

תרמודינמיקה טכנית א'

שתי יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שמונה שאלות. עליך לענות על חמש שאלות בלבד (לפי בחירתך). לכל שאלה – 20 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: 1. קובץ נוסחאות לקציני מכונה, כולל טבלאות קיטור (מאושר על-ידי הפיקוח).
2. מחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

1. עיין בשאלון וענה על השאלות בסדר הנראה לך.

2. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.

3. בתשובה לשאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מֶרֶב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

4. בחישוביך השתמש בשיטת היחידות הבין-לאומית (S.I.).

5. הלחצים הנתונים בשאלות הם לחצים מוחלטים (אבסולוטיים), אלא אם כן צוין אחרת.

בשאלון זה 4 עמודים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה שמונה שאלות.

עליך לענות על חמש שאלות לפי בחירתך (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

מכל בנפח של 300 li מכיל חמצן בלחץ של 3.1 MPa ובטמפרטורה של 18 °C. פותחים את שסתום המכל, חלק מהחמצן יוצא מהמכל ואז סוגרים את השסתום. לחץ החמצן שנותר במכל הוא 1.7 MPa, והטמפרטורה שלו היא 15 °C.

הצפיפות של חמצן בטמפרטורה של 0 °C ובלחץ של 0.101 MPa, היא: $1.429 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

חשב את:

א. קבוע הגז, R, של החמצן, ב- $\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$.

ב. מסת החמצן שיצאה מהמכל כשהשסתום היה פתוח, ב- kg .

שאלה 2

מים מוחזקים בטמפרטורה של 66 °C במכל שאורכו 1 m, רוחבו 0.75 m וגובהו 1.6 m, והוא סגור במכסה. רוצים להגביל את קצב מעבר החום מהמים לסביבה (לאוויר) ל-200 W, כאשר טמפרטורת הסביבה היא 18 °C. לצורך כך מצפים את קירות המכל והמכסה בחומר בידוד בעל

מקדם מוליכות תרמית של: $k = 0.048 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$.

בצד החיצוני (צד האוויר) מקדם מעבר החום הוא: $h_o = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$.

הזנח את ההתנגדות התרמית של הקירות ושל המכסה ואת הפסדי החום דרך הבסיס.

חשב את:

א. העובי המזערי הדרוש של חומר הבידוד.

ב. תוספת העובי המזערית הנדרשת כדי להקטין את קצב מעבר החום ל-100 W.

שאלה 3

מסת הגוף של אדם ממוצע היא 70 kg, והוא מפיק בפעילותו כ-10 MJ חום ליממה.

א. אילו גוף האדם היה מערכת מבודדת וסגורה בעלת חום סגולי כשל מים $\left(4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}\right)$, בכמה מעלות הייתה הטמפרטורה שלו עולה תוך יממה?

ב. גוף האדם הוא למעשה מערכת פתוחה, והטמפרטורה שלו קבועה. הנח שהגוף מצנן את עצמו רק על-ידי אידוי מים.

כמה מים צריך גוף האדם לאדות ביממה כדי שטמפרטורת גופו תישאר קבועה?

נתון: החום הכמוס של אידוי מים בטמפרטורה של 310 K (37 °C), הוא: $2.4 \frac{\text{kJ}}{\text{gr}}$

שאלה 4

מכל בנפח 0.2 m^3 מכיל גז חנקן בלחץ של 1.013 bar ובטמפרטורה של 15 °C. דוחסים לתוך המכל עוד 0.2 kg של חנקן ולאחר זמן ממושך טמפרטורת החנקן במכל חוזרת להיות 15 °C.

המסה המולרית של החנקן היא: $28 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$,

קבוע הגז האוניברסלי של גז אידיאלי הוא: $\bar{R} = 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$, וניתן להניח שהחנקן הוא גז אידיאלי.

א. חשב את קבוע הגז, R, של החנקן.

ב. חשב את הלחץ הסופי במכל.

שאלה 5

קיטור לח בלחץ של 2.8 bar שנפחו 1.5 m^3 מוזרק לתוך 36 kg של מים בטמפרטורה של 16 °C. הטמפרטורה של המים המתקבלים היא 55 °C. הנח שאין הפסדי אנרגיה לסביבה וחשב את יחס האיכות (x) של הקיטור המוזרק.

שאלה 6

נתון לוח מתכת שעוביו 10 mm . בצדו האחד של הלוח זורם גז חם בטמפרטורה של 280 °C ובצדו האחר זורם אוויר בטמפרטורה של 35 °C .

מקדם מעבר החום של הגז החם: $h_G = 31.5 \frac{W}{m^2K}$

מקדם מעבר החום של האוויר: $h_A = 32 \frac{W}{m^2K}$

מקדם המוליכות התרמית של המתכת: $k_p = 50 \frac{W}{mK}$

- א. חשב את מקדם מעבר החום הכולל, U , של שלוש השכבות (גז חם, לוח מתכת, אוויר).
- ב. חשב את כמות החום המועברת מהגז החם לאוויר במשך דקה אחת דרך יחידת שטח של 1 m² .

שאלה 7

מסת גז של 0.1 kg מחוממת במשך 10 דקות באמצעות תימם חשמלי שהספקו 20 W . במהלך החימום לחץ הגז נשאר קבוע, והטמפרטורה שלו עולה מ-16 °C ל-78 °C . יחס קיבולי החום הסגוליים של הגז: $\gamma = 1.38$.

הנח שאין הפסדי חום לסביבה וחשב את ערכי הגז האלה:

- א. החום הסגולי בלחץ קבוע - c_p .
- ב. החום הסגולי בנפח קבוע - c_v .
- ג. קבוע הגז - R .
- ד. הצפיפות, ρ , בטמפרטורה של 16 °C ובלחץ של 0.12 MPa .

שאלה 8

לקיטור בלחץ של 150 bar יש אנתלפיה סגולית של $h = 3,309 \frac{kJ}{kg}$.

- א. מצא את טמפרטורת הקיטור ב-°C .
- ב. מצא את נפחו הסגולי של הקיטור ב- $\frac{m^3}{kg}$.
- ג. חשב את האנרגיה הפנימית הסגולית של הקיטור ב- $\frac{kJ}{kg}$.

בהצלחה!