



קורס מיוחד : אנרגיות מתחדשות

קורס מיוחד (סדנה) למורים לפיזיקה לצורך העמקה בנושא משאבי אנרגיה – תהליכים ומערכות

דו"ח מסכם

פרויקט 13 ה' תשע"ז

מגישים :

דר' אמנון חזן

מר מיכאל סבין

פרופ' ירון להבי

תוכן

2	מבוא	2
4	רעיונות מרכזיים בהשתלמות (כפי שעוצבו בפרויקט 13 ב') :	1
6	הוראת מושג האנרגיה תוך דגש על השילוב בין הגישה מדעית לגישה הטכנולוגית	1
7	סילבוס הסדנאות (כפי שעוצב בפרויקט 13 ב') :	2
8	מבנה ההשתלמות - הרצאות וסדנאות :	3
10	מבנה ההשתלמות - סיורים :	4
10	תכנית הסיורים :	10
11	נספח : מטלת סיכום להשתלמות	11
11	הוראות להגשת מטלת סיכום	5
12	דוגמה למערך שיעור :	12
12	נושא השיעור : שינוי אנרגיה בעת בלימה	6
16	רשימה ביבליוגרפית :	7

לפי מכרז מס' 9/7.2013

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מבוא

יחסי הגומלין בין הפרט, החברה, המדע והטכנולוגיה מקבלים במאה ה-21 חשיבות גדולה מאי פעם. מכאן החשיבות של הוראת הנושא אנרגיה עבור אזרחי העתיד על מנת שיוכלו להיות מעורבים בנעשה סביבם ולקבל החלטות מושכלות. החלטות כאלה יצטרכו לקבל בודדים וגופים גדולים תוך התחשבות בהיבטים שונים (לעיתים סותרים זה את זה): טכנולוגיים, כלכליים, בריאותיים, גאופוליטיים וסביבתיים. חשיבותו של הצורך בניצול המשאבים הטבעיים לשם התפתחות הפרט והחברה באופן מושכל, בד בבד עם הפחתת הפגיעה בסביבה, הולכת וגדלה בשנים האחרונות. השימוש הרב בדלק פוסילי (נפט, פחם וגז) לחימום, חשמל, תקשורת ותחבורה מהווה, מחד גיסא, את אחד מאבני הבניין של החברה המודרנית ומאידך גיסא הוא יכול להביא לשינוי במאזן החיים על פני כדור הארץ.

העיסוק באנרגיה כבר חצה מזמן את הגבולות הלוקליים והפך לעניינה של האנושות כולה. סוגיות הקשורות לצרכיו של האדם הבודד באנרגיה, צרכיה של החברה בה הוא חי ויחסי הגומלין אדם-חברה-סביבה, מעסיקות בהווה ויעסיקו בעתיד את האזרח. מעורבות מושכלת של האזרחים בסוגיות כמו התחממות כדור הארץ ופיתוח משאבי אנרגיה חדשים מחייבת למידה של הנושא על היבטיו השונים: החברתיים, הכלכליים, הטכנולוגיים, האנושיים והסביבתיים.

הוראת האנרגיה מאתגרת את הבנת יחסי הגומלין בין מדע לטכנולוגיה:

"המדע חוקר את המציאות ואת הסביבה הטבעית (הטבע) ואילו הטכנולוגיה היא "יצירת" מציאות על-ידי האדם, על פי תכנונו ועל פי רצונותיו. ... אלא, שהפעילות הטכנולוגית ממומשת ברגע שנענו רוב צרכי-אנוש. ... לא כן פועל המדע. אם "חוק" טבע פועל רק ב-80% מהמקרים, הרי שעבודת החוקר עדיין לא הסתיימה. די בהפרכה חד-פעמית של אחד מחוקי הפיזיקה כדי לשלול תיאוריה שלמה העומדת מאחוריו" (קרומהולץ נירה, 2002)

פעילות מדעית שואפת לחקור ולהבין את סביבתנו הקיימת. היא מונעת מסקרנות, דורשת דיוק ומתבססת על הנחות הגיוניות. לעומתה, פעילות טכנולוגית מונעת בעיקר מצרכים קיומיים, שואפת לממש מוצרים ותהליכים שעדיין אינם קיימים. בטכנולוגיה יש יצירה של מכלול חדש על פי מרכיביו ושל סביבה חדשה.

לצורך זה הוחלט לקיים השתלמות בנושא של אנרגיות מתחדשות שתיועד למורי הפיזיקה בתיכון. השתלמות זו תאפשר למורים לשלב את התכנים הנוגעים לנושא עם תכנית הלימודים הפורמלית בפיזיקה.

העקרונות והקורס המיוחד (ההשתלמות) המופיעים להלן הם חלק מהתוצרים שהופקו על ידי צוות החשיבה שעסק בתכנון הפיתוח של השתלמות המורים בנושא אנרגיה מתחדשת. תוצר נוסף הוא הסילבוס של ההשתלמות, הכולל שלושה מרכיבים: הרצאות, סדנאות וסיורים.

עקרונות

השתלמות העוסקת באנרגיה היא מטבעה תכנית בינתחומית המשלבת מדע, טכנולוגיה ומדעי החברה. בהקשר של הוראת הפיזיקה, התבססה ההשתלמות על שילוב בין תחומי דעת שונים:



מדע, דידיקטיקה והוראת הפיזיקה. במסגרת ההשתלמות עסקנו בהקשר של אנרגיה בעקרונות המדעיים, הטכנולוגיים והדידיקטיים של הוראת האנרגיה.

הקורס המיוחד

קהל היעד של ההשתלמות היה מורים לפיזיקה בעלי עניין עמוק בנושא ונכונות ללמוד ולהרחיב את הידע שלהם, ובהמשך גם של תלמידיהם, בנושא האנרגיה. מטרת הקורס היו לחשוף את המורים לחזית הידע המדעי-טכנולוגי-חברתי בנושא של משאבים מתחדשים ("אנרגיות מתחדשות") ולנעשה בתחום הן בעולם והן בארץ. מטרת נוספת היו לחשוף את המורים לידע הקיים בנוגע לקשיים בהוראת האנרגיה ולהכיר להם את תפיסת הוראת האנרגיה הממוקדת בשינוי בגודלה כאפשרות להתמודד עם אותם קשיים, וכן לחדד את ההיבטים הטכנולוגיים והמדעיים הקשורים למושג זה. המורים בקורס השתתפו השתתפות פעילה בסדנאות ובעבודה בקבוצות קטנות שכללו דיונים, ביצוע ניסויים והכנת חומרי למידה לתלמידים. הפעילות במסגרת הקורס המיוחד התרחשה בשלושה סבבים בסך כולל של 30 שעות למורה שכל אחד מהם כלל יומיים (כולל לינה) של הרצאות וסדנאות ויום נוסף של סיורים באתרים של אנרגיות חלופיות. בסך הכל נטלו חלק בהשתלמויות 150 מורים. על המורים שנטלו חלק בהשתלמות היה גם לבצע מטלה שהתמקדה בהיבטים הדידיקטיים של הוראת הנושא (ראו נספח בסוף הסיכום).



1. רעיונות מרכזיים בהשתלמות (כפי שעוצבו בפרויקט 13ב'):

הטבלה הבאה מציגה את הרעיונות המרכזיים שעברו כחוט השני בהשתלמויות המורים, את ההצדקה הניתנת לרעיונות אלו וכן התייחסות לקשיים אפשריים של תלמידים. בסעיף הבא יפורטו קשיים נפוצים של תלמידים בהבנת מושג האנרגיה, והמענה אותו נותנת גישת השינוי לקשיים אלו.

רעיון מרכזי	הצדקה	קשיים צפויים
1) אנרגיה היא מושג אחד שערכו במערכת נתונה יכול לגדול או לקטון.	אפשר למדוד את השינוי באנרגיה בדרך אחת – על ידי שינוי טמפרטורה בגוף סטנדרטי	תפיסה מוטעית לפיה אם אין שינוי בטמפרטורה אזי אין שינוי באנרגיה
2) סוגי אנרגיה מציינים סוגי תהליכים בהם האנרגיה קטנה או גדלה	חימום/קירור המתרחש בתהליכים שונים. איפיון שינויים על-ידי גדלים אופייניים המשתנים בעת התרחשותם (גובה, מהירות וכו')	דבקות בתפיסה כי סוגי האנרגיה מציינים אנרגיות שונות במהותן
3) השינוי בגודלה של אנרגיה בעת שינוי גובה של גוף הנמצא בהשפעת כוח הכובד נמצא ביחס ישר לגודל השינוי בגובה ולמשקל הגוף.	מדידות של מידת החימום בעת ירידה של גוף מגבהים שונים ובעת ירידה של גופים בעלי משקל שונה מאותו הגובה.	קושי במעבר מתיאור איכותי לתיאור בעזרת נוסחה קושי בהסקת מסקנות כמותיות מתוצאות הניסוי קושי בבניית נוסחה אחת מתוצאות של שני ניסויים שבהם נערכה הפרדת משתנים.
4) השינוי בגודלה של אנרגיה בעת שינוי במהירות של גוף נמצא ביחס ישר לגודל השינוי בריבוע המהירות ולמסת הגוף.	מדידות של מידת החימום בעת עצירה של גוף המסתובב בתדירויות שונות. הצדקה איכותית לתלות במסת הגוף.	קושי במעבר מתיאור איכותי לתיאור בעזרת נוסחה קושי בהסקת מסקנות כמותיות מתוצאות הניסוי קושי בבניית נוסחה שבה יש תלות ריבועית ולא ליניארית
5) סך השינויים בגודלה של האנרגיה במערכות סגורות, למשל בעת ירידה בגובה תחת השפעת כוח הכובד הוא	השוואה (על פי חישוב) בין הפחת באנרגיה הכרוך בירידה בגובה והתוספת לאנרגיה הכרוכה בתוספת המהירות	קושי בהכללה קושי בשימוש במשוואת שימור האנרגיה



		אפס.
קושי בהבנת בין חום לטמפרטורה קושי בהבנת בין חום להתחממות קושי בהבנת הנוסחה קושי בהבנת הקשר עם המודל המיקרוסקופי	מדידת השינוי בטמפרטורה בעת מגע בין שני גופים זהים המצויים בטמפרטורה שונה. חזרה עם גופים בעלי מסה שונה וכאלו העשויים מחומרים שונים.	6) חום הוא הפחת באנרגיה של גוף הנמצא באינטראקציה עם גוף קר ממנו.
קושי בהבנת המודל המיקרוסקופי	מעברי פאזה בין מוצק-נוזל ונוזל-גז.	7) לא כל השינויים באנרגיה הפנימית מתבטאים בשינוי טמפרטורה
קושי בהבנת המודל המיקרוסקופי הצמודות למודל של זרימת נוזלים קושי בהבנת המושגים מטען חשמלי, הספק, מתח וזרם חשמלי. קושי בהבנת היחידה קוואט"ש	מדידת התחממות על ידי זרם חשמלי	8) חל שינוי באנרגיה בעת השינוי במקומם של מטענים חשמליים זה ביחס לזה
קושי בהבנת המודל המיקרוסקופי קושי בהבנת הקשר בין היווצרות/פירוק של קשרים לבין תהליכים אקסו/אנדו תרמיים.	מדידת התחממות בעת בעירה מדידת התקררות בעת הוספת מלח בישול למים	9) בתהליכים כימיים האנרגיה של הסביבה יכולה לגדול או לקטון
קושי להבין כי קרינה (אור) יכולה להיווצר ולהיעלם קושי להבין את המודל המסביר את התנהגות האור	מדידת חימום וקירור בעת בליעה ופליטה של אור מדידת היווצרות של מתח חשמלי בעת בליעה של אור	10) בעת בליעה/פליטה של קרינה א"מ על ידי גוף כלשהו האנרגיה של הקרינה פוחתת/גדלה וזו של הגוף עולה/יורדת.
קושי לקבל את אי השימור של המסה (במיוחד על פי הגדרתה ככמות חומר) קושי להבחין בין תהליכים	מידע על תהליכים גרעיניים	11) בעת התרחשות של תהליכים גרעיניים המסה קטנה והאנרגיה



של הסביבה גדלה	גרעיניים לבין תהליכים אטומיים
12) חלק מהתהליכים בהם חלים שינויי אנרגיה אינם הפיכים.	חקר של תהליכי דעיכה קושי להבין שהאנרגיה בכל זאת נשמרת.

1. הוראת מושג האנרגיה תוך דגש על השילוב בין הגישה מדעית לגישה הטכנולוגית
מצגת שהוכנה והוצגה במהלך ההשתלמות.

קשיים בהוראת האנרגיה במעבר בין חט"ב לחטה"ע

מה בין השפה הטכנולוגית לבין השפה המדעית?



2. סילבוס הסדנאות (כפי שעוצב בפרויקט 13ב'):

I. מרכיב ההרצאות:

1. ד"ר פרידמן גדעון, מנהל תחום טכנולוגיות ואנרגיות מתחדשות, משרד האנרגיה.
"אנרגיות מתחדשות – רקע מדעי וסקירה".
2. ד"ר ברכה חלף, מדענית ראשית ומנהלת תחום בכירה תחליפי נפט, משרד האנרגיה.
"שימושי גז טבעי בישראל – מקורות, אמצעים וביקושים".
3. ד"ר עינת מגל, מנהלת תחום מדעי האדמה והים, משרד האנרגיה.
"גיאולוגיה של דלקים מאובנים: גילוי, הפקה והפוטנציאל בישראל".
4. ד"ר אהוד אזולאי, ראש החטיבה לאנרגיה גרעינית, משרד האנרגיה.
"אנרגיה גרעינית: הצורך, הדילמה וכיצד זה עובד?".
5. ד"ר ויקטור בריודין, לשכת המדען הראשי במשרד האנרגיה.
"נפט וגז בישראל – היסטוריה וגבולות חדשים".
6. ד"ר ברכה חלף, מדענית ראשית ומנהלת תחום בכירה תחליפי נפט, משרד האנרגיה.
"חדשנות אנרגטית בעולם הדלק והרכב".
7. אדי בית הזבדי, לשכת המדען הראשי במשרד האנרגיה.
"התייעלות אנרגטית בישראל פוטנציאל ותועלת".
8. פרופ' ירון להבי, המרכז הארצי של מורי הפיזיקה, מכון ויצמן למדע.
"קשיים בהוראת האנרגיה - שפה טכנולוגית מול שפה מדעית".
9. פרופ' ירון להבי, המרכז הארצי של מורי הפיזיקה, מכון ויצמן למדע.
"הפיזיקה של אפקט החממה".

II. מרכיב הסדנאות

1. יריד התופעות – אוסף פעילויות לתלמיד בנושא "אנרגיה בגישת השינוי".
2. פיתוח וכתובה של מערכי שיעור בנושא הוראת מושג האנרגיה בגישת השינוי.

III. מרכיב הסיורים

1. חוות טורבינות הרוח – מעלה גלבוע. סיור מודרך הכולל הסבר על האתר ועל הטורבינות הממוקמות בו, וצפייה בסרטון העוסק בהפקת אנרגיה באמצעות הרוח תוך התמקדות בנעשה בתחום בארץ ובעולם.
2. מתקן אנרגיה שאובה – מעלה גלבוע. סיור באתר ותצפית על המתקן, כולל הסבר מהי אנרגיה שאובה וכיצד היא מאפשרת לחסוך בחשמל.
3. אתר הטמנת פסולת ליצור חשמל מביו-גז – מנחמיה. תצפית על האתר, כולל הסבר על אופן ההקמה ודרך הפעולה וסיור בגנרטור הנמצא באתר והפועל על ביו-גז.

3. מבנה ההשתלמות - הרצאות וסדנאות:

כאמור, ההרצאות והסדנאות התנהלו בירושלים בשלושה סבבים:

א. סבב ראשון: 27/09/16-28/09/16

תכנים:

יום I			
#	מרצה	נושא	מספר שעות
1.	ד"ר גדעון פרידמן ¹	אנרגיות מתחדשות	3
2.	ד"ר ברכה חלף ¹	שימוש בגז טבעי לחשמל ולתחבורה	2
3.	ד"ר עינת מגל ¹	גיאולוגיה של דלקים, מבוא לגז טבעי, פצלי שמן	2
4.	ד"ר ויקטור בריודין ¹	הנדסה של upstream	2
5.	פרופ' ירון להבי	אנרגיה בגישת השינוי	2
יום II (08:30 – 18:30)			
6.	פרופ' ירון להבי	יריד התופעות – כיצד מודדים שינויים באנרגיה?	2
7.	פרופ' ירון להבי וד"ר אמנון חזן	פעילות סדנאית: ניסויים במדידת השינוי באנרגיה	3
8.	אדי בית-הזבדי ¹	טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית	2
9.	ד"ר אהוד אזולאי ¹	אנרגיה גרעינית	2
10.	ד"ר צביקה אריכא	סיכום ההשתלמות	1

ב. סבב שני: 09/11/17-10/11/19

תכנים:

יום I (10:00 – 21:30)			
#	מרצה	נושא	מספר שעות
1.	ד"ר גדעון פרידמן	אנרגיות מתחדשות	3
2.	אדי בית-הזבדי	טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית	2
3.	ד"ר ברכה חלף	שימוש בגז טבעי לחשמל ולתחבורה	2
4.	ד"ר ויקטור בריודין	הנדסה של upstream	2
5.	פרופ' ירון להבי	אנרגיה בגישת השינוי	2
יום II (08:30 – 18:30)			
6.	פרופ' ירון להבי	יריד התופעות	2
7.	פרופ' ירון להבי וד"ר אמנון חזן	פעילות סדנאית: ניסויים במדידת השינוי באנרגיה	3
8.	ד"ר עינת מגל	גיאולוגיה של דלקים, מבוא לגז טבעי, פצלי שמן	2
9.	ד"ר אהוד אזולאי	אנרגיה גרעינית	2
10.	ד"ר צביקה אריכא	סיכום ההשתלמות	1

¹ מטעם משרד האנרגיה והסביבה



ג. סבב שלישי : 18/06/17-19/06/19.

תכנים : בעקבות לקחים שהופקו משני הסבבים הקודמים ערכנו מספר שינויים בתכנית כשהעיקרי שבהם היה להוסיף הרצאה בנושא של אפקט החממה, עם התייחסות גם להוראת הנושא.

יום I (10:00 – 21:30)		
מספר שעות	נושא	מרצה
3	אנרגיות מתחדשות	דרי' גדעון פרידמן
2	גיאולוגיה של דלקים, מבוא לגז טבעי, פצלי שמן	דרי' עינת מגל
2	הנדסה של upstream	דרי' ויקטור בריודין
2	שימוש בגז טבעי לחשמל ולתחבורה	דרי' ברכה חלף
2	אפקט החממה	פרופ' ירון להבי
יום II (08:30 – 18:30)		
2	אנרגיה גרעינית	דרי' אהוד אזולאי
3	אנרגיה בגישת השינוי + יריד התופעות	פרופ' ירון להבי
2	פעילות סדנאית : ניסויים במדידת השינוי באנרגיה	פרופ' ירון להבי ודרי' אמנון חזן
2	טכנולוגיות להתייעלות אנרגטית	אדי בית-הזבדי
1	סיכום ההשתלמות	דרי' אמנון חזן



4. מבנה ההשתלמות - סיורים:

הסיור התקיים בשני אתרים העוסקים באנרגיה מתחדשת: טורבינות הרוח ומתקן אנרגיה שאובה בגלבווע ואתר הטמנת פסולת ליצור חשמל מביו גז במנחמיה. הסיורים נערכו בשלושה מועדים: ב- 30.11.16, ב- 03/04/17 (במקום ב- 14.12.16 שנדחה בגלל אילוצי מזג אוויר) וב- 26/06/10. כל הסיורים התחילו בשעה 08:00 והסתיימו בשעה 18:30.

תכנית הסיורים:

האתר הראשון – תחנת הכוח בגלבווע. תחנה זו משלבת אנרגיה הידרואלקטרית ופועלת בשיטת אנרגיה שאובה. התחנה מסתמכת על יכולת ייצור חשמל עודפת של תחנות כוח אחרות בשעות שפל, על מנת לאפשר יכולת ייצור חשמל נוספת בשעות ביקוש שיא. בנוסף נערך ביקור באתר טורבינות הרוח הסמוך למקום.

האתר השני – אתר הטמנת פסולת ליצור חשמל מביו גז- מטמנת "חגל" (טליה) באזור מנחמיה בעמק בית שאן. התבצעה תצפית על האתר והתקיים ביקור בגנרטור. הביו-גז הנוצר ספונטנית במטמנה נאסף באמצעות מערך בארות הקדוחים אל תוך גוף הפסולת. הביו-גז נשאב מגוף המטמנות, מועבר לאזור מרכזי, עובר ניקוי ומועבר אל מנועי הגז להפקת חשמל. באם תחנת הכוח אינה פועלת, עקב עבודות תחזוקה או במידה וכמות הביוגז עולה על הכמות הדרושה למנועי הגז, מועבר הביו-גז ללפיד סגור לשריפתו. כך, כאשר הביו-גז מנוצל ליצור חשמל או נשרף בלפיד, המערכת מונעת פליטה של ביו-גז לאוויר ובכך מסייעת לשמירה על איכות הסביבה ומזער סיכונים בטיחותיים וסביבתיים.



נספח: מטלת סיכום להשתלמות

מטלת ההשתלמות נועדה לחזק אצל המורים את ההיבטים הדידקטיים של הוראת האנרגיה כמושג בסיסי בתכנית הלימודים בפיזיקה, וזאת על רקע התכנים הנוגעים לאנרגיות מתחדשות שנלמדו בהשתלמות. המטלה התבססה על מרכיב ההשתלמות שכלל הרצאות וסדנאות פעילות שעסקו בהוראת האנרגיה.

5. הוראות להגשת מטלת סיכום

עליכם להגיש מערך שיעור העוסק בפעילות מתוכננת סביב אחד מהניסויים שהכרתם בהשתלמות. מבנה המערך:

1. נושא.
2. מטרות הוראה.
3. מטרות למידה.
4. משך הזמן
5. ציוד
6. קשיים צפויים
7. תיאור הפעילות
8. שאלות סיכום

הנחיות להגשת העבודה:

על פי דף הנחיות למטלת השתלמות על פי דרישות משרד החינוך

1. היקף העבודות

עבודת הסיכום אישית ובהיקף של לפחות 3 עמודי 4A לפחות לכל משתלם (לא כולל עמודי כריכה, תוכן העניינים, רשימה ביבליוגרפית, נספחים וכו').

יש להגיש את העבודות כשהן מודפסות בקובץ אלקטרוני. כל עבודה תוגש בעיצוב זהה:

גופן בעברית : DAVID

גודל הגופן : 12 בטקסט ; 16 בכותרות

גופן באנגלית: ROMAN TIMES NEW

גודל הגופן : 12 בטקסט, 16 בכותרות

מרחק בין שורות - רווח כפול

2. הגשת העבודה

את העבודה יש להגיש באופן אישי.

3. אופי העבודה

על העבודה לשקף את תרומתכם (לא רק סיכום ממקורות קיימים)

4. ביבליוגרפיה: יש להקפיד על ציטוט מקורות נאות ועל פירוט רשימה ביבליוגרפית

לאותם מקורות המצוטטים ו/או מוזכרים בעבודה.

5. מבנה העבודה:

א- דף כריכה:

שם המשתלם/מת: _____ ת"ז _____

נושא העבודה: _____



שם בית הספר: _____

שם ההשתלמות: _____

סמל קורס: _____

שם מוסד הלימודים: מכון דוידסון לחינוך מדעי (מכון ויצמן למדע, רחובות)

שם רכזי ההשתלמות (בודקי העבודה): ד"ר אמנון חזן, מר מיכאל סבין וד"ר ירון להבי

שם רכזת ההשתלמויות במוסד: נגה שבתאי

מועד הגשה: _____

ב- תוכן עניינים מפורט ומספור העמודים

ג- מבוא

ד- גוף העבודה

ה- סיכום שיבטא גם אפשרות ליישום בתחום החינוך/ההוראה

ו- רשימה ביבליוגרפית

ז- נספחים (בהתאם לצורך)

הערה: אם המטלה כוללת הכנת סרטון או מצגת או פיתוח אתר וכד', יש ללוות את התוצר הסופי במסמך המתאר את הפרויקט על פי הפרוט לעיל.

6. יש לעמוד בתאריכי ההגשה שיינתנו מראש ולא יאוחר מ- 45 יום לאחר המפגש האחרון.

7. את העבודה יש לשלוח בדוא"ל לרכזי ההשתלמות.

דוגמה למערך שיעור:

6. נושא השיעור: שינוי אנרגיה בעת בלימה

1. מטרת הוראה:

a. ללמד את הקשר בין שינוי אנרגיה בעת שינוי במהירות לבין המשתנה מהירות.

b. לקשר את הנושא הנלמד לנושא התחבורתי.

2. מטרת למידה:

a. התלמידים ירכשו מיומנות של מדידה וביצוע ניסוי על פי הוראות מוכנות מראש.

b. התלמידים ישכללו את מיומנותם בסיכום תוצאות ניסוי בטבלה ובייצוג בגרף.

c. התלמידים ישכללו את מיומנותם בהסקת מסקנות על סמך גרפים.

d. התלמידים ימצאו את הקשר הריבועי בין שינוי אנרגיה בעת בלימה לבין גודל השינוי במהירות.

e. התלמידים יוכלו לבצע חישובים המבוססים על הקשר שמצאו

f. התלמידים יבינו ששינוי אנרגיה הוא גודל מוחלט שאינו תלוי במהירות המערכת שבה הוא מתרחש

g. התלמידים יבינו ששינוי אנרגיה יכול להיות גודל נמדד גם אם אין אפשרות לחשב אותו על סמך נוסחה.

h. התלמידים יבינו את החשיבות של ההכללה המתמטית המסתמכת על תוצאות ניסוי.

3. קשיים צפויים :

a. קשיים טכניים בעת ביצוע הניסוי: המדחום עלול לצאת ממקומו, התלמידים עלולים לאבד את הסבלנות בעת ההמתנה שהטמפרטורה שמורה המדחום תרד בחזרה לטמפרטורת החדר.

b. קשיי הבנה: הקשר הריבועי בין השינוי במהירות לבין עליית הטמפרטורה קשה להבנה; ההכללה ממדידת השינוי בטמפרטורה לשינוי באנרגיה עדיין זקוקה לחיזוק; חלק מהתלמידים עשוי להתקשות בהבנת ההבדל בין חום לבין התחממות ("חום מתפתח");

4. קשר לנושא "אנרגיות חלופיות": יצירת בסיס מתמטי כמותי לשיקולים בהתייעלות אנרגטית בתחבורה.

5. פתיחה - שאלה מסקרנת: מכונית מאיצה פעם אחת מ - 0 מ/ש ל - 10 מ/ש ופעם

שניה מ - 10 מ/ש ל - 20 מ/ש. באיזה מהמקרים צריכת הדלק היתה גדולה יותר?

6. ניסוי מקדים²: מדידת תדירות הסיבוב כתלות במתח. מדידה זו ניתן לבצע בכמה אופנים:

a. באמצעות פנס וחיישן אור של נבונפון (סמארטפון)

b. באמצעות מגנט וחיישן שדה מגנטי של נבונפון (סמארטפון)

c. תא פוטואלקטרי המחובר למחשב דרך כניסת האודיו ותכנת Audacity

d. באמצעות סטרובוסקופ

e. באמצעות מד מהירות של אופניים וכד'.

f. ביצוע הניסוי: חברו את המאוורר לשקע באמצעות נגד משתנה ("דימר"). שנו את מתח ההפעלה של המאוורר ומדדו את תדירות הסיבוב שלו עבור מתחים שונים.

g. סמנו על הנגד המשתנה את המקומות המתאימים לתדירויות שמדדתם.

לאחר המדידה יהיה ברשותכם מאוורר המחובר לנגד משתנה מכויל.

7. ניסוי: מדידת שינוי אנרגיה בעת עצירת מאוורר מסתובב

8. הוראות לביצוע הניסוי:

a. ציוד: מאוורר שלצירו מחובר פקק שעם, מדחום דיגיטלי, נגד משתנה מכויל.

b. חברו את המאוורר לספק המתח באמצעות נגד משתנה שכויל קודם לכן.

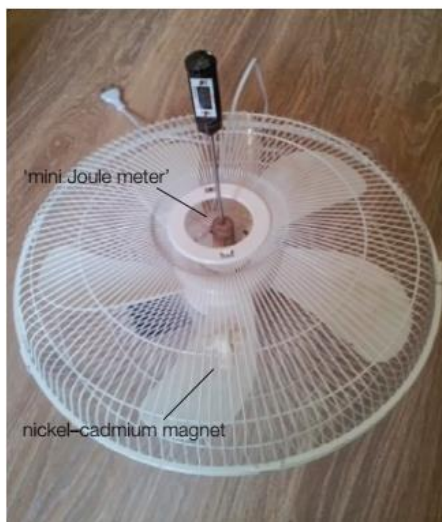
c. הניחו את המאוורר על השולחן ונעצו את מד החום בפקק השעם שעל צירו כפי שנראה בתמונה.

d. הוראות בטיחות: על מנת למנוע ממד

החום להתנתק מהפקק בשעת הסיבוב יש

לשים את היד סביב קצהו של המדחום מבלי

לגעת בו.



² מומלץ לערוך כניסוי חקר



- e. אחזו במאוורר היטב על מנת למנוע רעידות. קראו את הוריית המדחום והפעילו את המאוורר בעצמה הקטנה ביותר.
- f. לאחר שמהירות הסיבוב תתייבב, לחצו על מתג הכיבוי של המאוורר ובו ברגע אחזו במד החום כך שהחיכוך בינו לבין הפקק יגרום לעצירת הסיבוב של המאוורר. קראו את הוריית המדחום לאחר שהגיע לטמפרטורה המרבית.
- g. המתינו עד להתקררות המדחום וחזרו על הפעולה עבור מהירויות סיבוב גבוהות יותר (שימו לב שיש להקפיד עוד יותר על הוראות הבטיחות שבסעיף 2!).
- h. הכינו את הטבלה הבאה:

תדירות התחלתית	תדירות סופית	טמפרטורה התחלתית	טמפרטורה סופית	השינוי בטמפרטורה

- i. בצעו את הניסוי עבור לפחות חמישה מתחי הפעלה נוספים (3 מדידות לכל מתח הפעלה).
- j. נסו לנסח במילים את הקשר בין השינוי בטמפרטורה לשינוי במהירות הסיבוב.
- k. ערכו גרף המתאים לתוצאות הניסוי שביצעתם.
- l. נסחו במילים את המסקנות העולות מניתוח תוצאות הניסוי.
9. חברו שלוש שאלות על סמך הניסוי שביצעתם וענו עליהן.
10. דיון בקבוצות: נניח שבמקום לערוך את הניסוי על מאוורר מסתובב, הייתם בודקים את ההתחממות של גלגלי מכונית בשעת בלימה. מה צריכים להיות תנאי הניסוי כדי שתגיעו למסקנות הדומות לאלו שאליהן הגעתם בניסוי עם המאוורר?
11. ענו על השאלות הבאות:
- a. תלמידים מעוניינים לבדוק האם תוצאות הניסוי שערכו בבלימה של מאוורר תהיינה שונות אם הניסוי היה נערך על גבי קרוסלה מסתובבת. מה לפי השערתכם הם עומדים לגלות?
- b. נניח שבמקום לערוך את הניסוי על מאוורר מסתובב, הייתם בודקים את ההתחממות של גלגלי מכונית בשעת בלימה, פעם ממהירות של 40 קמ"ש ופעם ממהירות של 80 קמ"ש. מה היה לדעתכם הקשר בין עליית הטמפרטורה של גלגלי המכונית בשתי הפעמים?
- c. כפי שכבר למדתם, שינוי הטמפרטורה בגוף תקני יכול להוות מדד לשינוי אנרגיה המתרחש בתהליך מסוים. נסחו לפיכך את הקשר בין שינוי אנרגיה לבין שינוי המהירות בעת בלימה.



- d. תלמידים מעוניינים לבדוק האם תוצאות הניסוי של בלימה של מכונית צעצוע תהיינה שונות אם הניסוי היה נערך על גבי רכבת נוסעת או רכבת הנמצאת במנוחה. מה לפי השערתכם הם עומדים לגלות?
- e. התלמידים עורכים את הניסוי ומגלים שכאשר הרכבת במנוחה, הבלמים של מכונית הצעצוע הבולמת ממהירות של 10 מ/ש מתחממים והטמפרטורה שלהם עולה מ - 25 מעלות צלזיוס ל - 50 מעלות צלזיוס. מה תהיה לפי דעתכם עליית הטמפרטורה של הבלמים אם התלמידים היו חוזרים על הניסוי בעת שהרכבת נעה במהירות של 10 מ/ש?
- f. בחזרה לשאלת הפתיחה: מכונית מאיצה פעם אחת מ - 0 מ/ש ל - 10 מ/ש ופעם שניה מ - 10 מ/ש ל - 20 מ/ש. באיזה מהמקרים צריכת הדלק היתה גדולה יותר?
- g. שתי קבוצות תלמידים דנות ביניהן באשר לאפשרות לדעת מהו השינו באנרגיה בעת בלימה. קבוצה אחת טוענת שאי אפשר לדעת זאת אם לא ידועה המהירות ההתחלתית של הגוף הבולם. האם אתם מסכימים עם קבוצה זו? נמקו את תשובתכם.

7. רשימה ביבליוגרפית:

1. Y. Lehavi, A. Yosovich and S. Barak (2016). "Bringing Joule back to school". *School Science Review*, 97(361), pp. 9-14.
 2. Y. Lehavi and B. S. Eylon (in press), "Integrating Science Education Research and History and Philosophy of Science in Developing an Energy Curriculum". In: M. R. Matthews (Ed.), *New Contributions to HPS-informed Science Education Research (Anthology)* (Submitted: November. 2015, accepted: March 2016. Sent for publication: June 2016)
 3. Y. Lehavi and B. S. Eylon (2014): "Teachers' concept image of energy." In: L. Dvořák and V. Koudelková (Eds.) *Proceedings of the International Conference on Physics Education: Active learning – in a changing world of new technologies, 2013*, Prague, Czech Republic.
 4. Y. Lehavi, O. Eckstien & G. Rosenzweig (2014): "A simple kit for detecting quantitative changes in energy." In: L. Dvořák and V. Koudelková (Eds.) *Proceedings of the International Conference on Physics Education: Active learning – in a changing world of new technologies, 2013*, Prague, Czech Republic.
 5. Y. Lehavi, B-S. Eylon, A. Hazan, Y. Bamberger and A. Weizman (2014). "Focusing on changes in teaching about energy". In: Taşar, M. F. and Üniversitesi G. (Eds.) *Proceedings of the World Conference on Physics Education 2012*, Istanbul, Turkey.
6. י. להבי וב. ש. אלון (2015), "לדקלם את המלים או לשיר את השיר? שיקולים בעיצוב תכנית לימודים בנושא אנרגיה". קריאת בנייים - ביטאון למורי מו"ט בחט"ב (התקבל לפרסום).
7. א. ויצמן, ר. אריאלי, א. חזן, ת. יחיאלי, י. להבי, ר. מועלם וב. ש. אלון (יוני 2013), "מאנרגיה לשינוי באנרגיה - גישה חדשה להוראת האנרגיה בחט"ב". תהודה – עתון מורי הפיזיקה בישראל, כרך 31, חוברת מס' 2
8. עדי רוזן (כותב ראשי) וירון להבי (2014). "חוקרים אנרגיה: תהליכים ומערכות". מכון ויצמן, פותח עבור: האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך (256 עמ').
9. ירון להבי (2014). " חוקרים אנרגיה: תהליכים ומערכות - מדריך למורה." מכון ויצמן, פותח עבור: האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך (146 עמ').