

התפשטות תרמית כתופעה אנלוגית

שיעור שני: התפשטות תרמית: חומרים שונים- תופעה דומה

הקדמה

העובדה שחומרים משנים את נפחם כשהטמפרטורה משתנה מוכרת לנו ממגוון תופעות. אנחנו מנצלים את התופעה הזו כשאנו משתמשים במדחום כספית למדידת הטמפרטורה בחוץ, גם התרמוסטט שבבית שלנו מתבסס על התפשטות והתכווצות מתכות בטמפרטורה משתנה. לפעמים אנחנו פוגשים את התופעה הזו בצורה קצת פחות נעימה- למשל אם שכחנו צלחת או כוס על משטח חם מדי או קר מדי. אפילו מבנים גדולים שנראים לנו מאוד יציבים נעים עם שינוי הטמפרטורה ויש חשיבות גדולה לתכנן אותם כך שיוכלו לנוע ולא יקרסו כשהם מתפשטים או מתכווצים. כך למשל בפריסת פסי רכבת חייבים להשאיר מקום להתפשטות הפסים וזה המצב גם בבניית מבני בטון וברזל (ממדרכות ועד לגורדי שחקים וגשרים). ביחידה זו נביט על תופעה אחת - ההתפשטות התרמית מכמה זוויות שונות.

רציונל: ההיסטוריה של מדידת הטמפרטורה מתחילה לפני 2000 שנה אצל הרומאים שהתבססו על כך שאוויר מתרחב כשהוא מתחמם. הפיתוח נמשך במאה ה-17 כשדניאל פרנהייט מחליט לחקור גם נוזלים ומוצקים ולהשתמש באותה תכונה כדי לפתח מד טמפרטורה מדויק יותר.

השיעור עוקב אחר ההתפתחות הזו- בהתחלה נחוה את התפשטות האוויר ואחר כך את שינוי הנפח של מוצקים ונוזלים. מדי פעם נחזור ונספר על השלב המתאים בהתפתחות המדחום. את שינוי נפח הגז קל לראות בעין. את השינוי בנוזלים ובמוצקים קשה הרבה יותר אבל אנחנו נצליח בשיטות שונות. לסיום נראה ונדון באתגרים שהתופעה הזו מציבה בעולם ההנדסה.

מטרות

1. התלמידים יכירו את תופעת ההתפשטות התרמית על היבטיה ומופעה השונים.
2. התלמידים יתנסו בבניית "פס בימטלי" (חד מטלי במקרה שלנו).

משך זמן

4 שיעורים- 180 דקות



גיל

7-11



התאמה לתחומי דעת

מדעים, טכנולוגיה



ידע מוקדם

היכרות עם המושג טמפרטורה



מושגים מרכזיים

אנלוגיה, טמפרטורה, תנועת חלקיקים



מיומנויות נלמדות

השוואה, חשיבה אנלוגית וזיהוי אנלוגיה בין תופעות שונות



להכין מראש

מחשב, מקרן, מצגת הוראה, בלונים, בקבוקי פלסטיק, קערה עם מים רותחים וקערה עם מי קרח, נייר אלומיניום, בריסטול או מדבקות לבנות, מקור חום (מפזר חום/ נר)

3. התלמידים יכירו את הבעיות ההנדסיות ויחשבו על פתרונות לבעיות שנוצרות בגלל ההתפשטות התרמית.

4. הרחבה: התלמידים יכירו את המודל המתמטי שמתאר את תופעת ההתפשטות התרמית.

התפשטות תרמית כתופעה אנלוגית- דגם הוראה

הפעילות	דק'	סוג פעילות	עזרים
1. הדגמה ראשונה: אוויר מתרחב ומתכווץ בטמפרטורה משתנה הדגמה מרוכזת של התרחבות והתכווצות בלון המחובר לבקבוק פלסטיק. את הבקבוק נכניס לקערת מים רותחים ומי קרח ונצפה בבלון מתרחב ומתכווץ בהתאם. דיון אודות התופעה.	30	 התנסות מעשית בביתה	בלון, בקבוק פלסטיק, קערת מים רותחים וקערת מי קרח.
2. הדגמה שנייה: התרחבות והתכווצות מוצקים- התנסות מעשית של התלמידים. ניתן לבצע בשתי וריאציות: בסיסית- חימום פסי מתכת. מורחבת- בניית מעגל חשמלי באמצעות פסי המתכת בקישור הבא ניתן לצפות בהסבר על ביצוע הניסוי: https://www.youtube.com/watch?v=5fl-El2kipE	30	 התנסות מעשית בביתה	רצועת נייר אלומיניום רצועת בריסטול דבק פלסטי מפזר חום (או מייבש שיער)
3. היכרות עם מד חום כספית אנלוגי צפייה בסרטון ודיון כיצד קשור עיקרון הפעולה של מדחום כספית לשת התופעות שראינו. https://www.youtube.com/watch?v=gBjfkGjG6Bg הרחבה- מרכיבי מדחום הכספית ותפקידיהם.	30	 דיון ביתי	
4. חשיבה אנלוגית, דמיון בין תופעות והתפשטות תרמית בעולם ההנדסי נסכם את מה שחווינו, הקשר בין מדחום כספית, הבלון ופס המתכת. צפייה בסרטון- התפשטות תרמית בעולם ההנדסי ונחשוב על פתרונות אפשריים לבעיה המוצגת. http://www.youtube.com/watch?v=jJeiYaSFCf0	25	 דיון ביתי	
5. חלק 5 - הרחבה- ההיסטוריה של מדידת הטמפרטורה לימוד עצמי בעזרת סרטון +שאלות.	20	 עבודה עצמית	

		45	6. חלק 6- הרחבה- המודל המתמטי של התפשטות תרמית הצגת המודל המתמטי ותרגול.	
			7. הרחבה למורים: מדחום הבספית- מכון דוידסון - https://tinyurl.com/4byb734h	

מהלך השיעור:

חלק 1- הדגמה להתפשטות אוויר בטמפרטורות שונות. 30 דקות.

- ❖ את ההדגמה ניתן לבצע באופן כיתתי ומרכז בצורת הדגמה או בהתנסות אישית של כל זוג תלמידים. ההנחיות לתלמידים מופיעות במצגת.
- ❖ הציוד הנדרש: בקבוק פלסטיק (0.5 ליטר), בלון, קערת מי קרח, קערה/סיר עם מים רותחים. במידה ורוצים לתת לתלמידים.ות להתנסות באופן עצמאי כל זוג תלמידים יקבל בקבוק ובלון.

מהלך ההדגמה:

1. נמתח את פיית הבלון על פתחו של בקבוק פלסטיק. נשנה את התנאים בהם מצוי הבקבוק ונבחן כיצד משתנה מצב הבלון:
2. נכניס את הבקבוק לקערה או סיר שבהם מים רותחים. ניתן לראות כיצד מתנפח.
3. נוציא את הבקבוק מהמים הרותחים.
4. נכניס את הבקבוק לקערת מי קרח. ניתן לראות כיצד הבלון מתכווץ.

בקישור הבא ניתן לצפות בהסבר אודות הניסוי שביצענו: <https://www.youtube.com/watch?v=1S7Qd04oL-o&t=12s>



דיון: מה קרה כאן? למה הבלון התרחב והתכווץ?

נפתח דיון עם התלמידים אודות התופעה שראו ונבקש מהם להעלות השערות לתופעה, לנסח ולכתוב אותן באופן הבא:
 "ההשערה שלי היא שהבלון מתרחב בזמן הכנסה למים הרותחים כי _____ וכי הבלון מתכווץ במים הקרים כי _____"

לאחר מכן נדון באופן מרכז בהשערות שעולות בקרב התלמידים:

- התרחש שינוי כימי- **שגוי**.

- כמות האוויר בבלון השתנתה- **שגוי**

- מולקולות האוויר התקרבו והתרחקו- **נכון**.

נחיד ונסביר את התופעה: התופעה שראינו נגרמת על ידי הוספת אנרגיה קינטית (תנועה) למולקולות האוויר בעת חימומו. האנרגיה שנוספה גורמת למולקולות להגביר את תנועתן ו"לתפוס" יותר מקום. חשוב להדגיש שאין כאן שינוי כימי (המולקולות לא משתנות) וגם לא שינוי של מספר המולקולות (כמות אוויר).

חלק 2- האם גם מוצקים מתרחבים ומתכווצים? 30 דקות.

ראינו כיצד גזים מושפעים משינויי טמפרטורה בחשיפה לקור או לחום אולם פחות אינטואיטיבי להבין זאת לגבי מוצקים. בחלק זה של השיעור התלמידים יחוו את התופעה הזו בעצמם ויבינו שגם מוצקים מתרחבים ומתכווצים בהתאם לשינויי טמפרטורות.

עבודה בזוגות: מייצרים פס מתכת משני חומרים:

כל זוג יבנה פס מתכת אותו יחקרו ויקרר במטרה לבחון האם הם משתנים כאשר מחממים אותם.

הציוד הנדרש (לכל תלמיד/זוג):

- רצועת נייר אלומיניום 3X20 ס"מ
- רצועת בריסטול 3X20 ס"מ או מדבקות לבנות

ציוד כללי:

- דבק פלסטי
- מפזר חום (או מייבש שיער)

הכנה:

הדביקו את פס נייר האלומיניום לפס הבריסטול בעזרת הדבק הפלסטי והניחו לדבק להתייבש למשך כ-10 דקות.

הערה: לגרסה פשוטה יותר ניתן להשתמש במדבקות נייר לבנות ולהדביקן על גבי רצועת נייר האלומיניום.

הניסוי:

שלב 1 - הדליקו את מפזר החום על עוצמה גבוהה והעבירו את הפס המודבק בתוך זרם האוויר החם הלוח ושוב כאשר פס האלומיניום פונה אל זרם האוויר. אם משתמשים בנר- חממו את פס המתכת בזהירות מעל הנר. ניתן לראות כי פס מתכווץ.
שלב 2- הניחו את הפס המכופף על השולחן ואפשרו לו להתקרר. ניתן לראות כיצד הוא מתיישר.



בקישור הבא ניתן לצפות בהסבר על ביצוע הניסוי: <https://www.youtube.com/watch?v=5fl-El2kipE>



דיון: מה קרה כאן? למה פס המתכת התכווץ?

נפתח דיון עם התלמידים אודות התופעה שראו ונבקש מהם להעלות השערות לתופעה, לנסח ולכתוב אותן באופן הבא:

"ההשערה שלי היא שפס הבלון מתכווץ כשמחממים אותו כי _____"

נדון באופן מרוכז בהשערות שעלו בקרב התלמידים:

- התרחש שינוי כימי של המתכת שגרם לכיפוף- שגוי.
- כמות המתכת השתנתה- שגוי
- התקרבות והתרחקות של המולקולות גורמת להתארכות/ התקצרות הפסים. מאחר שמדובר בשני חומרים שונים הרי ששיעור ההתכווצות שלהם שונה ונוצר כיפוף- נכון.

נחدد ונסביר את התופעה: התופעה שראינו נגרמת על ידי התפשטות והתכווצות תרמית שונה של שני החומרים, הנייר ופס האלומיניום. דבר זה מביא לכיפוף. למעשה מה שהתארך היה פס האלומיניום אולם ניתן לראות את התארכותו רק כאשר הוא

בהשוואה לבריסטול שמתארך פחות ולכן נוצר הכיפוף. אם היינו מחממים את פס האלומיניום ללא הדבקתו לבריסטול היה קשה להבחין בהתארכות ובהתכווצות שלו.

מגבלת האנלוגיה: בשני המקרים אנרגיית החום הופכת לאנרגיה קינטית שעוברת אל המולקולות בגז או לאטומי האלומיניום וגורמת לתנועתם ובעקבות כך להתרחבות החומר. יש לשים לב לכך שהאוויר בבלון מורכב ממולקולות שונות לעומת השריג המתכתי בפס האלומיניום. במתכות מבנה השריג המתכתי נשמר והמרחק בין האטומים גדל מעט בעוד שבאוויר התנועה של המולקולות חופשית ואקראית.

הרחבה: בניית מעגל חשמלי- ייצור מתג חשמלי בעזרת פס משני חומרים- בימטלי (20 דקות)

הציוד הנדרש:

- רצועה משני חומרים (כמתואר בשלב א')
- אטב כביסה
- דבק פלסטי
- בסיס עץ כשעליו מודבק אטב ובורג מתכת (כפי שמופיע בתמונה)
- חוט מוליך
- סוללות+ בית סוללה 6 וולט
- נורת ליבון קטנה 6 וולט

הכנה:

הכנת המעגל החשמלי: חברו את החוטים להדקים החיובי והשלילי של הסוללה. חברו את אחד החוטים להדק החיובי של הנורה ואת החוט השני הדביקו בתוך אטב הכביסה (כמתואר בציור). חברו את ההדק השלילי של הנורה לבסיס הבורג.

הניסוי:

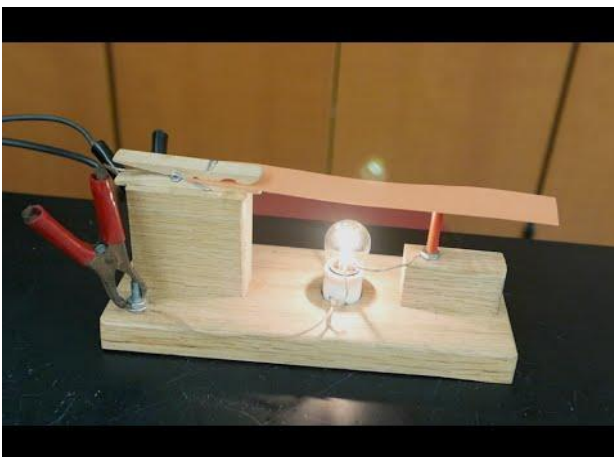
הכניסו צד אחד של הפס שייצרתם לתוך אטב הכביסה כך שציודו השני של הפס ישען על הבורג. הנורה תדלק. הנורה תחמם את צידו המתכתי של הפס ובעבור זמן מה הפס יתכווץ וינתק את המעגל החשמלי. לאחר שיתקרר מעט יתיישר הפס מחדש ויסגור שוב את המעגל. צפו בתהליך נמשך.

שאלות העמקה:

1. מה הייתם עושים אם הייתם רוצים להגביר את קצב

ההבהוב?

2. האם אתם יכולים לחשוב על שימושים מעשיים למעגל הזה?



חלק 3- היכרות עם מדחום כספית 20 דקות.

היכרות עם מדחום כספית- מדחום אנלוגי:

- **דניאל פרנהייט** חקר וגילה שגם נוזלים ומוצקים מתפשטים ומתכווצים בטמפרטורות משתנות.
- הוא חקר את הכספית והאלכוהול והצליח לייצר את מד הטמפרטורה הראשון מבוסס הכספית ואף פיתח סקלה חדשה לאפיין את שינויי הטמפרטורה במכשיר שפיתח.
- פרנהייט קבע את נקודת האפס של הסקלה שלו בנקודת הקפיאה של המים ואת הערך 100 נתן לטמפרטורת גוף האדם הטיפוסית

נצפה בסרטון הבא המתאר מהו מדחום כספית ואחריו נקיים דיון <https://youtu.be/gBjfKgJG6Bg>

איך קשור עקרון הפעולה של מדחום הכספית לתופעות שראינו בתחילת השיעור?

- ניפוח הבלון
- התכופפות פס המתכת

הרחבה – מרכיבי המדחום ותפקידיהם – דיון בכיתה או עבודה עצמית (20 דקות)

ניתן לדון על הנושא בכיתה או להפנות את התלמידים לעבודה עצמית במודל הכוללת צפייה בסרטון ושאלות שיוצגו במהלכו.

[להלן הקישור לעבודה עצמית](#)

דיון בכיתה:

- מהם מרכיביו העיקריים של מדחום הכספית?
כספית, גולת זכוכית, צינורית זכוכית, לוח שנתות
- מה תכונותיו ותפקידו של כל אחד מן המרכיבים במערכת?
הכספית – מתרחבת ומתכווצת בהתאם לטמפרטורה ולכן היא עולה ויורדת בעמוד הזכוכית. נפחה מהווה גודל אנלוגי לטמפרטורה.
גולת הזכוכית והצינור – הגולה עשויה זכוכית ותפקידה לאחסן את הכספית. צינור הזכוכית מהווה אזור אחסון שנפחו מדויק מאוד והוא שקוף כדי שניתן יהיה לראות את הכספית דרכו, הוא מגביל את הזכוכית וממיר את שינוי הנפח לשינוי מדויק בגובה הכספית שניתן לראותו מבחוץ.
לוח שנתות –לוח השנתות מצויר על עמוד הזכוכית בדיוק רב, עוזר לתרגם את השינוי בגובה הכספית לשינוי ביחידות של טמפרטורה.

שיעור חדש- חלק 4- חשיבה אנלוגית- דמיון בין תופעות והתפשטות תרמית בעולם ההנדסי 20 דקות.

בחלק הזה נבחן את כל התופעות שראינו ובבצע אנלוגיה ביניהן ובין תופעות נוספות.

דיון כיתתי: **תופעות שונות אבל דומות - נסכם את מה שחווינו בכיתה ונרחיב**

- התנפחות הבלון ושינוי גובה הכספית במדחום - מה הקשר בין התופעות?

נסו לנסח את התשובה בצורה הבאה - הסברנו את התנפחות הבלון על ידי _____

אפשר להסביר את עליית הכספית במדחום בצורה דומה _____

- **התנפחות הבלון ושינוי גובה הכספית במדחום - מה הקשר בין התופעות?**

שתי המערכות מתבססות על אותה תכונה של חומרים - התפשטות והתכווצות בהתאם לטמפרטורה. בבלון גורם חימום

האוויר לגידול אנרגיית התנועה של חלקיקי האוויר כך שהם "תופסים יותר מקום". בצורה אנלוגית - גם במדחום הכספית

גורם החימום לתופעה דומה של מולקולות הכספית, התרחבות הכספית בתוך חלל זכוכית מוגבל גורם לעלייתה בצינור

הזכוכית הצר .

התפשטות תרמית בעולם ההנדסה: בעולם ההנדסה נאבקים\ות מהנדסים\ות בתופעות רבות שקשורות להתפשטות

תרמית. התופעה מופיעה במבני מתכת ובטון.

נצפה בסרטון- ההתפשטות התרמית כאתגר ההנדסי- <http://www.youtube.com/watch?v=jJeiYaSFCf0>

בואו ננסה לחשוב ביחד על פתרונות אפשריים לבעיית ההתכווצות של פסי הרכבת.

2 חלקי רשות:

חלק 5 - הרחבה - ההיסטוריה של מדידת הטמפרטורה (20 דקות) :

לימוד עצמי בעזרת סרטון +שאלון. התלמידים יצפו בסרטון ויענו על השאלות המצורפות

לסרטון <https://www.youtube.com/watch?v=xbzSPPjVSSQ>

שאלות-

- איזה חידוש הכניס ה"תרמוסקופ" הראשון?
- מה החידוש הגדול שהכניס גבריאל פרנהייט לעולם מדידת הטמפרטורה?
- מה היתה ה"מהפיכה" שהוביל מייקל פרדיי?

חלק 6- הרחבה - המודל המתמטי של התפשטות תרמית 45 דקות.

תיאור הפעילות: נציג לתלמידים את המודל המתמטי שמתאר את ההתפשטות התרמית ונדגים כיצד המודל מתאים לתופעות

השונות שעסקנו בהן. לאחר מכן התלמידים יפתרו תרגילים שבהם יחשבו בכמה סנטימטרים מתארך עמוד הכספית במדחום

זכוכית ובכמה מתארך מגדל אייפל בקיץ, בעזרת הנוסחאות.

1. הצגת המודל המתמטי:

השינוי באורך כתלות בטמפרטורה נתון על ידי הנוסחה המתמטית הבאה כאשר:

$$\Delta L = L * \alpha * \Delta T$$

המשתנה L - האורך ההתחלתי

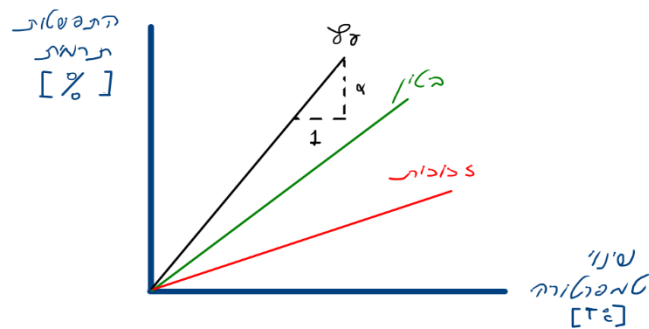
המשתנה ΔL - השינוי באורך

המשתנה α - קבוע ההתפשטות התרמי של החומר

המשתנה ΔT - שינוי בטמפרטורה

❖ הערה: נוסחה זו מתייחסת לאורך. קיימת נוסחה דומה וקבועים מתאימים עבור ההתפשטות התרמית של נפח חומרים.

ניתן להציג נוסחה זו כגרף לינארי כשציר X הוא השינוי בטמפרטורה וציר Y הוא השינוי באורך (באחוזים). ניתן לראות ששיפוע הגרף יהיה שווה לקבוע ההתפשטות התרמית α . כפי שניתן לראות בגרף הכללי הבא:



2. תרגילים:

תרגיל 1

במדחום כספית, הגולה מלאה בכספית בנפח של 100 mm^3

לצינור הזכוכית הקפילרי שטח חתך של 0.012 mm^2

מקדם ההתפשטות (יחס גידול לנפח) התרמית של נפח כספית הוא $1.8 \times 10^{-4} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$

בכמה יעלה עמוד הכספית כשהטמפרטורה תגדל ב $20 \text{ } ^\circ\text{C}$?

פתרון:

הגידול בנפח הכספית יהיה שווה (קבוע ההתפשטות X נפח הכספית X שינוי הטמפרטורה):

$$1.8 \times 10^{-4} \times 100 \times 20 = 0.36 \text{ mm}^3$$



גידול גובה עמוד הבספית יהיה לכן (נפח הנוסף חלקי שטח החתך):

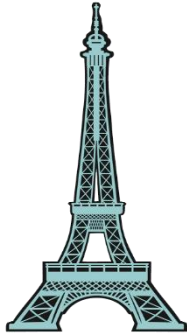
$$h = 0.360.012 = 30\text{mm} = 3\text{cm}$$

תרגיל 2

גובהו של מגדל אייפל בחורף הוא כ-324 מטר.

מקדם ההתפשטות (יחס הגידול לאורך) התרמית של אורך בחל הוא $12 \times 10^{-6} [\frac{1}{^{\circ}\text{C}}]$

בכמה ישתנה גובהו של המגדל אם ידוע שבחורף הטמפרטורה בפריז כ-0 $^{\circ}\text{C}$ ובקיץ כ-30 $^{\circ}\text{C}$?



הערה: הניחו כי המגדל אנכי.

פתרון:

גידול בגובה המגדל יהיה:

$$h = 324 * 12 * 10^{-6} * 30 = 0.1166 \text{ m}$$

כ - 11 ס"מ.