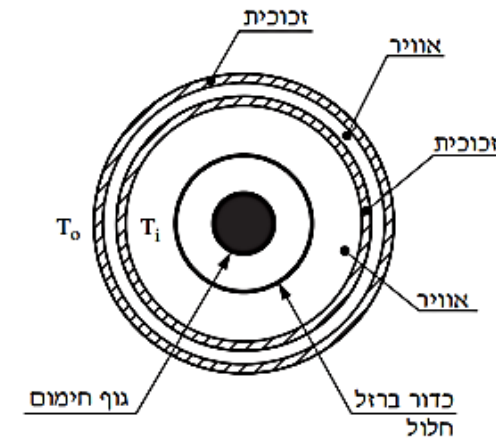


שאלה 6 (20 נקודות)

באיור לשאלה 6 נתון חתך של מחמם כדורי מיוחד.

גוף החימום שבתוך המחמם פולט חום ומחמם את האוויר שסביבו ואת הכדור החלול העשוי ברזל יציקה. דופן המחמם עשויה שתי שכבות זכוכית כדוריות שביניהן יש אוויר. הזכוכית שקופה לחלוטין ואינה בולעת קרינה.



איור לשאלה 6

נתונים:

- העובי של כל אחת משכבות הזכוכית: 3 mm
- העובי של שכבת האוויר שבין שכבות הזכוכית: 1 mm
- שטח הפנים הממוצע של שכבות הזכוכית הכדוריות: $A = 0.046 \text{ m}^2$
- שטח הפנים של כדור הברזל: $A = 0.032 \text{ m}^2$
- הטמפרטורה בתוך המחמם היא: $T_i = 350 \text{ }^\circ\text{C}$
- הטמפרטורה מחוץ למחמם: $T_o = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- המוליכות התרמית של הזכוכית: $k_g = 7.7 \text{ W/m K}$
- המוליכות התרמית של האוויר: $k_a = 0.0262 \text{ W/m K}$

- א. חשב את ההתנגדות התרמית של דופן המחמם (שתי שכבות הזכוכית עם האוויר שביניהן).
- ב. חשב את כמות החום ליחידת זמן (kW) הנפלטת דרך דופן המחמם בהולכה.
- ג. הנח שמחליפים את הדופן בדופן העשויה זכוכית אחת בעובי של 4 mm (ללא אוויר). חשב את שטח הפנים של הדופן הדרוש כדי שכמות החום שתיפלט בהולכה תהיה זהה לזו הנפלטת מן הדופן המקורית. אילו לא היו משנים את שטח הפנים של דופן הזכוכית הזאת לערך שחישבת, האם פליטת החום הייתה גדלה? נמק את תשובתך.
- ד. כדור הברזל פולט חום לסביבה הקרה בקרינה. חשב את הקצב של פליטת החום הזו לסביבה.
- ה. חשב את קצב אספקת החום על-ידי גוף החימום הדרוש כדי לשמור על טמפרטורת האוויר במחמם.

נתונים נוספים:

כושר הקרינה של כדור הברזל: $\epsilon = 0.8$

מקדם סטפן-בולצמן לברזל יציקה: $\sigma = 5.2 \cdot 10^{-8} \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4}$

פרק שליש: תרמודינמיקה

שאלה 7

תנור בישול ביתי שמידותיו $90\text{ cm} \times 70\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ מתוכנן לשמור על טמפרטורה של 260°C , כאשר טמפרטורת הסביבה היא 22°C . קירות התנור, שעוביים 2.25 cm , מבודדים באמצעות צמר סלעים בעל מקדם הולכה $k = 0.052 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$. מקדם ההסעה הפנימי הוא: $h_i = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$.

מקדם ההסעה החיצוני הוא: $h_o = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$.

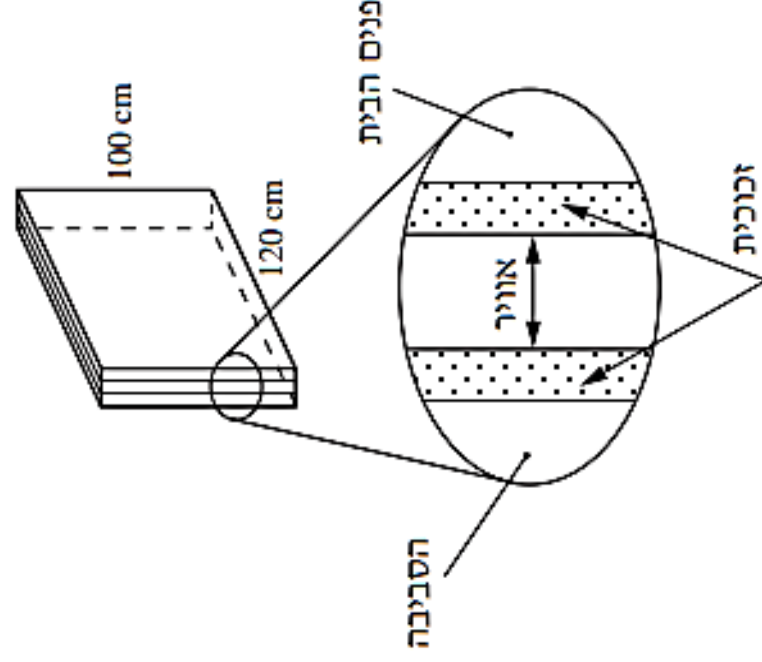
- חשב את איבוד החום מתוך התנור לסביבה, דרך כל דופנותיו.
- חשב את הטמפרטורה של המשטח החיצוני של התנור.
- חשב מה צריך להיות עובי הקיר של התנור כדי שהטמפרטורה של המשטח החיצוני של התנור לא תעלה על 38°C .

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתואר חלון מְבֻדָּד הבנוי משני לוחות זכוכית עם אוויר כלוא ביניהם. החלון מותקן בקיר של דירה ומידותיו: $120 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$.

עוביו של כל לוח זכוכית הוא 4 mm ועובי שכבת האוויר שבין לוחות הזכוכית הוא 5 mm .

טמפרטורת האוויר שמחוץ לדירה היא: $T_{\text{out}} = -10^\circ \text{C}$, וטמפרטורת האוויר שבתוך הדירה היא: $T_{\text{in}} = 22^\circ \text{C}$.



איור לשאלה 7

נתונים:

- מקדם ההסעה החיצוני: $h_{\text{out}} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$
- מקדם ההסעה הפנימי: $h_{\text{in}} = 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$
- מקדם ההולכה של הזכוכית: $k_g = 1.8 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$
- מקדם ההולכה של האוויר שבין הזכוכיות: $k_{\text{air}} = 0.03 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$

- א. חשב את שטף החום היוצא מן הדירה החוצה דרך החלון.
- ב. חשב מה תהיה טמפרטורת המשטח החיצוני של החלון, החשוף לאוויר החיצוני.
- ג. חשב מה תהיה טמפרטורת המשטח הפנימי של החלון, החשוף לאוויר הפנימי.

פרק שלישי: תרמודינמיקה ומעבר חום

שאלה 6

נתון מיחס מתכת בצורת קובייה. אורך הצלע של המיחס הוא 30 cm. המיחס עשוי פלב"מ (פלדת אל-חלד) בעובי 1mm.

מקדם ההולכה של הפלב"מ הוא $k_{ss} = 45 \frac{W}{m \cdot K}$.

חיממו את המים שבמיחס לטמפרטורה של $97^{\circ}C$. טמפרטורת הסביבה היא $27^{\circ}C$, מקדם ההסעה של המים בתוך המיחס הוא $h_{water} = 2,000 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, מקדם ההסעה של האוויר מחוץ

למיחס הוא $h_{air} = 13 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. כל נפח המיחס מלא במים ובסיסו מונח על-גבי רגליות.

הנח שטמפרטורת המים בכל המיחס אחידה.

א. מהו שטף החום היוצא מהמים לסביבה ביחידות Watt ?

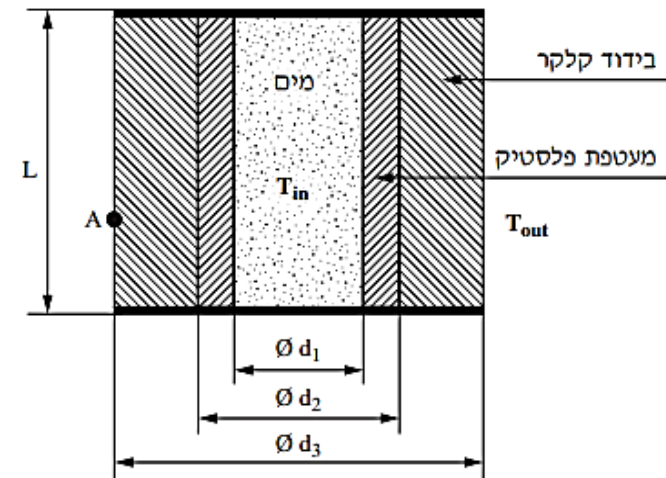
ב. מקדם ההולכה של חומר הבידוד הוא $k_i = 0.03 \frac{W}{m \cdot K}$.

מהו עובי הבידוד הדרוש כדי שהפסדי החום יקטנו ב-70% ?

פרק שלישי: תרמודינמיקה ומעבר חום

שאלה 6

באיור א' לשאלה זו מתואר חתך של מכל גלילי, המיועד לאחסון מים קרים בטמפרטורה T_{in} . המכל עשוי מפלסטיק בעל מקדם הולכה k_1 . שכבת בידוד, העשויה מקלקר בעל מקדם הולכה k_2 , עוטפת את המכל. המכסה העליון של המכל והתחתית שלו מבודדים לחלוטין.



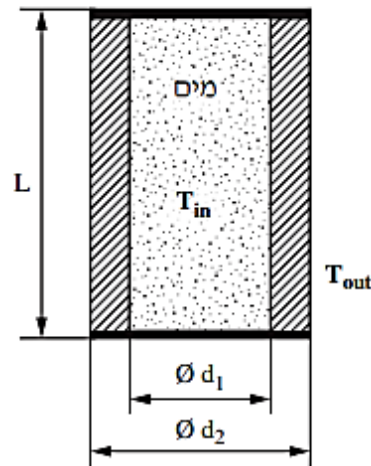
איור א' לשאלה 6

נתונים:

- טמפרטורת הסביבה: $T_{out} = 35^\circ\text{C}$
- טמפרטורת המים בתוך המכל: $T_{in} = 4^\circ\text{C}$
- הקוטר הפנימי של המכל: $d_1 = 25\text{ cm}$
- הקוטר החיצוני של המכל (ללא בידוד הקלקר): $d_2 = 26\text{ cm}$
- הקוטר החיצוני של המכל (כולל בידוד הקלקר): $d_3 = 30\text{ cm}$
- גובה המכל: $L = 40\text{ cm}$
- מקדם ההסעה של המים בתוך המכל: $h_1 = 400 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$

- מקדם ההסעה של האוויר מחוץ למכל: $h_2 = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
- מקדם הולכת החום של הפלסטיק: $k_1 = 0.4 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
- מקדם הולכת החום של הקלקר: $k_2 = 0.03 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

- חשב את ההתנגדות התרמית הכוללת של מעטפת המכל.
- חשב את שטף החום העובר דרך מעטפת המכל.
- חשב את הטמפרטורה בנקודה A, הנמצאת על המעטפת החיצונית של המכל.
- באיור ב' לשאלה זו מתואר חתך המכל לאחר שהסירו ממנו את בידוד הקלקר. חשב פי כמה יגדל שטף החום דרך מעטפת המכל.



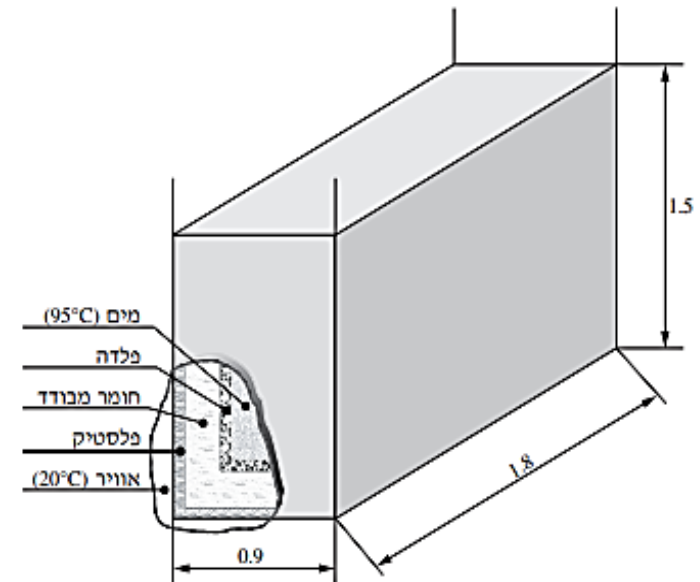
איור ב' לשאלה 6

פרק שלישי: תרמודינמיקה ומעבר חום

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתוארת תיבת פלדה התלויה באוויר באמצעות חוטים. כל התיבה מלאה במים שהטמפרטורה שלהם קבועה ואחידה. התיבה עטופה כולה בשכבת חומר בידוד בעובי אחיד. שכבת חומר הבידוד עטופה כולה בשכבת פלסטיק בעובי אחיד.

המידות באיור נתונות במטרים.



איור לשאלה 6

נתונים:

- עובי פלדת התיבה: $t_{\text{פלדת התיבה}} = 3 \text{ mm}$
- עובי שכבת החומר המבודד: $t_{\text{חומר מבודד}} = 50 \text{ mm}$
- עובי שכבת מעטפת הפלסטיק: $t_{\text{מעטפת פלסטיק}} = 5 \text{ mm}$
- טמפרטורת המים: $T_{\text{מים}} = 95^\circ\text{C}$

- טמפרטורת האוויר: $T_{\text{אוויר}} = 20^\circ\text{C}$
- מקדם ההסעה של מים: $h_{\text{מים}} = 2,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}$
- מקדם ההולכה של פלדת התיבה: $k_{\text{פלדת התיבה}} = 45 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$
- מקדם ההולכה של החומר המבודד: $k_{\text{חומר מבודד}} = 0.052 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$
- מקדם ההולכה של מעטפת הפלסטיק: $k_{\text{מעטפת פלסטיק}} = 0.03 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$
- מקדם ההסעה של אוויר: $h_{\text{אוויר}} = 18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}$

התייחס לשכבות הבידוד כשוות בשטחן זו לזו.

- א. (6 נק') חשב את שטף החום העובר מתוך התיבה לסביבה החיצונית.
- ב. (6 נק') חשב את הטמפרטורה שעל פני החלק החיצוני של מעטפת הפלסטיק.
- ג. (2 נק') הסבר מהו ההספק הדרוש לנוף חימום חשמלי, המותקן בתוך התיבה, לצורך שמירה על טמפרטורת המים הראשונית בתיבה ($T_{\text{מים}} = 95^\circ\text{C}$). אין צורך בחישוב.
- ד. (6 נק') הוחלט להסיר מהתיבה את שכבת הפלסטיק וגם את שכבת חומר הבידוד. חשב את ההספק של גוף החימום הנוסף שיש להתקין בתוך התיבה, לצורך שמירה על טמפרטורת המים הראשונית בתיבה ($T_{\text{מים}} = 95^\circ\text{C}$).

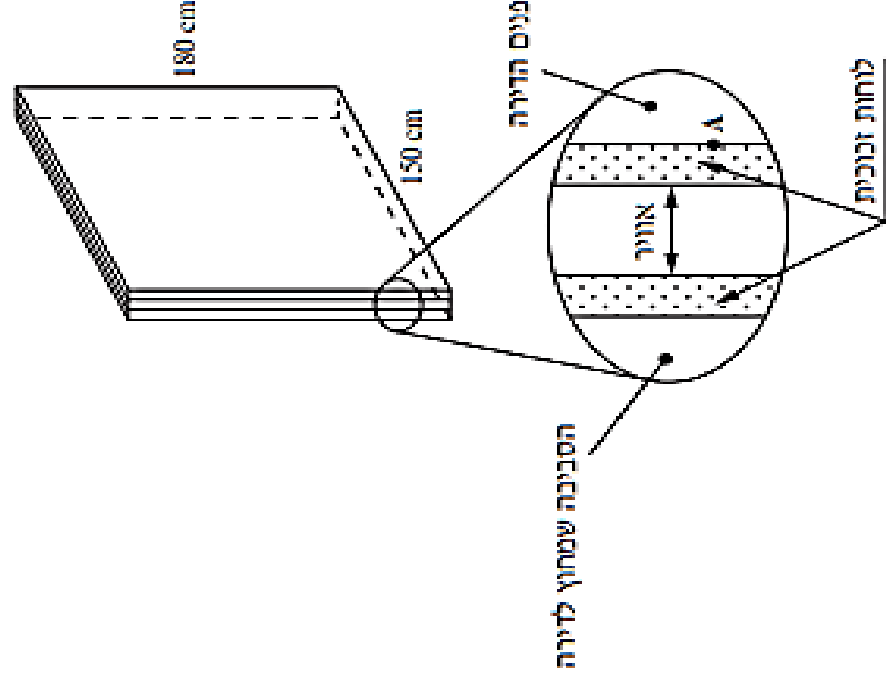
פרק שלישי: תרמוזינמיקה ומעבר חום

שאלה 6

באור לשאלה זו מתואר חלון הבנוי משני לוחות זכוכית שביניהם כלוא אוויר. החלון מתקן בקיר של זירה, בתוך מסגרת העשויה מחומר מבודד תרמית.

מידות החלון: $180 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}$. עובי של כל לוח זכוכית הוא 3 mm .

טמפרטורת האוויר שמחוץ לדירה: $T_{\text{out}} = -25^\circ\text{C}$, וטמפרטורת האוויר בתוך הדירה: $T_{\text{in}} = 15^\circ\text{C}$.



איור לשאלה 6

- מקדם ההסעה של האוויר: $h_{\text{אוויר}} = 18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}$

- מקדם ההולכה של הזכוכית: $k_{\text{זכוכית}} = 0.75 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$

8 נק') א. חשב את שטף החום היוצא מן הדירה החוצה דרך החלון.

5 נק') ב. חשב את הטמפרטורה בנקודה A (ראה באיור), הנמצאת על פני החלק החיצוני של הזכוכית, החשוף לפנים הדירה.

למשטח שעליו נמצאת נקודה A הצמידו יריעת פלסטיק שקופה בעובי 2 mm , בעלת מקדם הולכה $k_{\text{פלסטיק}} = 0.03 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}}$.

4 נק') ג. חשב את שטף החום החדש.

3 נק') ד. תוספת יריעת הפלסטיק הביאה לחיסכון באנרגייה הנדרשת לשמירה על הטמפרטורה בתוך הדירה.

חשב את החיסכון באנרגייה ליממה. בטא את תשובתך ביחידות קוט"ש ($\text{kW} \cdot \text{hour}$).