברשותכם 6 חצאים) והכניסו כל חצי מקל לתוך החריץ באחד מהפקקים כך שכל המקלות ייפגשו במרכז הפקק- קבעו בעזרת דבק חם
3. סיגרו בעזרת הפקק השני לקבלת המבנה הבא:



4. חיתכו את קצות הכפות והדביקו באמצעות דבק חם בקצה המקלות

