

מכניקה הנדסית ט'

(לטכנאי מכונות)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות. עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות ובסך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס, כלי סרטוט ומחשבון בעל תצוגה של אותיות וספרות בלבד.
- 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. המידות בסרטוטים נתונות במ"מ, אלא אם כן צוין אחרת.
 6. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיח:

יש לוודא שתלמידים שענו על שאלה 10, צירפו את נספח א' למחברת הבחינה שלהם.

בשאלון זה 14 עמודים ו-3 עמודי נספחים.

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

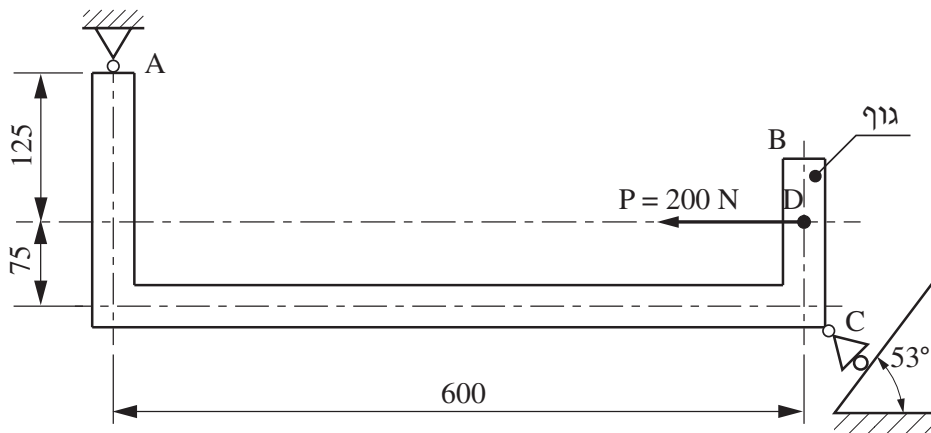
השאלות

בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות.
עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון.
בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: סטטיקה וחוזק חומרים במכונות

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר גוף קשיח שמסתו זניחה. הגוף מצוי בשיווי-משקל. בנקודה D של הגוף פועל כוח אופקי: $P = 200 \text{ N}$. בנקודה C הגוף נשען על מישור משופע חלק. המישור המשופע יוצר זווית של 53° עם האופק. כל המידות נתונות באיור.



איור לשאלה 1

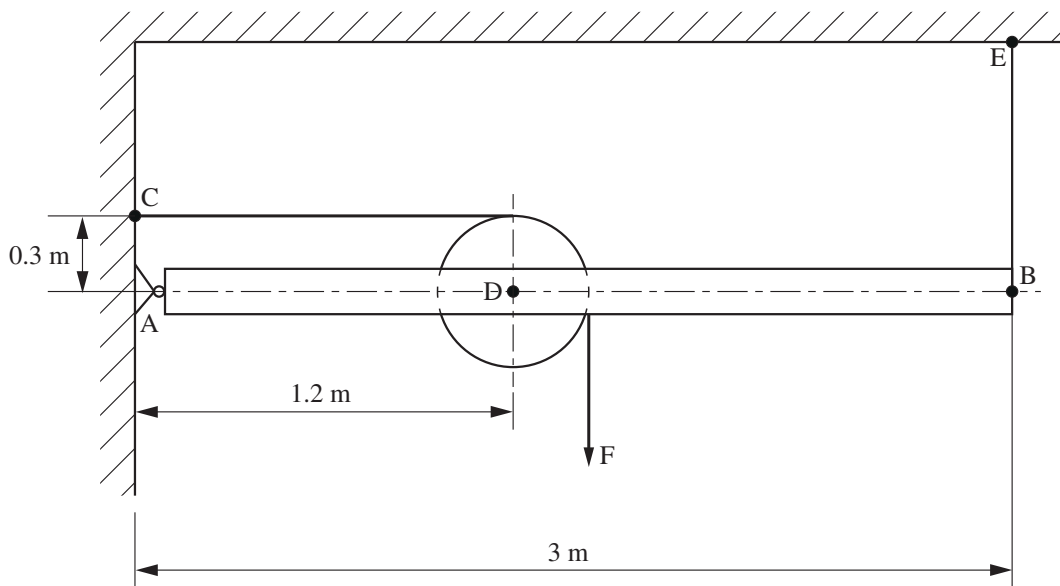
- סרטט דג"ח של הגוף.
- מצא את ערכיהם של כוחות התגובה בסמכים A, C.
- קבע את כיווני כוחות התגובה בסמכים A ו-C.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתוארת קורה AB, קשיחה לחלוטין, הנתמכת על-ידי פרק A וכבל BE. הכבל מורכב ממספר לא ידוע של חוטי פלדה. בנקודה D של הקורה מותקנת גלגלת בעלת רדיוס של 0.3 m. על הכבל, המחובר לקיר בנקודה C ועובר דרך הגלגלת, פועל כוח אנכי, F. כל המידות נתונות באיור.

נתונים:

1. הקוטר של כל חוט פלדה בכבל BE : $d = 1 \text{ mm}$
2. מאמץ המתיחה המותר בחומר חוטי הפלדה הוא: $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$
3. כוח המתיחה בכבל BE הוא: $T = 6 \text{ kN}$



איור לשאלה 2

- א. חשב את המספר המזערי (המינימלי) של חוטי הפלדה הדרוש בכבל BE.
- ב. סרטט דג"ח של הגלגלת ודג"ח של הקורה AB.
- ג. מצא את גודלו ואת כיוונו של כוח התגובה השקול בפרק A ואת ערכו של הכוח F, אם ידוע שהקורה מצויה בשיווי-משקל.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר גל ממוסב בשני סידורי עמיסה, a ו-b. הגל מקבל את מומנט הפיתול M_T ומוסר את שני מומנטי הפיתול M_1 , M_2 . קוטר הגל זהה בשני הסידורים.

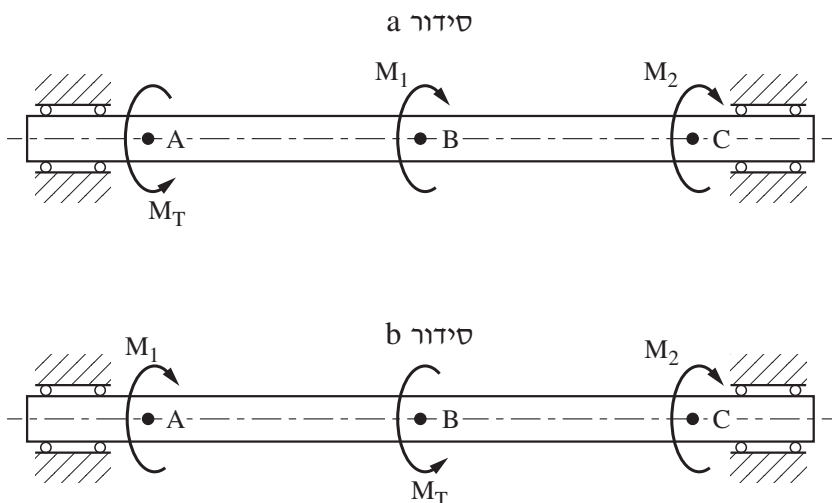
נתונים:

$$M_T = 150 \text{ N}\times\text{m}$$

$$M_1 = 50 \text{ N}\times\text{m}$$

$$M_2 = 100 \text{ N}\times\text{m}$$

$$AB = BC = 0.3 \text{ m}$$



איור לשאלה 3

- א. סרטט מהלך מומנטי פיתול לאורך הגל לכל אחד מהסידורים. איזה סידור טוב יותר מבחינת חוזק הגל? הסבר את תשובתך.

עבור סידור b בלבד:

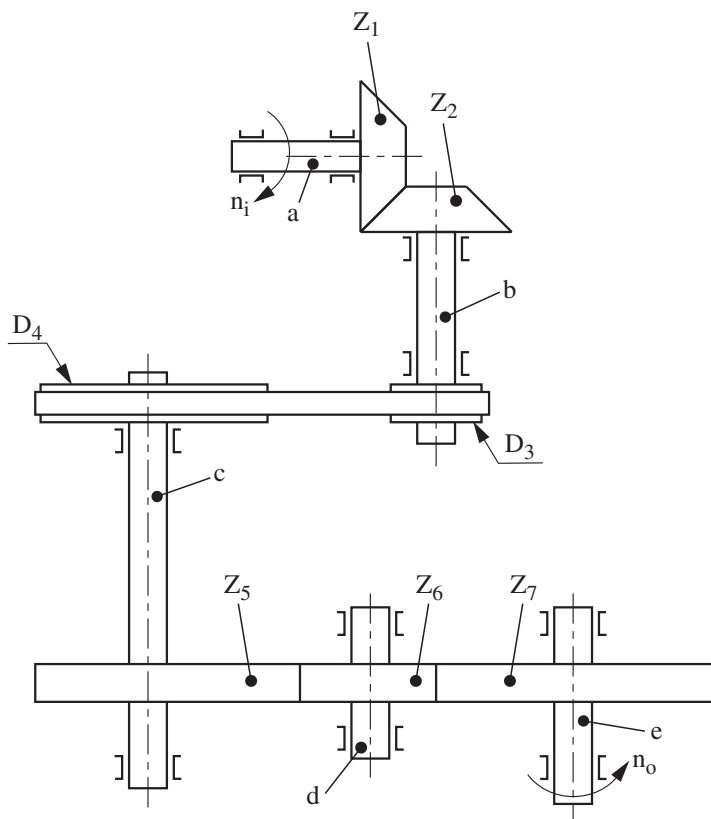
- ב. נתון שחתכו של הגל הוא עיגול מלא לכל אורכו. מאמץ הגזירה המותר בחומר הגל: $[\tau] = 60 \text{ MPa}$. חשב את הקוטר המזערי (המינימלי) של הגל.

- ג. הנח שקוטר הגל הוא 30 mm וחשב את זווית הפיתול של חתך הגל בנקודה C ביחס לחתך הגל בנקודה A. מודול הזיחה של חומר הגל: $G = 80 \text{ GPa}$.

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתוארת ממסרה מכנית משולבת. הממסרה כוללת זוג גלגלי שיניים קוניים, Z_1 ו- Z_2 , זוג גלגלי רצועה, D_3 ו- D_4 , ושלושה גלגלי שיניים גליליים, Z_5 , Z_6 ו- Z_7 . כל אחד מן הגלים של הממסרה נסמך על זוג מסבים. התנועה הסיבובית נמסרת לממסרה בגל הכניסה a וגל היציאה הוא e .



איור לשאלה 4

נתונים:

$n_i = 1,500 \text{ RPM}$	מהירות הסיבוב של גל הכניסה:
$P_o = 20 \text{ kW}$	ההספק בגל היציאה:
$Z_1 = 16 ; Z_2 = 40$	מספר השיניים בגלגלים הקוניים:
$Z_5 = Z_7 = 45 ; Z_6 = 18$	מספר השיניים בגלגלים הגליליים:
$D_3 = 180 \text{ mm} ; D_4 = 450 \text{ mm}$	הקטרים של גלגלי הרצועה:
$\eta_1 = 0.98$	נצילות השילוב בכל זוג של גלגלי שיניים:
$\eta_2 = 0.9$	הנצילות של זוג גלגלי הרצועה:
$\eta_3 = 0.99$	הנצילות של כל זוג מסבים:

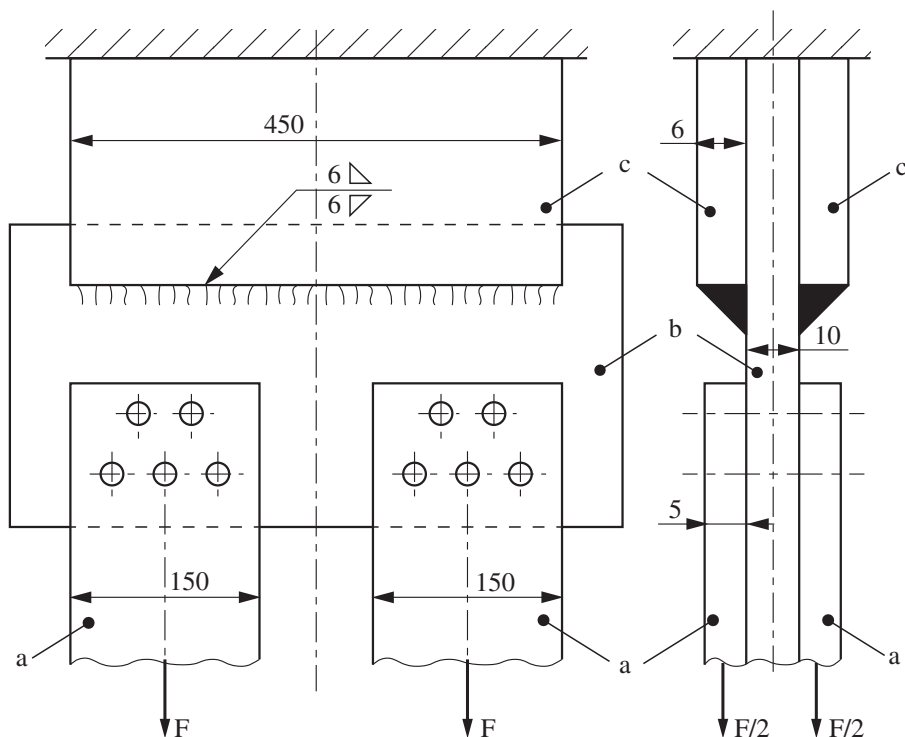
- א. חשב את הנצילות הכוללת של הממסרה ואת יחס התמסורת (ההפחתה) של הממסרה.
- ב. חשב את מהירות הסיבוב של גל היציאה e ואת המומנט בגל הזה.
- ג. חשב את ההספק ואת המומנט בכניסה לממסרה.
- ד. האם מהירויות הסיבוב של הגלים c ו-e זהות? מה תפקידו של גלגל השיניים Z_6 ?

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מבנה שבו ארבעת הלוחות a מחוברים ללוח b באמצעות מסמרות זהות. הלוח b מרותך לשני לוחות c באמצעות שני תפרי ריתוך פינתיים (מילאת). על כל זוג לוחות a פועל כוח: $F = 100 \text{ kN}$. כל הלוחות עשויים מפלדה SAE 1020.

נתונים:

- המאמץ המותר לגזירה בחומר המסמרות: $[\tau] = 100 \text{ MPa}$
- המאמץ המותר למתיחה בחומר הלוחות: $[\sigma_1] = 140 \text{ MPa}$
- המאמץ המותר למעיכה בחומר הלוחות: $[\sigma_{lc}] = 220 \text{ MPa}$
- המאמץ המותר בתפרי הריתוך: $[\tau_s] = 110 \text{ MPa}$



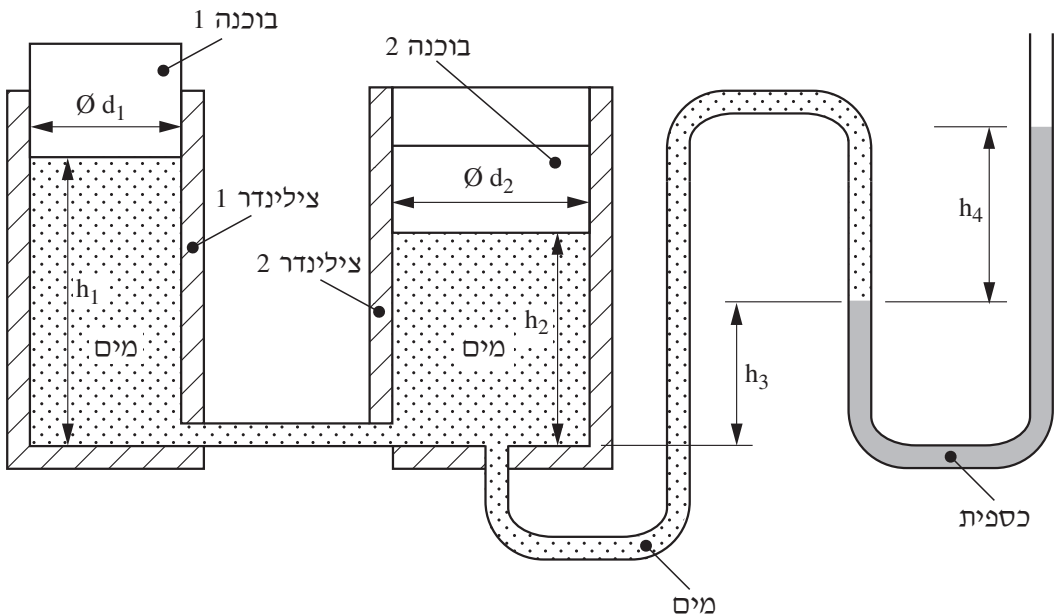
איור לשאלה 5

- א. קבע את הקוטר המזערי הדרוש למסמרות אשר מחברות את הלוחות a ללוח b, בהתאם לתנאי החוזק לגזירה ולתנאי החוזק למעיקה. בחר את הקוטר המתאים, אם עומדות לרשותך מסמרות בקטרים: 8 mm, 10 mm, 12 mm, 16 mm.
- ב. חשב את מאמץ המתיחה המרבי בלוחות a וקבע אם הם יכולים לעמוד בכוחות הפועלים עליהם.
- ג. חשב את המאמץ המרבי בתפרי הריתוך וקבע אם הם יכולים לעמוד בכוחות הפועלים עליהם.
- ד. אם יוחלפו הלוחות בלוחות העשויים פלדה SAE 1050, האם יהיה קל יותר לבצע את הריתוך? נמק את תשובתך.

פרק שלישי: הידרוליקה

שאלה 6

מערכת הידרולית הכוללת שני צילינדרים ושתי בוכנות מתוארת באיור לשאלה 6. לצילינדר 2 מחובר מנומטר. הנוזל במנומטר הוא כספית והנוזל בצילינדרים הוא מים.



איור לשאלה 6

נתונים:

עומק הצילינדר 1 : $h_1 = 30 \text{ cm}$

קוטר הבוכנה 1 : $d_1 = 10 \text{ cm}$

עומק הצילינדר 2 : $h_2 = 20 \text{ cm}$

קוטר הבוכנה 2 : $d_2 = 15 \text{ cm}$

הגובה מתחתית הצילינדר 2 למשטח המפריד

במנומטר בין המים לכספית: $h_3 = 20 \text{ cm}$

הפרש הגבהים במנומטר: $h_4 = 3 \text{ cm}$

המשקל הסגולי של המים: $\gamma_w = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

המשקל הסגולי של הכספית: $\gamma_m = 13.6 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

א. מהו הלחץ המנומטרי P_{2B} על תחתית הצילינדר 2 ?

ב. מהו הלחץ המנומטרי P_{2P} על תחתית הבוכנה 2 ?

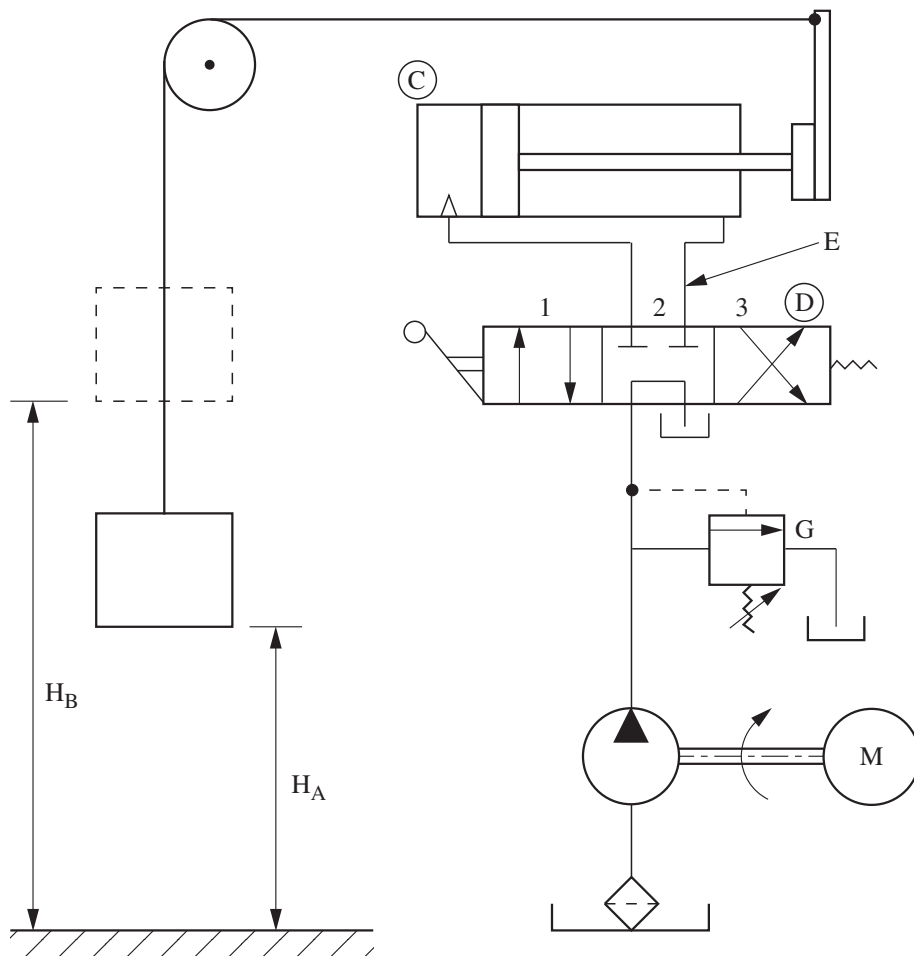
ג. צייר את פילוג הלחצים לגובה הצילינדר 2. ציין בציורך את ערך הלחץ על תחתית הצילינדר 2 ואת ערך הלחץ על תחתית הבוכנה 2.

ד. חשב את משקל הבוכנה 2.

ה. חשב את משקל הבוכנה 1.

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתוארת מערכת הידרולית שתפקידה להעלות מוצר שמשקלו: $W = 500 \text{ N}$, מגובה H_A לגובה H_B באמצעות הבוכנה C. הבוכנה נעה במהירות קבועה. הצינור E מחבר בין היציאה מן הבוכנה בצד מוט הבוכנה לכניסה לשסתום D.



איור לשאלה 7

נתונים:

קוטר הבוכנה: $D = 50 \text{ mm}$

קוטר המוט של הבוכנה: $d = 20 \text{ mm}$

אורך הצינור E: $L_E = 2 \text{ m}$

קוטר הצינור E: $d_E = 8 \text{ mm}$

מהירות הנוזל בצינור E: $v_E = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

המשקל הסגולי של הנוזל ההידרולי במערכת: $\gamma = 0.8 \times 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

הצמיגות הדינמית של הנוזל ההידרולי: $\mu = 0.01 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$

מפל הלחץ על השסתום D מהצינור E לאטמוספירה, בזמן תנועת הבוכנה, הוא: $\Delta P_v = 0.5 \text{ bar}$.

הנח שהלחץ בכניסה לצינור E (במקום חיבור הצינור לבוכנה) שווה ללחץ בבוכנה בצד מוט הבוכנה.

א. חשב את מהירות הבוכנה, v_p .

ב. חשב את הלחץ בבוכנה בצד מוט הבוכנה.

ג. חשב את הלחץ בבוכנה בצד הבוכנה.

ד. האם ייתכן שבזמן פעולת המערכת זרימת הנוזל ההידרולי בשסתום D, במצבים 1 ו-3, תהיה בכיוון הפוך לחיצים המסומנים? נמק את תשובתך.

ה. אם כוח הקפיץ ברכיב G נחלש מאוד, האם תוכל הבוכנה לבצע את הפעולה הנדרשת? נמק את תשובתך.

שאלה 8

מים זורמים ממקל גדול מאוד, A, דרך צינור מדורג (שני קטרים) ויוצאים לאטמוספירה בסילון חופשי, כמתואר באיור לשאלה 8. הפסדי הזרימה זניחים.

נתונים:

גובה מפלס המים במכל A : $H_A = 2 \text{ m}$

גובה הצינור המדורג: $H_B = 1 \text{ m}$

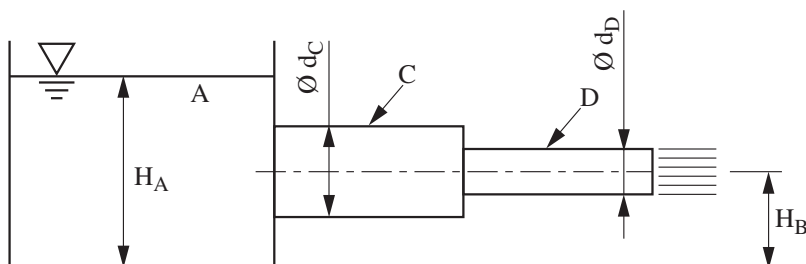
קוטר קטע הצינור C : $d_C = 20 \text{ mm}$

קוטר קטע הצינור D : $d_D = 10 \text{ mm}$

המשקל הסגולי של המים: $\gamma = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

הצמיגות הדינמית של המים: $\mu = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{s}}$

תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



איור לשאלה 8

- א. חשב את מהירות היציאה של סילון המים לאטמוספירה.
- ב. חשב את מהירות המים בקטע הצינור C.
- ג. חשב את הלחץ המנומטרי בקטע הצינור C.
- ד. האם הזרימה בקטע הצינור C היא למינרית או טורבולנטית? נמק את תשובתך באמצעות חישוב.
- ה. חשב את הספיקה הנפחית של המים בצינור המדורג ביחידות של $\frac{\ell}{\text{min}}$.

פרק רביעי: חומרים ועיבודם

שאלה 9

בטבלה שלהלן מוצגים נתונים (L, F) שהתקבלו מניסוי מתיחה (עד לשבר) על דגם סטנדרטי העשוי ממוט פלדה SAE 1030, בעל חתך עגול בקוטר של 11 mm ואורך נבדק של 50 mm.

F(N) כוח	σ (MPa) מאמץ	L(mm) אורך נמדד	ϵ (%) עיבור	דוגמה:
0		50.000		
19,000	200	50.048	0.096	
41,800		50.106		
52,250		53.000		
56,525		57.500		
48,450		64.100		

- א. 1. העתק את הטבלה למחברתך, חשב את ערכי המאמץ (σ) ואת ערכי העיבור (ϵ) והשלם אותם בטבלה. (נתונה שורה לדוגמה ובה תוצאות החישוב של σ ושל ϵ).
2. סרטט גרף מאמץ כנגד עיבור, על סמך הערכים שחישבת.
- ב. חשב את מודול יאנג (E) עבור הפלדה הנבדקת. הצג את תשובתך ביחידות MPa.
- ג. לקוח מעוניין להרכיב במתקן הנדסי מוט העשוי מהפלדה שנבדקה בניסוי המתיחה המתואר בפתח. המוט צריך לעמוד במאמץ מתיחה לאורכו, בטווח שבין 240 (MPa) ל-550 (MPa). קבע אם יש לאשר את הרכבת מוט הפלדה במתקן. נמק את תשובתך.
- ד. קשיות אחידה בשיעור של 170 HB נמדדה בחתך מוט הפלדה לאחר ביצוע חיסום והרפיה. הסבר כיצד ניתן להגדיל את קשיות פני השטח של המוט לערך של 230 HB לעומק של 100 μm מפני השטח של המוט.

פרק חמישי: אנגלית טכנית

שאלה 10

קרא את הקטע שלהלן וענה על השאלות שבנספח לשאלה 10.

Read the following text and answer the questions on the Appendix.

Real Robots

Familiar Star Wars characters are robots named R2-D2 and C-3PO.

R2-D2 communicates electronically in a limited vocabulary of beeps and whistles, but his programming has evolved into a near-human personality. R2-D2 is designed to interface with fighter airplanes and their computer systems, in order to add to the capabilities of the pilots. R2-D2 monitors and diagnoses flight performance, maps and stores hyperspace data, and finds technical errors.

R2-D2 usually teams up with a golden robot named C-3PO who is a protocol robot whose primary functions are understanding and learning about the etiquette of the different cultures as well as translation. C-3PO is particularly versatile, capable of conversing in six million forms of communications, making him almost human in his perceptions and feelings.

Throughout the Star Wars film C-3PO is a foil to R2-D2's jokes, even when C-3PO translates R2-D2's machine speech for the audience. C-3PO was the property of the captain on the spaceship *Tantive IV*, but seems to follow R2-D2 in a relationship akin to those between human children.

הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח והצמד אותו למחברת הבחינה שלך.

בהצלחה!

APPENDIX A

נספח א' (לשאלה 10)

לשאלון 710001, אביב תשע"ו

Activity 1:

The following words are used in the text. For each word mark the correct synonym – a or b:

1. communicate:
 - a. exchange information
 - b. make common
2. versatile:
 - a. focused
 - b. diversified
3. diagnose
 - a. examine
 - b. digest
4. akin to
 - a. similar
 - b. reminded

Activity 2:

Complete the following sentences:

1. R2–D2 programming has evolved into a _____ – _____ personality.
2. C–3PO seems to follow R2–D2 in a manner similar to _____ .

Activity 3:

Answer the following questions:

1. What does R2–D2 use to communicate? _____
2. What are C–3PO's main functions? _____
3. What does R2–D2 interface with? _____

נספח ב': מילון מונחים

לשאלון 710001, אביב תשע"ו

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
piston	Поршень	كَبَّاس	בוכנה
shear	Срез	قَصّ	גזירה
power	Мощность	قدرة	הספק
transfer ratio	Передаточное отношение	نسبة النقل	יחס תמסורת
reaction force	Реакция	قوة ردّ الفعل	כוח תגובה
manometric pressure	Манометрическое давление	ضغط مانومتر	לחץ מנומטרי
yield stress	Предел текучести	إجهاد الخضوع	מאמץ כניעה
allowable stress	Допустимое напряжение	الجهد المسموح	מאמץ מותר
torque	Крутящий момент	عزم الدوران	מומנט פיתול
rivet	Заклепка	دسار / لقمة	מסמרה
local compression	Смятие	هَرَس / تحطّم	מעיקה
factor of safety	Коэффициент безопасности	مُعَامِل الأمان	מקדם בטיחות
static coefficient of friction	Коэффициент Трения покоя	مُعَامِل الاحتكاك الإستاتي	מקדם חיכוך סטטי
specific weight	Удельный вес	الوزن النوعي	משקל סגולי
tension	Растяжение	شدّ	מתיחה
efficiency	Эффективность	الكفاءة	נצילות
free jet	Свободная струя	الدفق النفاث الحرّ	סילון חופשי
volume flow	Объем жидкости в единицу времени	الضخّ الحجمي	ספיקה נפחית
relative strain	Относительная деформация	إقحام	עיבור

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
dynamic viscosity	Динамическая вязкость	لزوجة ديناميكية	צמיגות דינמית
density	Плотность	كثافة	צפיפות