

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ט, 2019

סמל השאלון: 710003

נספחים: א. תכונות חוזק של פלדות לבורגי

הידוק

ב. מידות תברגי הידוק מטריים

חיצוניים

ג. נוסחאות בתרמודינמיקה

ד. קטע קריאה לשאלה 9

ה. מילון מונחים

מכניקה הנדסית להנדסאים

הוראות לנבחן

- א. **משך הבחינה:** ארבע שעות.
- ב. **מבנה השאלון ומפתח ההערכה:** בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות. עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, על-פי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכל עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך-הכל – 100 נקודות.
- ג. **חומר עזר מותר לשימוש:** כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס, כלי סרטוט ומחשבון.
- ד. **הוראות מיוחדות:**
 1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את כל השאלון וודא שההנחיות בדף השער מובנות לך היטב.
 2. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון.
 - המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
 4. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 5. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

בשאלון זה 12 עמודים ו-8 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

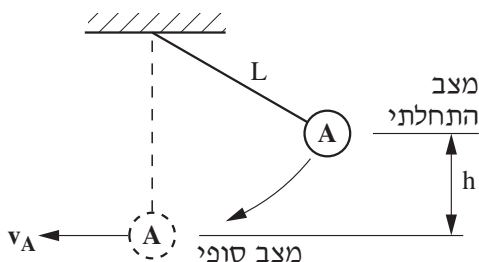
בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות.

עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכל עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך-הכל – 100 נקודות.

פרק ראשון: קינמטיקה ודינמיקה

שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 מתואר כדור A המחובר באמצעות חוט לתקרה. משחררים את הכדור ממנוחה בגובה מסוים h (מצב התחלתי באיור), והוא מגיע למצב הסופי כמתואר באיור.



איור א' לשאלה 1

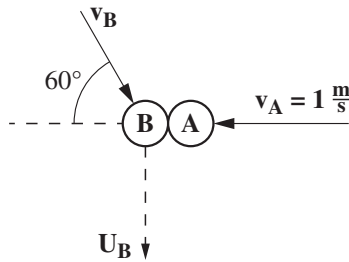
נתונים:

- מסת הכדור: $m_A = 0.2 \text{ kg}$
- אורך החוט: $L = 0.2 \text{ m}$
- מהירות הכדור במצב סופי: $v_A = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

4 נק' א. חשב את הגובה h .

4 נק' ב. חשב את כוח המתיחה T בחוט במצב הסופי.

- באיור ב' לשאלה 1 מתואר כדור A, שמסתו $m_a = 0.2 \text{ kg}$. הכדור נע בכיוון אופקי במהירות $v_A = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. כדור B, שמסתו $m_B = 0.2 \text{ kg}$, נע לקראת כדור A במהירות לא ידועה v_B ובזווית 60° ביחס לאופק. הכדורים מתנגשים באוויר.
- מיד** לאחר ההתנגשות כדור A **נעצר**, ואילו כדור B ממשיך לנוע בכיוון **אנכי מטה** במהירות לא ידועה U_B .



איור ב' לשאלה 1

(12 נק') ג.

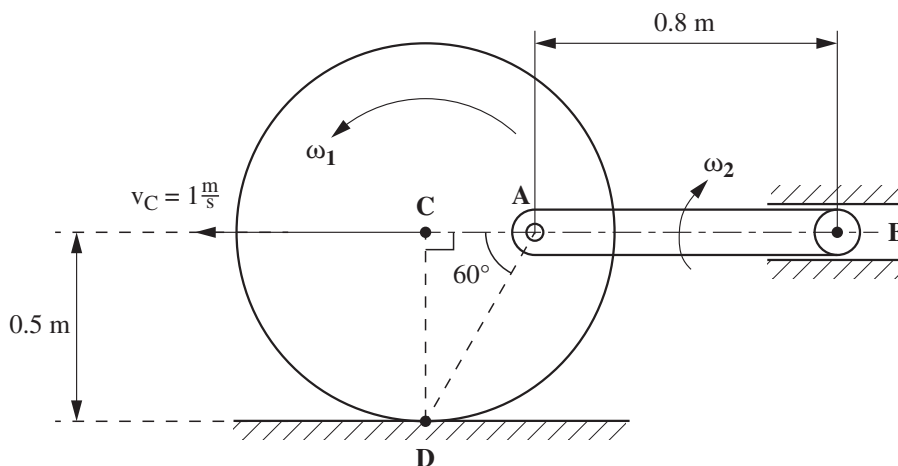
1. (8 נק') חשב את מהירותו של כדור B לפני ההתנגשות v_b , ואת מהירותו לאחר ההתנגשות U_B .
2. (4 נק') האם ההתנגשות הייתה אלסטית או פלסטית? הסבר את תשובתך באמצעות חישובי אנרגייה.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר גלגל אשר נע **ללא החלקה** על משטח אופקי, במהירות זוויתית לא ידועה ω_1 . הגלגל מחובר לזרוע AB באמצעות פרק A. הקצה B של זרוע AB מאולץ לנוע במסילה אופקית ישרה. המהירות הזוויתית של הזרוע AB, ω_2 , אינה ידועה.

ברגע המתואר באיור, מהירותו של **מרכז הגלגל**, הנקודה C, היא $v_C = 1 \frac{m}{s}$.

באיור נתונות כל המידות והזוויות הנחוצות.



איור לשאלה 2

א. (6 נק') העתק את האיור למחברתך וסמן בו את המהירויות של הנקודות A, B, C, ואת מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של הזרוע AB (סמן אותו בנקודה O).

ב. (6 נק')

1. (3 נק') חשב את המהירות הזוויתית ω_1 של הגלגל.

2. (3 נק') חשב את המהירות של הנקודה A.

ג. (8 נק')

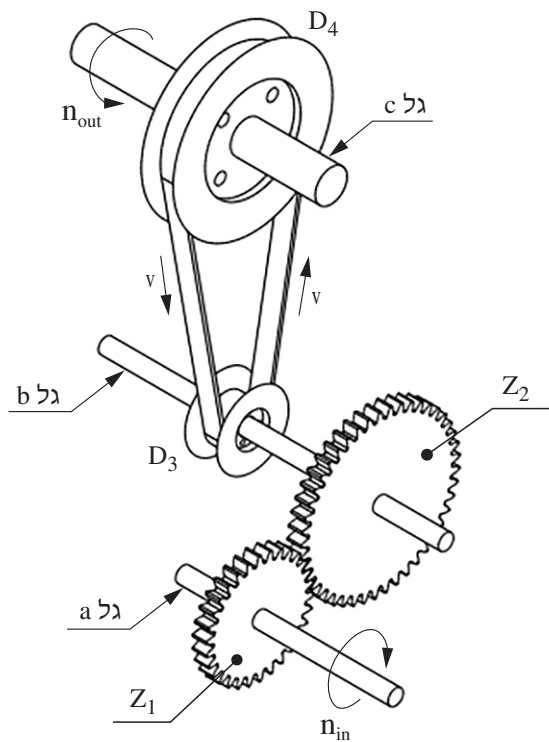
1. (4 נק') חשב את המהירות הזוויתית ω_2 של הזרוע AB.

2. (4 נק') חשב את המהירות של הנקודה B.

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתוארת מערכת להעברת הספק. מערכת זו כוללת ממסרה מכנית בעלת שני גלגלי שיניים משולבים Z_1 ו- Z_2 , וממסרת רצועה טריזית בעלת שני גלגלים D_3 ו- D_4 . גל הכניסה a מסתובב במהירות סיבובית. גל היציאה c מעביר את ההספק לצרכן.



איור לשאלה 3

נתונים:

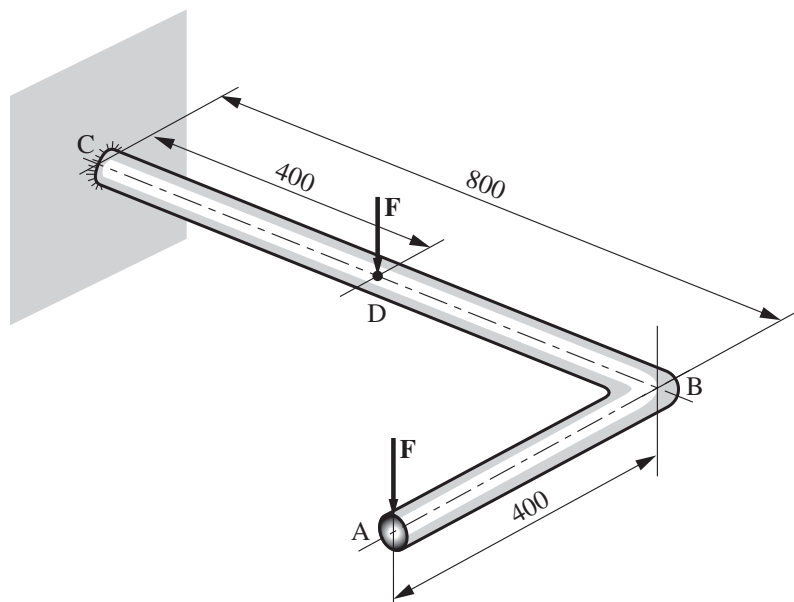
- מהירות הסיבוב בגל הכניסה: $n_{in} = 2,000 \text{ RPM}$
- מספרי השיניים של גלגלי השיניים: $Z_2 = 60, Z_1 = 30$
- הקוטר של גלגל הרצועה הטרזית D_3 : $D_3 = 300 \text{ mm}$
- זווית החביקה על הגלגל המניע: $\alpha_1 = 120^\circ = 2.09 \text{ rad}$
- מקדם החיכוך בין הרצועה לגלגל: $\mu = 0.33$
- כוח המתיחה בענף הפעיל של ממסרת הרצועה: $S_1 = 1,167 \text{ N}$
- זווית הטרזיז של הרצועה: $2\gamma = 38^\circ$

הנח שאין הפסדים במערכת.

- 6 נק' א. חשב את המהירות v של הרצועה.
- 10 נק' ב. חשב את ההספק שמעבירה ממסרת הרצועה לצרכן. בטא את תשובתך ביחידות kW.
- 4 נק' ג. הסבר בקצרה כיצד הגדלת זווית החביקה α_1 תשפיע על הכוחות S_1 ו- S_2 . הנח שההספק המועבר לצרכן לא משתנה.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר מוט פלדה בעל חתך עגול, הרתום לקיר בקצהו האחד - C , וחופשי בקצהו השני - A . על המוט פועלים שני כוחות אנכיים, F , השווים זה לזה בגודלם. המידות באיור נתונות במילימטרים.



איור לשאלה 4

נתונים:

- הכוח האנכי: $F = 900 \text{ N}$
- מאמץ הכניעה של המוט: $\sigma_y = 360 \text{ MPa}$
- מקדם הבטיחות: $S = 2$
- מודול הגזירה של פלדה: $G = 80 \text{ GPa}$

2 נק') א. סרטט במחברתך דיאגרמת גוף חופשי (ד.ג.ח) של הכוחות ושל המומנטים החיצוניים הפועלים על הקטע BC של המוט.

2 נק') ב. חשב את ערכו של מומנט הפיתול, M_T , הפועל על הקטע BC, וסרטט את מהלכו.

4 נק') ג. חשב וסרטט את מהלכי כוחות הגזירה ומומנטי הכפיפה לאורך הקטע BC.

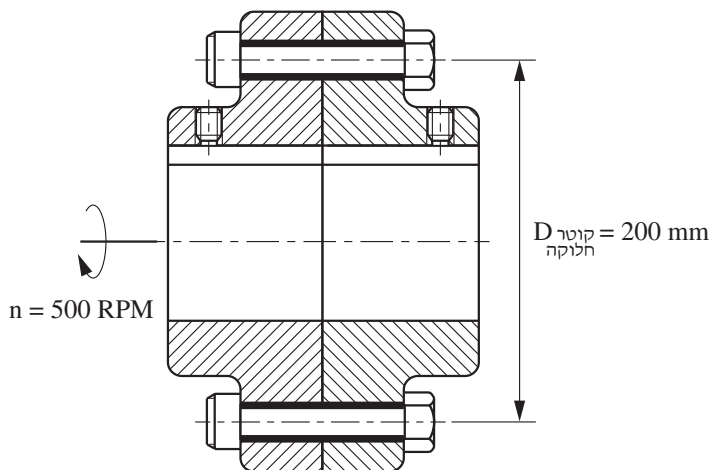
2 נק') ד. חשב את המאמץ המותר של החומר שממנו עשוי המוט.

7 נק') ה. חשב את קוטר המוט המינימלי הנדרש כדי שהמוט יעמוד בדרישת החוזק למאמץ השקול (המשולב) בנקודה C, לפי קריטריון החוזק: $\sigma_e = \sqrt{(\sigma_{כפיפה})^2 + 3 \cdot (\tau_{פיתול})^2}$.

3 נק') ו. נתון שקוטר המוט המתואר באיור לשאלה זו הוא 40 mm. חשב את זווית הפיתול של המוט בנקודה B.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר חתך של מצמד אוגנים קשיח. שני חלקי המצמד מחוברים זה לזה באמצעות **שישה** ברגים מסוג M10 עם הברגה רגילה, המורכבים במרווחים שווים על מעגל החלוקה.



איור לשאלה 5

נתונים:

- מהירות סיבוב המצמד: $n = 500 \text{ RPM}$
- קוטר מעגל החלוקה: $D_{\text{קוטר חלוקה}} = 200 \text{ mm}$
- דרגת החוזק של הברגים: 5.8
- מקדם הבטיחות הנדרש בעת הידוק הברגים: $S = 2.5$
- מקדם אבטחה מפני החלקה של המצמד: $f_k = 1.5$
- הנח כי בין כל חלקי המערכת יש מקדם חיכוך אחיד: $\mu = 0.15$

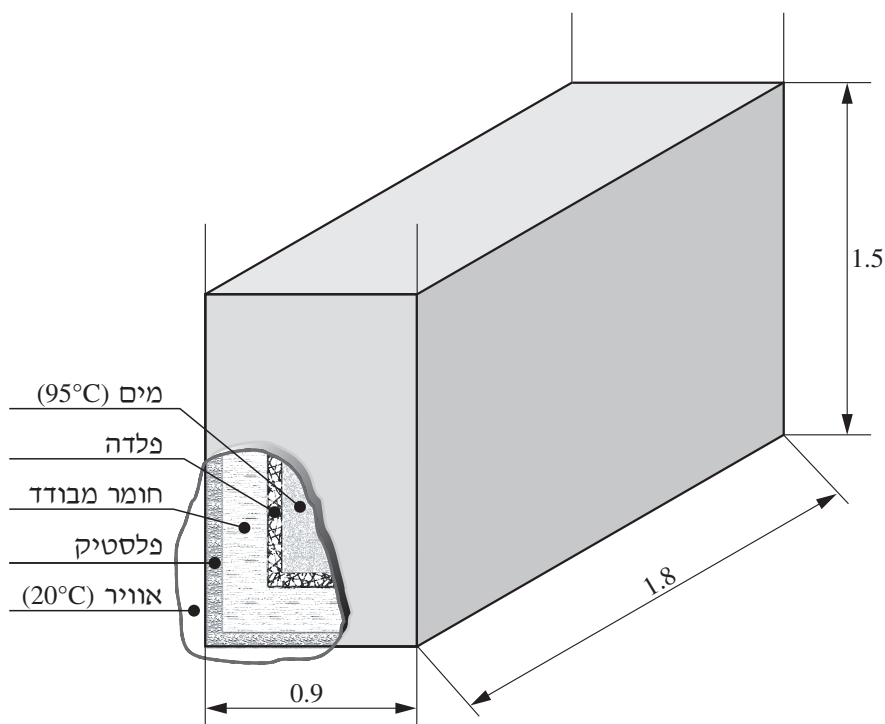
- 5 נק') א. חשב, לפי נוסחת החישוב המקורב $\left[\sigma_{\text{מותר}} \right] \leq \frac{Q \cdot 1.25}{A}$, את ערכו המרבי המותר של כוח ההידוק הצירי Q , הנדרש להידוק של כל אחד מהברגים, בהתחשב בתכונות החוזק של הבורג. היעזר בנספחים א' ו-ב'.
- 8 נק') ב. חשב את המומנט הכולל הנדרש להידוק של כל אחד מהברגים, כדי לקבל את כוח ההידוק הצירי Q . היעזר בנספח ב'. יש להתייחס לכל רכיבי המומנט.
- 5 נק') ג. חשב את ההספק המועבר על ידי המצמד.
- 2 נק') ד. מחליפים את ששת הברגים: במקום בורגי M10 עם הברגה רגילה הורכבו בורגי $M10 \times 1.25$ עם הברגה עדינה. האם החלפה זו משפרת את העצירה העצמית של האוס? נמק את תשובתך באמצעות חישוב או באופן מילולי.

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.

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

שאלה 7

נתון מחזור מנוע דיזל אידיאלי.

- (2 נק')** א. סרטט במחברתך דיאגרמת P-V עבור מחזור זה. סמן בדיאגרמה את ארבע נקודות המעבר האופייניות של המחזור (במספרים 1 עד 4). ציין מהו סוג התהליך המתרחש בין כל שתי נקודות ומה תפקידו לפי סדר הפעולות של המחזור במנוע.
- (2 נק')** ב. סרטט במחברתך דיאגרמת T-S עבור מחזור זה. סמן את נקודות המעבר בין כל שני תהליכים במספרים 1, 2, 3, 4, לפי סדר הופעתם בדיאגרמת P-V שסרטטת.

למחזור הנתון מוסיפים חום בלחץ אוויר קבוע. הנח שהאוויר מתנהג כגז משוכלל.

נתונים:

- מסת האוויר הנכנסת בכל מחזור: $m_{\text{אוויר}} = 0.5 \text{ kg}$
- הלחץ ההתחלתי של האוויר: $P_1 = 0.85 \text{ bar}$
- הטמפרטורה ההתחלתית של האוויר: $T_1 = 333 \text{ K}$
- יחס הדחיסה: $C = 12$
- החום הסגולי של האוויר בלחץ קבוע: $c_p = 1.003 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
- החום הסגולי של האוויר בנפח קבוע: $c_v = 0.711 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
- קבוע הגז של אוויר: $R = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
- כמות החום המושקעת במחזור: $Q_{\text{in}} = 387 \text{ kJ}$

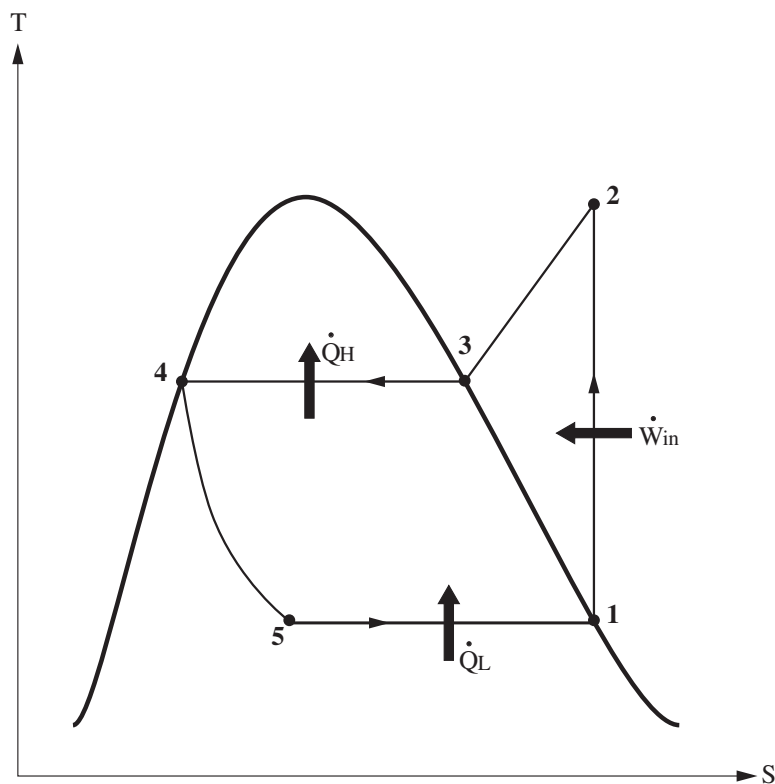
- (10 נק')** ג. העתק למחברתך את הטבלה שלהלן והשלם אותה: חשב את ערכי הלחץ P, הנפח V, והטמפרטורה T, בארבע הנקודות האופייניות של המחזור (1, 2, 3, 4), ורשום אותם בטבלה.

נקודת המחזור	T (°K)	V [m ³]	P [bar]
1	333		0.85
2			
3			
4			

- (4 נק')** ד. חשב את העבודה נטו המתקבלת במחזור אחד.
- (2 נק')** ה. חשב את נצילות המחזור.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתואר גרף במישור T-S של מחזור קירור אידיאלי מסוג דחיסת אדים.



איור לשאלה 8

א. (5 נק') הסבר את חמשת תהליכי המחזור.

ב. (12 נק') להלן כמה נתונים על מחזור זה:

- הספק החום המסולק מן החלל המקורר, במחזור הקירור: $\dot{Q}_H = 280 \text{ kW}$
- הטמפרטורה בחלל המקרר: $T_{in} = -20^\circ\text{C}$
- טמפרטורת האוויר מחוץ למקרר: $T_{out} = 30^\circ\text{C}$

4 נק') 1. חשב את מקדם הביצוע (C.O.P) של מחזור הקירור.

4 נק') 2. חשב את ההספק הנצרך על-ידי המדחס.

4 נק') 3. חשב את הספק החום הנכנס למקרר מהסביבה החיצונית.

ג. (3 נק') מקרר ביתי פועל בחדר סגור ומבודד. פותחים את דלת המקרר לרווחה. האם, לאורך זמן, טמפרטורת החדר תעלה/תרד/לא תשתנה? הסבר את תשובתך.

פרק רביעי: אנגלית טכנית

שאלה 9 (20 נקודות)

קרא את הקטע הנתון בנספח ד' לשאלון זה, וענה במחברתך על כל השאלות.
אין להעתיק את השאלות, אך יש לרשום את מספרי התשובות על-פי מספרי השאלות.
מותר לענות בעברית על כל השאלות.

Questions

1. (Paragraph A) What is the source of mechanical energy of a rotating crankshaft?
2. (Paragraph B) What is an open cycle?
3. (Paragraph B) State **THREE** factors influencing an ICE power output.
4. (Paragraph C) Does the heat supply stroke of the Otto cycle is isobaric?
5. (Paragraph C) Name the adiabatic strokes in the Otto cycle.
6. (Paragraphs C, F) State **THREE** differences between the strokes of Otto cycle and Diesel cycle.
7. (Paragraphs C, D, E, F, G, H) Are the following statements **TRUE** or **FALSE**?
 - 7.1 The compression ratio of Otto cycle is higher than the compression ratio in Diesel cycle.
 - 7.2 An ICE based on Diesel cycle must be bigger and heavier than one based on Otto cycle.
 - 7.3 An Otto cycle-based ICE can use heavy oil.
 - 7.4 An ICE based on Diesel cycle has greater working temperatures than one based on Otto cycle.
 - 7.5 An ICE based on Diesel cycle has lesser rotational speed than one based on Otto cycle.
8. (Paragraphs E, G) State **TWO** factors affecting ICE rotational speed.

בהצלחה!

נספח א': תכונות חוזק של פלדות לבורגי הידוק

לשאלון 710003, אביב תשע"ט

דרגת חוזק, בורג	תחום השימוש	גבול אלסטיות σ_E (MPa)	חוזק גבולי למתיחה σ_B (MPa)	גבול כניעה σ_y (MPa)	חומר בורג	סימן הראש	דרגת חוזק, אום	חוזק גבולי מזערי-אום (MPa)
4.6	M5-M36	225	400	240	פלדה דלת-פחמן או פלדה בינונית		4	400
4.8	M1.6-M16	310	420	340	פלדה דלת-פחמן או פלדה בינונית		4	400
5.8	M5-M24	380	530	420	פלדה דלת-פחמן או פלדה בינונית		5	500
8.8	M1.6-M36	600	830	660	פלדת פחמן בינונית		8	800
9.8	M1.6-M16	650	900	720	פלדת פחמן בינונית		9	900
10.9	M5-M36	830	1040	940	פלדת פחמן בינונית		10	1000
12.9	M1.6-M36	970	1220	1100	*פלדת מסג		12	1200

* לאחר טיפול תרמי (חיסום והרפיה).

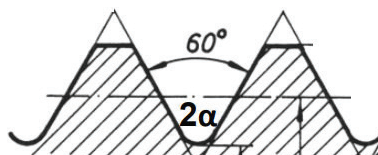
נספח ב': מידות תבריגי הידוק מטריים חיצוניים

לשאלון 710003, אביב תשע"ט

תקן ISO לתבריג מטרי

מידות תבריגי הידוק מטריים חיצוניים לפי ISO (ת"י 665)

תבריגים רגילים					תבריגים עדינים			
קוטר חיצוני	פסיעה	שטח חתך מתיחה	קוטר פנימי	קוטר אפקטיבי	פסיעה	שטח חתך מתיחה	קוטר פנימי	קוטר אפקטיבי
d (mm)	p (mm)	A (mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	p (mm)	A (mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)
2	0.4	1.79	1.509	1.740				
2.5	0.45	2.98	1.948	2.200				
3	0.5	4.47	2.387	2.675				
3.5	0.6	6	2.764	3.1 10				
4	0.7	7.75	3.141	3.545				
5	0.8	12.70	4.079	4.420				
6	1	17.9	4.773	5.350				
8	1.25	32.8	6.466	7.188	1	36.0	6.773	7.350
10	1.5	52.3	8.16	9.062	1.25	56.3	8.466	9.188
12	1.75	76.3	9.853	10.863	1.25	86.0	10.466	10.647
14	2	104	11.546	12.701	1.5	116	12.160	13.026
16	2	144	13.546	14.701	1.5	157	14.160	15.026
20	2.5	225	16.933	18.376	1.5	259	18.760	19.026
24	3	324	20.319	22.051	2	365	21.546	22.701
30	3.5	519	25.706	27.727	2	596	27.546	28.701
36	4	759	31.092	33.402	2	884	33.546	34.701
42	4	1,050	36.779	39.077	2	1,230	39.546	40.701
48	5	1,380	41.866	44.752	2	1,630	45.456	46.701
56	5.5	1,910	49.252	52.428	2	2,250	53.516	54.701
64	6	2,520	56.639	60.639	2	2,980	61.546	62.701



נספח ג': נוסחאות בתרמודינמיקה (2 עמודים)

לשאלון 710003, אביב תשע"ט

תהליכים הפיכים בגז משוכלל, $PV = mRT$

תהליך	אפיון	עבודה, W	חום, q	שינוי באנרגייה פנימית, Δu
איזוברי	$p = \text{const.}$	$P \Delta V = R \Delta T$	$c_p \Delta T$	$c_v \Delta T$
איזותרמי	$T = \text{const.}$	$RT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = RT \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$	0	0
אדיאבטי	$q = 0$	$\frac{(P_1 V_1 - P_2 V_2)}{(\gamma - 1)}$	0	$c_v \Delta T = -w$
איזוכורי	$v = \text{const.}$	0	$c_v \Delta T$	$c_v \Delta T$

$$\gamma = k = \frac{c_p}{c_v}$$

תהליך אדיאבטי הפיך (איזנטרופי):

$$P V^\gamma = \text{const.} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma$$

$$p T^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{const.} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$T V^{\gamma-1} = \text{const.} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

מחזור אוטו ומחזור דיזל:

$$\eta_{\text{Otto}} = 1 - \frac{1}{r_v^{\gamma-1}} \quad \text{נצילות מחזור אוטו:}$$

נצילות מחזור דיזל:

$$\eta_{\text{Diesel}} = 1 - \frac{(r_c^\gamma - 1)}{\gamma r_v^{\gamma-1} (r_c - 1)} \quad \text{לחץ אפקטיבי ממוצע:}$$

$$P_{\text{av}} = \frac{W_{\text{net}}}{v_1 - v_2}$$

מערכת קירור ומכונת חום אידיאליים:

$$\text{C.O.P.}_R = \frac{Q_{\text{in}}}{Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}}} = \frac{\dot{Q}_{\text{in}}}{\dot{Q}_{\text{out}} - \dot{Q}_{\text{in}}} = \frac{T_{\text{in}}}{T_{\text{out}} - T_{\text{in}}}$$

$$\text{C.O.P.}_H = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{out}} - Q_{\text{in}}} = \frac{\dot{Q}_{\text{out}}}{\dot{Q}_{\text{out}} - \dot{Q}_{\text{in}}} = \frac{T_{\text{out}}}{T_{\text{out}} - T_{\text{in}}}$$

$$\dot{W}_{\text{net}} = \dot{Q}_{\text{out}} - \dot{Q}_{\text{in}}$$

$$\text{C.O.P.}_H = \text{C.O.P.}_R + 1$$

מקרא:

C.O.P._R - מקדם הביצוע של מחזור קירור.

C.O.P._H - מקדם הביצוע של מחזור חימום.

$(\dot{Q}_L) \dot{Q}_{\text{in}}$ - הספק החום הנכנס למערכת.

$(\dot{Q}_H) \dot{Q}_{\text{out}}$ - הספק החום הנפלט מהמערכת.

$\dot{W}_{\text{net}}$ - ההספק נטו המושקע במערכת במהלך המחזור.

מעבר חום:

הולכה

התנגדות תרמית:

$$R = \frac{1}{A} \frac{b}{k}$$

b – עובי ב־m

A – שטח ב־m²

k – מוליכות תרמית ב־ $\frac{W}{mK}$

כמות החום, ליחידת זמן, העוברת דרך שכבה אחת:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R}$$

הסעה

התנגדות תרמית:

$$R_c = \frac{1}{A \cdot h}$$

h – מקדם הסעה ב־ $\frac{W}{m^2K}$

כמות החום, ליחידת זמן, העוברת בתווך:

$$\dot{Q} = hA(T_1 - T_2)$$

Thermodynamics of Piston Engines

A. ICE (internal combustion engines) are used for more than 100 years in various applications. They are built from one or more cylinders with close-fitting pistons moving in reciprocating mode. This motion is converted to rotation of a crankshaft which delivers power (in the form of torque and rotation speed) to a consumer. Inside a cylinder, the fuel is burnt, and its chemical energy is transformed into mechanical energy. The work cycle involves air and fuel supply (in the right ratio, for full combustion) and compression, heat supply for the ignition, expansion of the burnt fuel in the gas form and excess heat rejection. Similar sequence of steps is employed in various engines working on various types of fuel. Each step can be performed under one of following thermodynamic conditions: isobaric (at constant pressure), isothermal (at constant temperature), isochoric (at constant volume) and adiabatic (at constant entropy, no heat added or lost, no work done). In real engines, these conditions are fulfilled only partially, and their efficiency is far from ideal.

B. In ICE, two types of fuel are widely used – gasoline and diesel oil, and, accordingly, two types of cycles are applied – Otto cycle and Diesel cycle. Both are open cycles (a new portion of fuel and air is taken in each cycle), and non-reversible (with friction, shock and turbulence losses). Their power output is proportional to the air mass that moves through the engine, to the fuel-to-air mass flow rate, to rotational speed of the crankshaft, to the number of cylinders and to the heating value of the fuel.

ICE energy efficiency improves when the pressure ratio increases, but there are certain obstacles preventing non-limited increase of it. Analogically, non-controllable variations in fuel-to-air flow rate, in types of fuel and in rotational speed couldn't be implemented.

Otto Cycle

C. Implemented in gasoline ICE, this cycle consists of 4 strokes. The mass of air that is drawn from the atmosphere into the cylinder, compressed by the piston while mixed with vaporized gasoline (in close to adiabatic condition); heated by the spark ignition and burn the fuel (in isochoric condition, the temperature increases); then the resulting gas is allowed to expand as it pushes on the piston (again, in adiabatic condition); and finally exhausted back into the atmosphere while sucking in the next portion of air (in isochoric condition, the volume of exhaust gases is equal to the incoming air charge). The compression and expansion processes induced on the gas by the movement of the piston are idealised as reversible, i.e., without turbulence- or friction losses. The net mechanical work gain equals the difference of expansion- and compression work. Alternatively, the useful work gained is the difference between the heat added and the heat removed.

D. The main limitations of the Otto cycle are: low combusting ratio of fuel-to-air and low ignition point. This limits the possible compression ratio, because the higher the ratio, the higher the temperature is, therefore, a

premature ignition may occur, forcing the piston in the opposite direction. The fuels usable for this type of engine must be volatile, essentially lightweight and therefore, less energy-containing.

E. The main advantage is the high rotation speed due to lower mechanical forces (a welcome result of low compression ratio); the low forces enable smaller and lighter construction components.

Diesel Cycle

F. Implemented in diesel ICE, this cycle also consists of 4 strokes. The air from the atmosphere is compressed (in adiabatic condition, no fuel added, temperature increases); addition of fuel at the end of compression stroke, ignition when the right fuel-to-air ratio is achieved without external spark (in close to isobaric condition); the adiabatic expansion; ejection of hot gases while drawing in the next air portion (in isochoric condition).

G. The main limitations of the cycle are: high compression ratios needed for compression ignition , results in higher forces and shock loads, so the engine parts must be bigger and heavier; for better air- and fuel mixing more time must be allowed resulting in reducing of rotational speed.

H. The advantages of diesel ICE are: since the combustion does not depend on natural vaporization, wide range of fuels can be used, including heavy oil; the efficiency of diesel engines is greater than the Otto cycle engines, as the result of higher compression ratio and better fuels; they work on lower temperatures, so there is no risk of overheating if they are left idling for prolonged periods.

The percentage of energy conversion from chemical to mechanical form is about 24% for Otto cycle ICE and about 32% for Diesel cycle ICE.

נספח ה': מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 710003, אביב תשע"ט

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
nominal power	Номинальная мощность	القدرة الاسميّة / الاعتباريّة	הספק נומינלי
inelastic/plastic collision	Абсолютно неупругий удар	اصطدام غير مرن	התנגשות פלסטית
fatigue	Усталость (материалов)	إجهاد / إعياء	התעייפות
slider	Ползунок	زلاّقة	זחלן
fatigue strength limit	Максимально допустимое напряжение для усталостных деформаций	قوة الإجهاد / الإعياء الحدّيّة	חוזק גבולי להתעייפות
specific heat	Удельная теплоемкость	الحرارة النوعيّة	חום סגולי
winding/s	Витки	رَبْط / غلاف	כריכה/כריכות
contact pressure	Напряжение смятия	ضغط مساحة	לחץ מגע
yield stress	Предел текучести	إجهاد الخضوع	מאמץ כניעה
periodical symmetric stress	Переменные напряжения (часто циклические)	دورة الجهد التناظريّ	מאמץ מחזורי סימטרי
jack	Домкрат	مِرْفَاع	מגִבָּה
compressor	Компрессор	ضاغط	מדחס
angular velocity	Угловая скорость	السرعة الزاويّة	מהירות זוויתית
relative velocity	Относительная скорость	السرعة النسبيّة	מהירות יחסית
absolute velocity	Абсолютная скорость	السرعة المطلقة	מהירות מוחלטת
translational velocity	Цикличная скорость	سرعة الإزاحة	מהירות מועתקת

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
modulus of elasticity	Модуль Юнга (модуль упругости)	مُعَامِل المرونة	מודול אלסטיות
cooling cycle	Холодильный цикл	دورة التبريد	מחזור קירור
disengaging clutch/coupling	Предохранительная муфта	قابض حُدِّي	מצמד גבולי
friction clutch/coupling	Фрикционная муфта	قابض احتكاك	מצמד חיכוך
coefficient of safety	Коэффициент безопасности	مُعَامِل الأمان	מקדם בטיחות
coefficient of performance	Коэффициент проводимости	مُعَامِل الأداء	מקדם ביצוע
conduction coefficient	Коэффициент теплопроводности	مُعَامِل الانتقال	מקדם הולכה
convection coefficient	Коэффициент конвекции	مُعَامِل الحمل	מקדם הסעה
friction coefficient	Коэффициент трения	مُعَامِل الاحتكاك	מקדם חיכוך
thermal efficiency	Тепловая эффективность	الكفاءة الحرارية	נצילות תרמית
spring constant	Жесткость пружины	ثابت الزنبرك / ثابت الرفاص	קבוע קפיץ
coulisse	Кулиса	كَوَاليس	קוליסה
buckling	Потеря устойчивости	انهيار	קריסה
heat flow	Тепловой поток	دفق / تدفق حراري	שטף חום
wire	Провод	سلك	תיל