

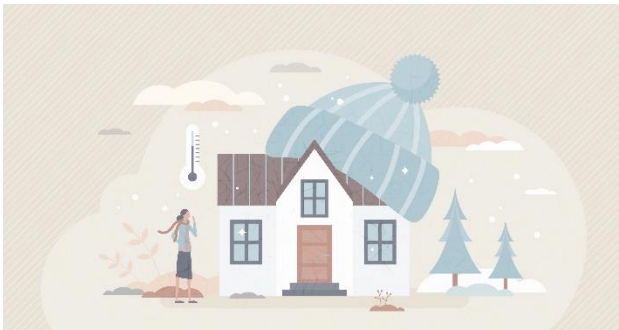
אתגר שני – התייעלות אנרגטית במבנה

מורים יקרים,

באתגר הראשון, חקרתם בעיה מהעולם האמיתי הקשורה ללוחות סולאריים. בדקתם את השפעת האבק על יעילות התפקוד שלהם, והשפעה אפשרית של גשם על שינוי ביעילותם על רקע תכסית אבק. באתגר השני נחקור היבטים הקשורים להתייעלות אנרגטית במבנים.

מדוע להתייעל באנרגיה במבנים?

על פי [נתונים משנת 2018](#) של הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה (IEA), כ-37% מצריכת האנרגיה



הסופית בעולם משמשת לצורכי חימום וקרירור של מבנים. אם כן, אחוז משמעותי מצריכת האנרגיה משמש לקירור וחימום מבנים.

להתייעלות בתחום מיזוג המבנים עשויה להיות השפעה גדולה מאוד על צריכת האנרגיה העולמית. אחת הדרכים להקטין את עלויות החימום/קרירור של מבנים היא בידוד תרמי. בכך יעסוק אתגר זה.

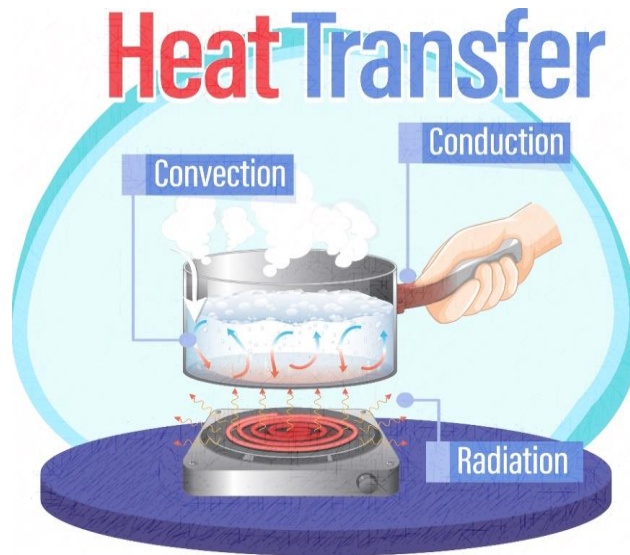
דרכים למעבר חום

מעבר חום יכול להתבצע בשלוש דרכים: הולכה (Conduction), הסעה (Convection) וקרירה (Radiation) (תמונה 1).

הולכה: היא העברה של חום באמצעות מגע ישיר בין שני גופים או בתוך גוף מוליך. החום מועבר מהאזור החם יותר לאזור הקר יותר בגלל התנגשויות בין החלקיקים הנעים של החומר. דוגמאות לתהליך הולכת חום הן התחממות סיר על הכיריים או התקררות כוס קפה עד לטמפ' החדר.

הסעה: היא העברה של חום באמצעות תנועה של חומר נוזלי או גזי. החום מועבר על ידי זרמים של חומר חם יותר שעולה למעלה וחומר קר יותר שיורד למטה בגלל הבדלי צפיפות. דוגמאות להסעת חום הן רוחות, גלי חום, זרימות אוקייניות או התחממות מים בקומקום.

קרינה: היא העברה של חום באמצעות קרינה אלקטרומגנטית, בעיקר באורך גל של אינפרא-אדום. החום מועבר מגוף חם יותר לגוף קר יותר ללא צורך בחומר מוליך או במדיום. דוגמאות לקרינת חום הן התחממות הארץ מהשמש, התקררות גוף בחדר קר או קרינת חום של מדורה.



תמונה 1: דרכים למעבר חום. הולכה (Conduction), הסעה (Convection) וקרינה (Radiation).

בידוד תרמי ודרכי מעבר חום

בידוד תרמי מיטבי ישפיע בצורה ישירה על צריכת האנרגיה של המבנה ולכן יש לתת על כך את הדעת על כך עוד בשלב תכנון המבנה. התפקיד של חומרים מבודדים הוא למזער מעבר חום בין שני גופים בעלי טמפרטורה שונה. קצב איבוד החום הוא הממד המתאר כמה אנרגיית חום מועברת מחומר אחד לאחר ביחידת זמן. קצב איבוד החום תלוי בהבדל הטמפרטורות בין החומרים, במוליכות החום שלהם, באופן המעבר (הולכה, הסעה או הקרנה) ובאופי המשטח המפריד ביניהם. ככל שההתנגדות התרמית של החומר גבוהה יותר, הוא מבודד טוב יותר. קיימים סוגים שונים של חומרים המשמשים לבידוד תרמי. אוויר לדוגמה הוא מוליך תרמי גרוע וחומרים מבודדים רבים כמו: סיבים מינרליים, פיברגלס, צמר סלעים ועוד, כולאים בתוכם אוויר וכך משמשים כחומרי בידוד. גם קלקר (פוליסטירן) הוא מבודד מצויין. אפשר להחזיק בנוחות כוס קפה חמה או פיסת מתכת חמה העטופה בקלקר בעובי סנטימטר אחד בלבד. החום עובר לאט מאוד דרכו כך שטמפרטורת היד לא עולה באופן משמעותי. לפוליסטירן יכולת בידוד בזכות חללי אוויר בבועות הלכודות בתוכו. קיימות גם מערכות בידוד רפלקטיביות העשויות משני רידי אלומיניום אשר ביניהם שכבת פוליאיתלין עם בועות אוויר. שימוש ביריעות אלה בגגות רעפים מונע חדירת לחות בחורף ומחזיר את קרינת השמש בקיץ.

להרחבה על בידוד תרמי אתם מוזמנים לקרוא את עמודים 6-13 במסמך המצורף [כאן בקישור](#).



אתגר 2: בית חם (לא מדי)

ניסויים על מבנה בסיס

- א. תכננו וצרו דגם של מבנה סגור שנפחו יהיה 8000 סמ"ק. תוכלו לתכנן את אורך צלעות וגובה הבית כראות עיניכם כל עוד תנאי הנפח יישמר. השתמשו בקרטון ביצוע או חומר פשוט אחר לשם כך- שימו לב שחומרים שונים שתשתמשו יכולים להיות כבר מבודדים מבחינה תרמית. צרו חור קטן דרכו ניתן להכניס מד טמפרטורה מעבדתי למבנה ופולסטלינה על מנת לאטום את החור לאחר כל מדידת טמפרטורה במבנה.
- ב. על מנת לדמות מעט יותר את המבנה שבניתם למבנה מגורים אמיתי, עליכם לייצר פתחים: דלת ו-4 חלונות. נסו לתכנן את הפתחים כך שישמרו את יכולתהבידוד של המבנה בצורה המיטבית. חשבו על שיקולים כמו גודל ומיקום הפתחים השונים במבנה.

חומרים וציוד

- ◀ 2-3 לוחות קרטון ביצוע.
- ◀ נייר דבק
- ◀ דבק מהיר או דבק חם
- ◀ מספריים/סכין יפני
- ◀ סרגל
- ◀ חדר ממוזג לצורך ביצוע הניסוי.

◀ מד טמפרטורה מעבדתי. במידת האפשר, מומלץ שימוש בחיישני טמפרטורה דיגיטליים המחוברים לאוגר נתונים.

חלק א' - ניסוי בסיסי לבדיקת מידת הבידוד של המבנה הבסיסי

1. הניחו למבנה לעמוד זמן מה במרכזו של הוספתי בקשחדר ממוזג בו הטמפרטורה היא כ 20-22 מעלות צלזיוס עד שהטמפרטורה בדגם מבנה הסגור שבניתם תהיה זהה לטמפרטורת החדר בחדר בו מוצב הדגם. מומלץ לבחור חדר כמה שיותר קטן בכדי לחסוך באנרגיה בעת ביצוע הניסוי.
2. העבירו את המזגן בחדר בו מוצב הדגם למצב **חימום מקסימלי** (טמפרטורה ועוצמת אוורור).
3. בדקו את טמפרטורת החדר והטמפרטורה בתוך דגם המבנה כל 10 או 15 דקות למשך שעתיים. הקפידו ששתי המדידות תהיינה בהפרש זמן מינימלי. הכניסו את המדידות לטבלה מתאימה.
4. חזרו על השלבים 1-3 כאשר הפעם תעבירו את המיזוג ל**מצב קירור מקסימלי** (טמפרטורה ועוצמת אוורור).
5. הציגו את תוצאות המדידות הן של טמפרטורת החדר והן של המבנה על מערכת צירים אחת.
6. מה ניתן ללמוד משני הגרפים? שימו לב למרווח בין כל 2 נקודות מקבילות על הגרפים.

חלק ב' - ניסויים על מבנה בסיס + בידוד

למורה: חשפו בשלב זה את התלמידים למספר אפשרויות של חומרי בידוד, ושיטות יישום של חומרי בידוד על מבנים.

מטרה: עליכם לשפר את דגם המבנה הבסיסי שבניתם בחלק הראשון, כך שטמפרטורת פנים דגם המבנה תשתנה כמה שפחות בשני מצבי הקיצון של טמפרטורת החדר (מקסימום חימום או קירור) - לכל אורך זמן המדידות. השתמשו במבנה הדגם הבסיסי שכבר בניתם לצורך כך:



1. נסחו השערה לגבי שיטת הבידוד המתאימה ביותר לדגם שבניתם.
2. נסחו שאלת מחקר מתאימה למטרה שהוגדרה.
3. תכננו ניסוי שיבדוק את השפעת הבידוד שבחרתם על טמפרטורת המבנה.
4. בצעו את הניסוי תוך שימוש בחומרים ואופן הבידוד שבחרתם וחזרו על שלבים 1-4 בחלק א'.

5. אסור שעובי קירות המבנה כולל חומר הבסיס והבידוד שעליו יעלה על 3 ס"מ (מגבלת עובי קיר היא כמובן שיקול רלוונטי בבניית בתים ומשמעותי הן מבחינה הנדסית והן מבחינת עלויות הבניה).
6. הציגו את תוצאות המדידות הן של טמפרטורת החדר והן של המבנה על מערכת צירים אחת.
7. השוו לגרפים שהתקבלו ממבנה הבסיס. האם קיימים הבדלים? מה תוכלו ללמוד מהם? האם אתם יכולים להציע פתרונות נוספים להתייעלות באנרגיה במבנה?

דיון ומסקנות - שיח מהנדסים:

מומלץ לשוחח בכיתה על תוצאות האתגר השני. בשיחתכם התייחסו לחלק מהנקודות הבאות כרצונכם:

1. מהן הדרישות ההכרחיות מפתרון של בידוד תרמי של בתים בו חיים בני אדם?
2. מהם הרכיבים שבחרתם על מנת ליצור בידוד תרמי? על איזה מנגנון של מעבר אנרגיה מבוסס הבידוד שלכם (הולכה? הסעה? קרינה?)
3. מה היו השיקולים על פיהם תכנתם את מערכת הבידוד, ומה היו העקרונות הטכנולוגיים שתמכו בהם?
4. מהם הגורמים שיכולים להשפיע על מידת הבידוד התרמי של המבנה שבניתם? התייחסו לעובי הבידוד, סוג החומר המבודד, בידוד רצפה וגג.

