

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, מחשבון בעל תצוגה של אותיות וספרות בלבד.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את השאלון כולו 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 14 עמודים ו-4 עמודי נספח.

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

בהצלחה!

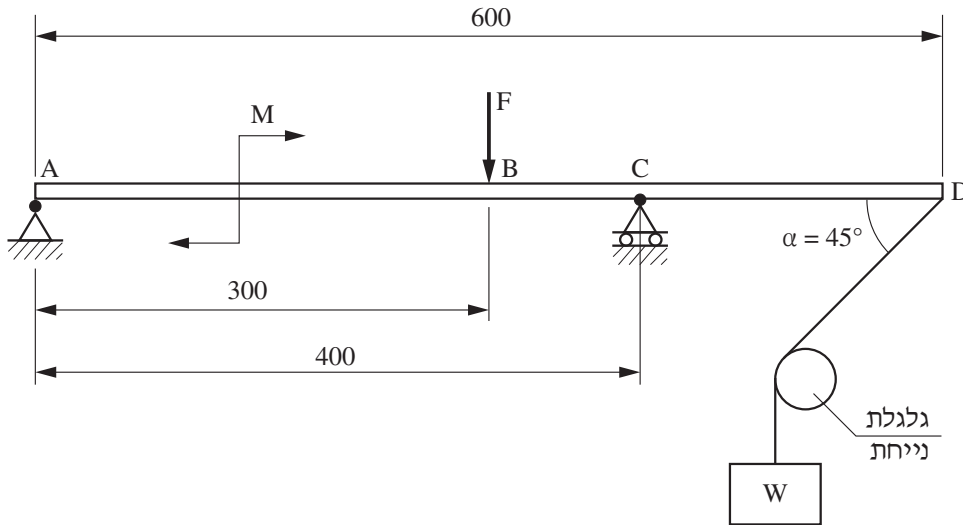
השאלות

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-הכל עליך לענות על חמש שאלות (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: סטטיקה וחוזק חומרים במכונות

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתוארת קורה ABCD הנתמכת על ידי סמך ניח A וסמך ניד C.
על הקורה פועל בנקודה B כוח מרוכז $F = 20 \text{ N}$, וכן פועל עליה מומנט $M = 5 \text{ Nm}$ כמתואר באיור.
בנקודה D מחובר לקורה חוט חסר מסה, אשר בקצהו השני תלויה משקלת שמשקלה $W = 7.07 \text{ N}$.
יש להזניח את המשקל העצמי של הקורה.
כל מידות האורך באיור נתונות במילימטרים.

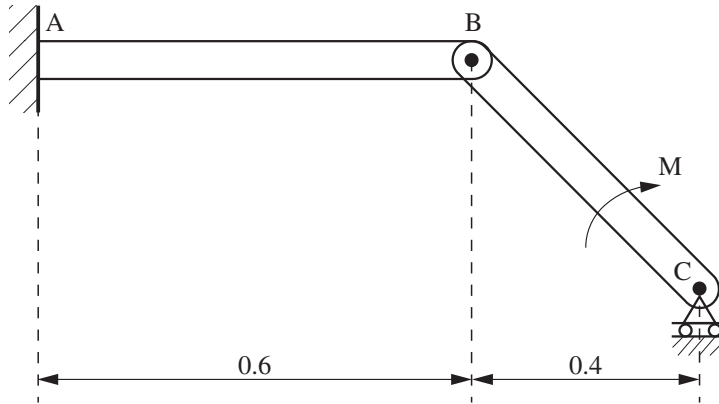


איור לשאלה 1

- 4 נק') א. סרטט דיאגרמת גוף חופשי (ד.ג.ח) לקורה ABCD. סמן בסרטוט את הכוחות, את המומנטים ואת כוחות התגובה המתאימים.
- 8 נק') ב. חשב את הערכים של כוחות התגובה בסמכים, וסמן את כיוונם.
- 8 נק') ג. חשב את הקוטר המינימלי (d) הנדרש לחוט. נתון שהמאמץ המותר של החומר שממנו עשוי החוט הוא $[\sigma] = 5 \text{ MPa}$.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתוארת קורה AB הרתומה לקיר בנקודה A. הקורה מחוברת למוט BC באמצעות פין B. המוט BC נתמך על ידי סמך נייד C. על המוט BC פועל מומנט $M = 200 \text{ Nm}$. הקורה והמוט מצויים בשיווי משקל. הזנח דפורמציות ושקיעות של הקורות. כל המידות באיור נתונות במטרים.

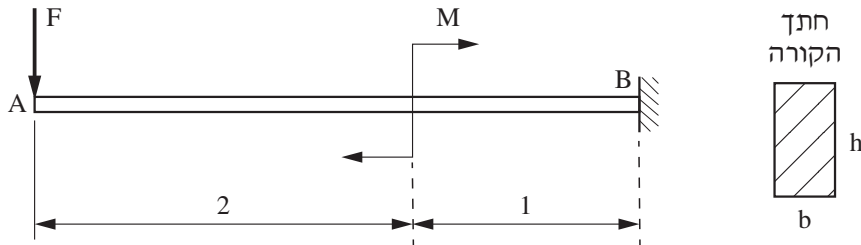


איור לשאלה 2

- א. (8 נק') סרטט ד.ג.ח לקורה AB ולמוט BC. סמן בכל אחד מהסרטוטים את הכוחות, את המומנטים ואת כוחות התגובה המתאימים.
- ב. (6 נק') חשב את הערכים של הכוחות שהפין B מפעיל על המוט BC.
- ג. (6 נק') חשב את הערכים של התגובות בריתום A (כוחות ומומנטים).

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתוארת קורה אחידה AB הרתומה לקיר בנקודה B. בנקודה A פועל כוח מרוכז $F = 20 \text{ kN}$. על הקורה פועל מומנט $M = 40 \text{ kN}\cdot\text{m}$ כמתואר באיור. הקורה בעלת חתך מלבני מלא, וגובה החתך גדול פי 2 מרוחב החתך ($h = 2b$). המאמץ המותר של החומר שממנו עשויה הקורה הוא $[\sigma] = 160 \text{ MPa}$. כל המידות באיור נתונות במטרים.



איור לשאלה 3

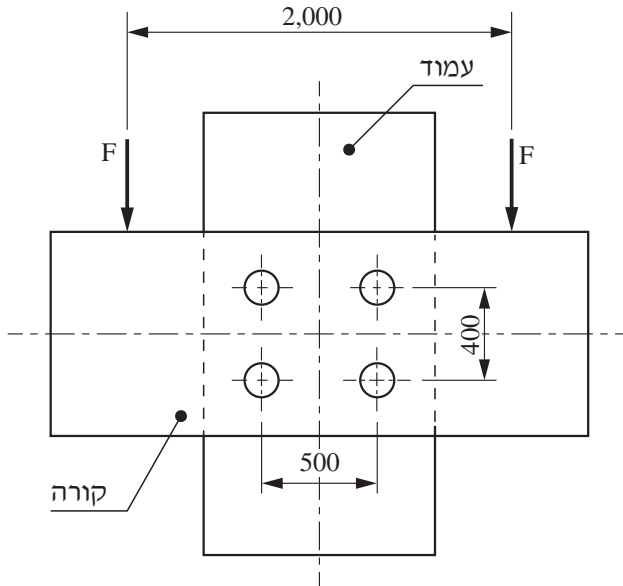
- א. (6 נק') חשב את הערכים של התגובות בריתום B (כוחות ומומנטים).
- ב. (8 נק') סרטט במחברתך את מהלך כוחות הגזירה ואת מהלך מומנטי הכפיפה לאורך הקורה, וסמן בסרטוט את מיקום החתך המסוכן בקורה.
- ג. (6 נק') חשב את המידות של חתך הקורה, אם ידוע שהקורה עומדת בתנאי החוזק לכפיפה.

פרק שני: חלקי מכונות

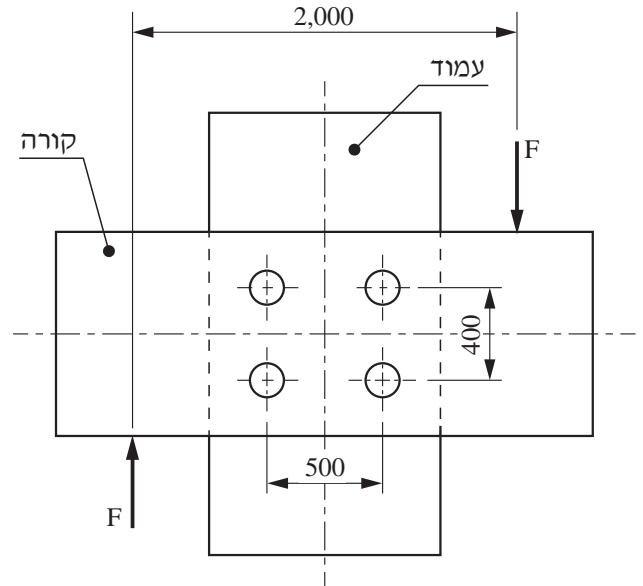
שאלה 4

האיורים א' ו-ב' לשאלה 4 מתארים שני מצבים של קורה הממוסמרת לעמוד באמצעות ארבע מסמרות זהות. על הקורה מופעלים שני כוחות F חיצוניים השווים בגודלם.

כל המידות באיורים נתונות במילימטרים.



איור ב' לשאלה 4



איור א' לשאלה 4

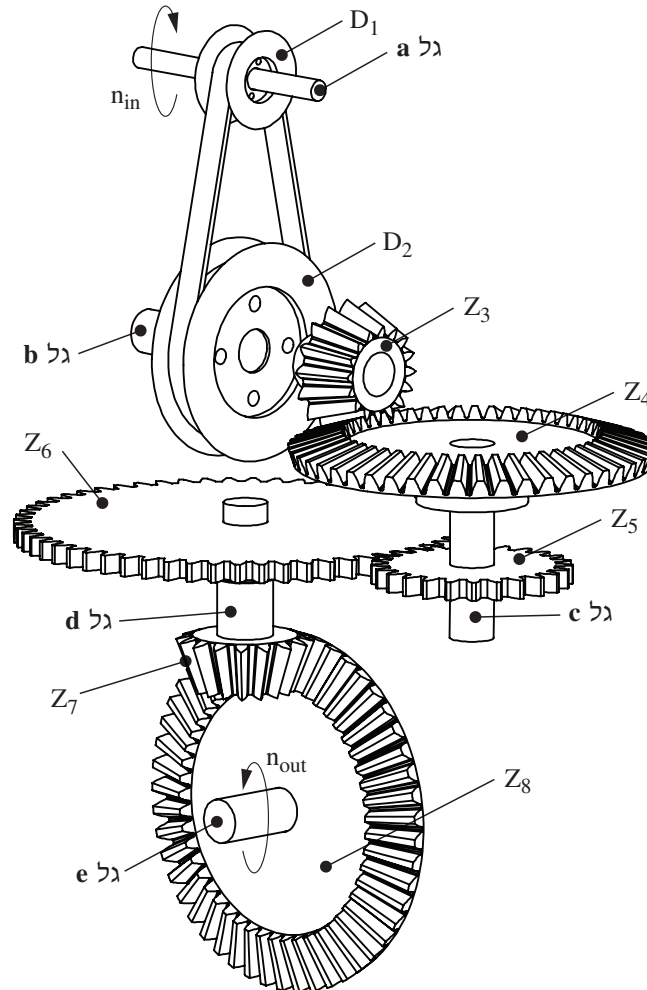
נתונים:

- הכוח החיצוני: $F = 2 \text{ kN}$
- מאמץ הגזירה המותר של חומר המסמרות: $[\tau_s] = 120 \text{ MPa}$
- מאמץ המעיכה המותר של חומר המסמרות: $[\sigma_{lc}] = 280 \text{ MPa}$
- עובי הקורה: $t = 10 \text{ mm}$
- לרשותך מסמרות בקטרים אלו: $4 \text{ mm}, 5 \text{ mm}, 6 \text{ mm}, 8 \text{ mm}$
- הזנח את המשקל העצמי של הקורה ושל העמוד.

- 9 נק') א. עבור המצב המתואר באיור א', חשב את הקוטר המינימלי הדרוש למסמרה כדי שתעמוד בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה. בחר את המסמרה המתאימה מבין המסמרות הנתונות.
- 9 נק') ב. עבור המצב המתואר באיור ב', חשב את הקוטר המינימלי הדרוש למסמרה כדי שתעמוד בתנאי החוזק לגזירה ולמעיכה. בחר את המסמרה המתאימה מבין המסמרות הנתונות.
- 2 נק') ג. השימוש במסמרה משוקעת-ראש נפוץ מאוד בייצור כלי טיס. ציין יתרון אחד וחיסרון אחד לשימוש בסוג מסמרה זה.

שאלה 5

באיור א' לשאלה 5 מתוארת מערכת להעברת הספק. מערכת זו מורכבת מממסרת רצועה בעלת שני גלגלים D_1 ו- D_2 , ושלוש ממסרות הבנויות מזוגות של גלגלי שיניים: Z_3 ו- Z_4 ; Z_5 ו- Z_6 ; Z_7 ו- Z_8 . גל הכניסה וגל היציאה מאונכים זה לזה.



איור א' לשאלה 5

נתונים:

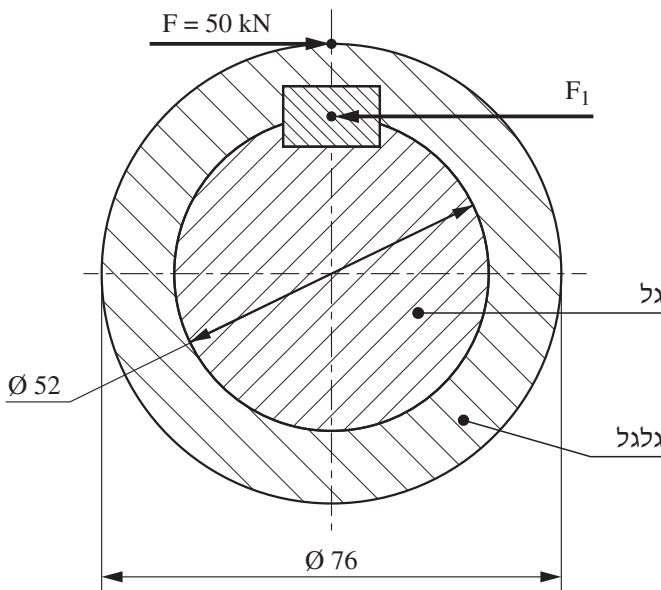
- מהירות הסיבוב של גל הכניסה a: $n_{in} = 1,500 \text{ RPM}$
- מהירות הסיבוב של גל c: $n_c = 400 \text{ RPM}$
- הקוטר של גלגלי הרצועה: $D_2 = 210 \text{ mm}$, $D_1 = 90 \text{ mm}$
- מספר השיניים של גלגלי השיניים: $Z_8 = 100$, $Z_7 = 45$, $Z_6 = 90$, $Z_5 = 25$, $Z_3 = 28$

- (3 נק') א. חשב את מספר השיניים של גלגל השיניים הקוני '4', Z_4 .
- (4 נק') ב. חשב את יחס התמסורת הכללי של המערכת.
- (3 נק') ג. חשב את מהירות הסיבוב של גל היציאה e.
- (3 נק') ד. באיזו ממסרה קטנת מימדים, ניתן להחליף את המערכת המתוארת באיור לשאלה זו? הסבר בקצרה. התייחס בהסבר ליחס התמסורת ולמיקום הצירים של גלי ההינע.

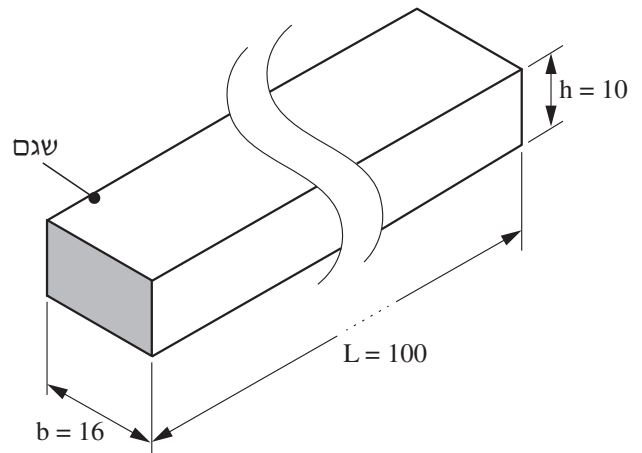
באיור ב' לשאלה 5 מתוארים איזומטריה וחתך של שגם חיבור המחבר בין גל ובין גלגל.

הכוח $F = 50 \text{ kN}$ הוא כוח **חיצוני** משיקי הפועל על פני הגלגל. כוח זה מפעיל מומנט סיבוב, המועבר מהגלגל לגל באמצעות השגם ומסובב את הגל במהירות קבועה.

כל המידות באיור נתונות במילימטרים.



איור ב' לשאלה 5



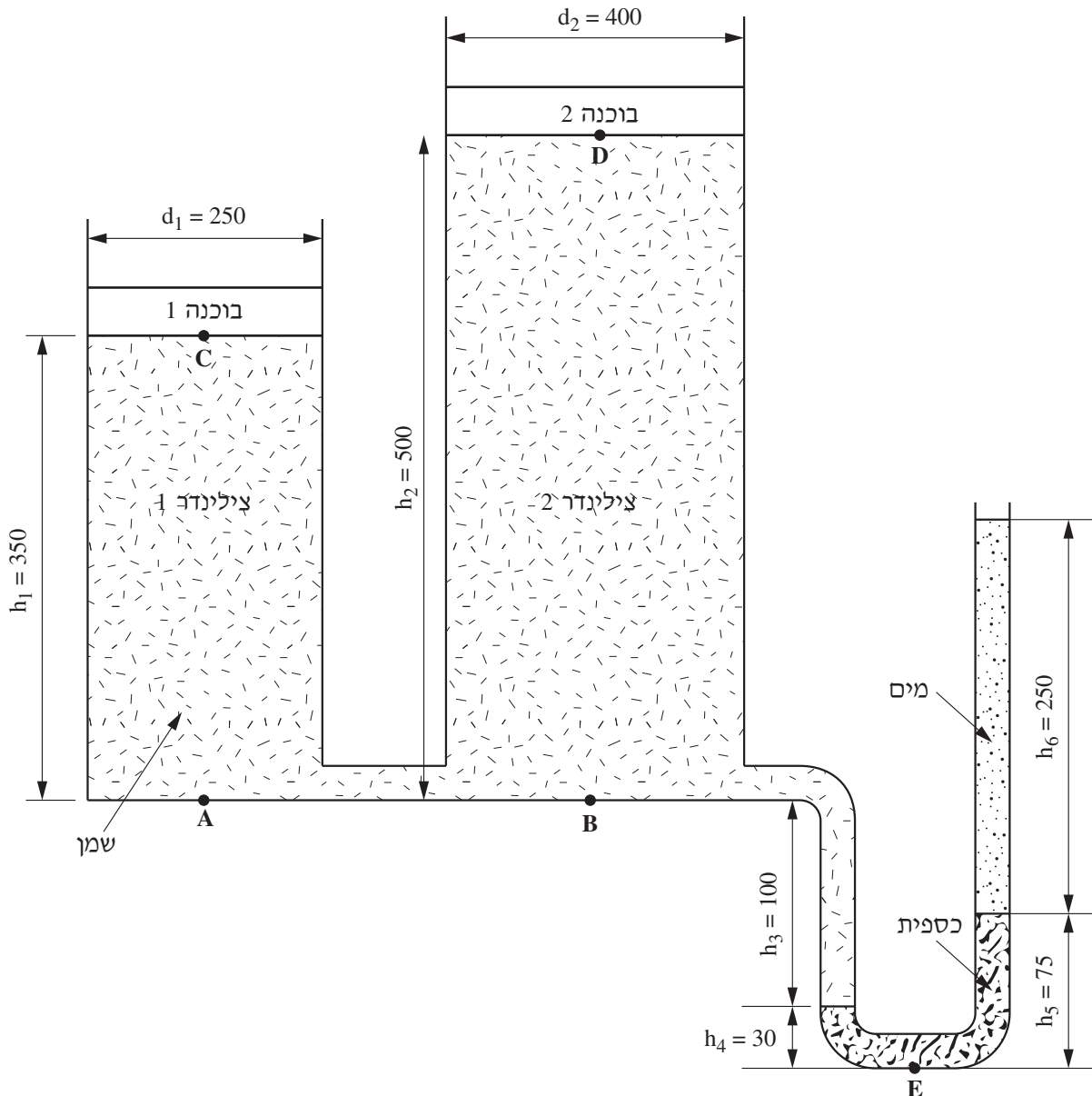
(7 נק') ה.

1. (3 נק') חשב את הכוח F_1 , הפועל על השגם כתוצאה של פעולת הכוח החיצוני F.
2. (4 נק') בדוק, באמצעות חישוב, אם השגם יעמוד בחוזק למאמץ מעיכה. נתון שמאמץ המעיכה המותר לחומר השגם הוא $[\sigma_{ic}] = 180 \text{ MPa}$.

פרק שלישי: הידראוליקה

שאלה 6

באיור לשאלה 6 מתואר חתך של מערכת הידראולית המורכבת משני צילינדרים בעלי קטרים שונים שבהם פועלות בוכנות המסוגלות לנוע ללא חיכוך. הצילינדרים מלאים בשמן ומחוברים זה לזה. אל תחתית הצילינדרים מחובר מנומטר המכיל כספית ומים. כל המידות באיור נתונות במילימטרים.



איור לשאלה 6

נתונים:

- המשקל הסגולי של מים: $\gamma_{\text{מים}} = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- המשקל הסגולי של שמן: $\gamma_{\text{שמן}} = 0.8 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- המשקל הסגולי של כספית: $\gamma_{\text{כספית}} = 13.6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

(4 נק') א. חשב את הלחץ הפועל על תחתית צילינדר 1 (נקודה A באיור).

(6 נק') ב.

1. חשב את הלחץ המנומטרי הפועל על תחתית בוכנה 1 (נקודה C באיור).

2. חשב את משקל בוכנה 1.

(6 נק') ג.

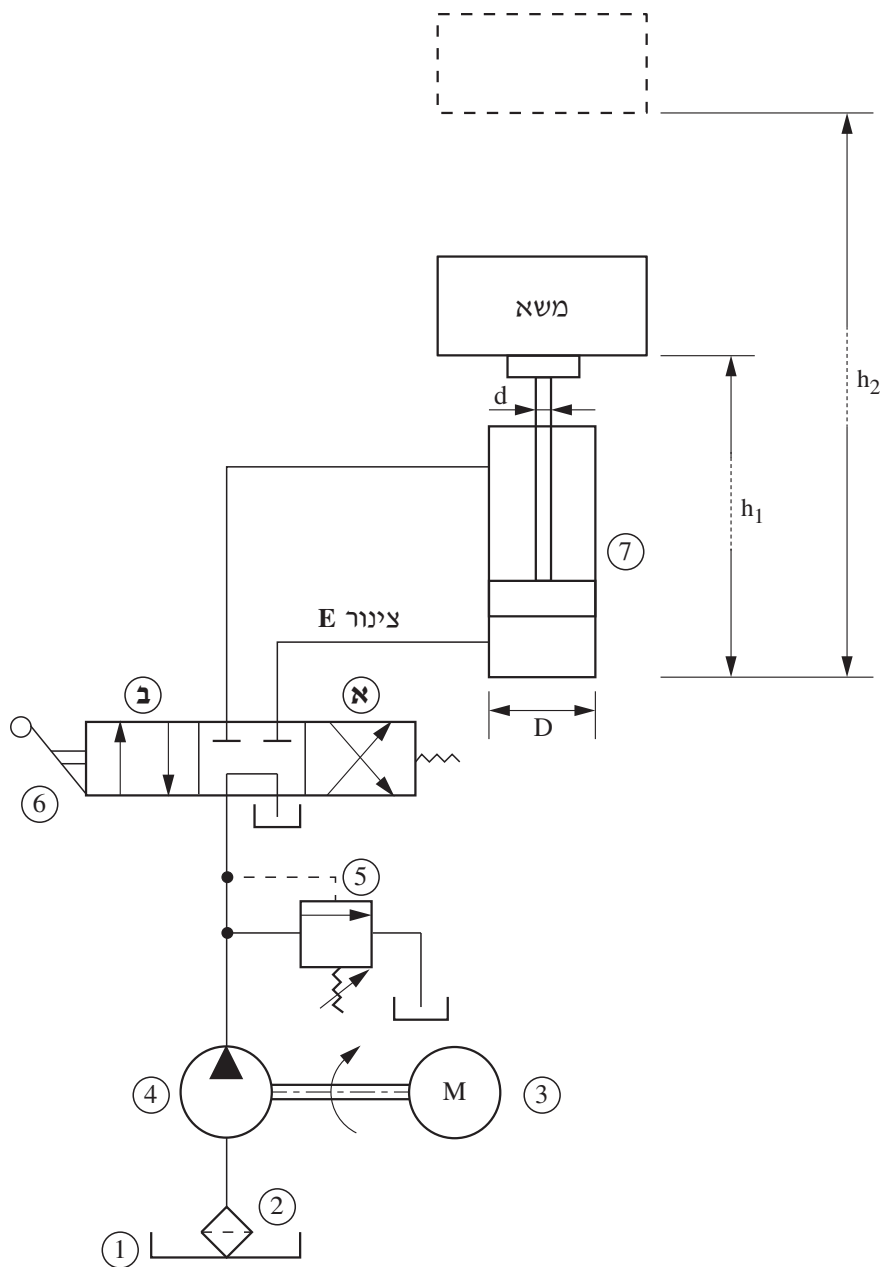
1. חשב את הלחץ המנומטרי הפועל על תחתית בוכנה 2 (נקודה D באיור).

2. חשב את משקל בוכנה 2.

(4 נק') ד. חשב את הלחץ המנומטרי הפועל על תחתית המנומטר (נקודה E באיור).

שאלה 7

באיור לשאלה 7 מתוארת מערכת הידראולית המופעלת באמצעות שמן. המערכת משמשת להרמת משא שמשקלו W , במהירות קבועה.



איור לשאלה 7

נתונים:

- הגובה ההתחלתי של המשא: $h_1 = 0.5 \text{ m}$
- הגובה הסופי של המשא: $h_2 = 2 \text{ m}$
- זמן עליית המשא מגובה התחלתי לגובה סופי: $t = 30 \text{ s}$
- קוטר הבוכנה: $D = 70 \text{ mm}$
- קוטר מוט הבוכנה: $d = 40 \text{ mm}$
- הלחץ בחלק התחתון של הבוכנה: $P_1 = 0.35 \text{ MPa}$
- הלחץ בחלק העליון של הבוכנה: $P_2 = 0.15 \text{ MPa}$
- משקל הבוכנה עם מוט הבוכנה יחד: $W_{\text{בוכנה}} = 20 \text{ N}$
- כוח החיכוך הפועל על הבוכנה: $f_{\text{חיכוך}} = 50 \text{ N}$
- צפיפות השמן: $\rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- הצמיגות הדינמית של השמן: $\mu = 0.01 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

2 נק') א. מהו מסלול הזרימה של השמן מהמשאבה במצב המתואר באיור? הסבר את תשובתך באופן מילולי.

1 נק') ב. השלם במחברתך: יש להזיז את השסתום למצב ____ (א) / (ב) על מנת להרים את המשא.

הזיזו את השסתום למצב שבו המערכת מתחילה להרים את המשא.

6 נק') ג. חשב את משקל המשא המרבי W שניתן להרים באמצעות המערכת המתוארת.

4 נק') ד. חשב את הספיקה הנפחית של השמן המוזרם לחלקו התחתון של הצילינדר, על מנת להרים את המשא בזמן הנדרש. בטא את תשובתך ביחידות $\frac{\text{liter}}{\text{s}}$.

4 נק') ה. הצינור E מחבר את שסתום הפיקוד אל החלק התחתון של הצילינדר.

מזרימים דרך צינור E שמן בספיקה של $Q_E = 0.000192 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.

קוטר הצינור הוא $d_E = 20 \text{ mm}$, ואורכו הוא $L_E = 3 \text{ m}$.

האם הזרימה בצינור זה היא למינרית או טורבולנטית? נמק את תשובתך באמצעות חישוב.

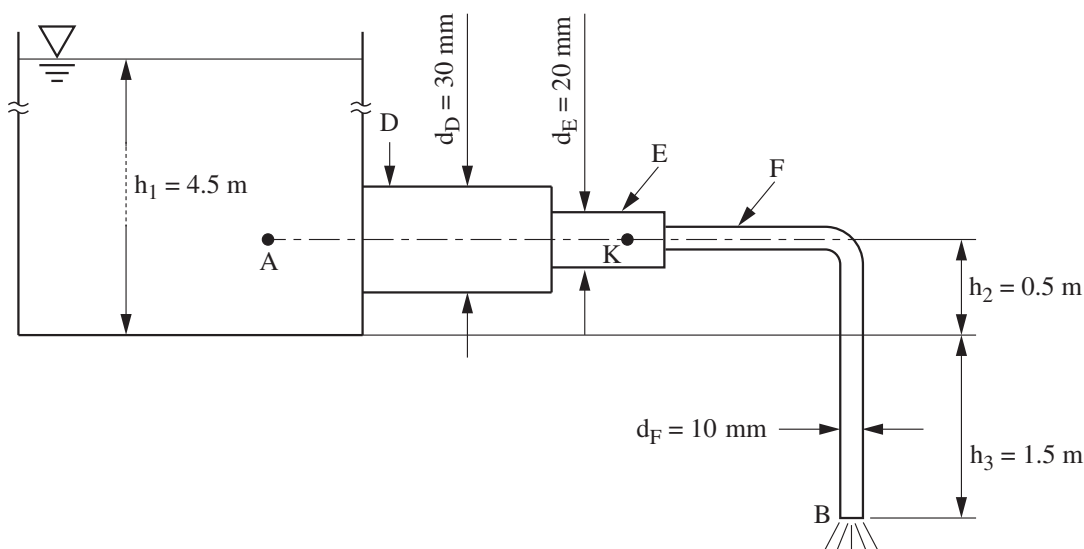
3 נק') ו. חשב את הלחץ בכניסה לצינור E (ביציאה מהשסתום) הדרוש להרמת המשא בתנאים שבסעיפים הקודמים.

התחשב בהפסדי לחץ אורכיים בלבד, והזנח הפסדים מקומיים.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתוארת מערכת הידראולית. במערכת זורמים המים ממיכל גדול מאוד, דרך צינור מדורג בעל שלושה קטרים. המים יוצאים לאטמוספירה כסילון חופשי, בנקודה B.

הנח שהפסדי הזרימה זניחים.



איור לשאלה 8

נתונים:

– המשקל הסגולי של מים: $\gamma_{\text{מים}} = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

– הצמיגות הדינמית של מים: $\mu = 0.001 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

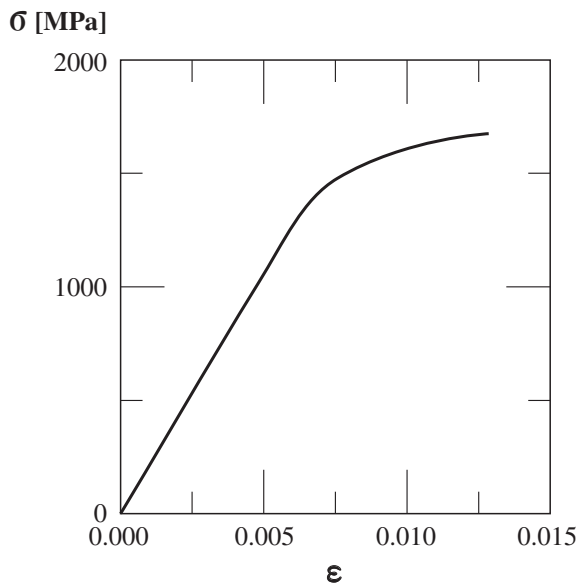
– תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

- 5 נק' א. חשב את מהירות היציאה של סילון המים לאטמוספירה בנקודה B.
- 3 נק' ב. חשב את הספיקה הנפחית של המים היוצאים בסילון. בטא את תשובתך ביחידות $\frac{\text{liter}}{\text{s}}$.
- 3 נק' ג. חשב את מהירות המים בקטע הצינור D.
- 5 נק' ד. חשב את הלחץ המנומטרי בנקודה K.
- 4 נק' ה. האם הזרימה בכל הצינור היא למינרית או טורבולנטית? נמק את תשובתך באמצעות חישוב.

פרק רביעי: חומרים ועיבודם

שאלה 9

באיור לשאלה 9 מוצג גרף המתאר מאמץ (Stress) כנגד מעוות (Strain) על-פי מבחן מתיחה שנעשה למוט מסויים. הגרף מציג את התחום האלסטי וחלק מהתחום הפלסטי.



איור לשאלה 9

- א. (4 נק') חשב את מודול האלסטיות (Young's Modulus) של חומר המוט.
 ב. (8 נק') על מוט פלדה שמודול האלסטיות שלו 210 GPa הופעל כוח מתיחה שגודלו 30,000 N. מהפעלת כוח זה התקבל מעוות בשיעור של 0.0025. חשב את קוטרו של מוט הפלדה.

- ג. (8 נק') מוט פלדה אחר עבר תהליך של חיסום והרפיה.

לפניך חמישה גדלים פיזיקליים שונים:

- מאמץ כניעה σ_y
- מאמץ מתיחה מקסימלי σ_{UTS}
- מעוות בשבר ϵ_f
- מודול האלסטיות E
- קשיות רוקוול HRC

העתק למחברתך את **חמשת** הגדלים הפיזיקליים, וציין מה צפוי שיקרה לכל אחד מהם בעקבות תהליך החיסום וההרפיה – האם הוא יגדל, יקטן או יישאר ללא שינוי? נמק בקצרה.

פרק חמישי: אנגלית טכנית

שאלה 10

קרא את הקטע שבנספח א' וענה במחברתך על השאלות a – j .
אין להעתיק את השאלות, אך יש למספר את התשובות לפי מספרי השאלות.
מותר לענות בעברית על כל השאלות.

Questions

- a. (Paragraph A) In what form is the power transmitted to the wheels?
- b. (Paragraph B) State at least **THREE** functions of a transmission.
- c. (Paragraph C) On which physical principle does a dry clutch operate?
- d. (Paragraph C) Name **TWO** functions of a gearbox.
- e. (Paragraph C) What **TWO** purposes does a universal joint serve?
- f. (Paragraph C) What is the name of the device that enables the different speeds of the driving wheels while turning?
- g. (Paragraphs C, E) State **TWO** differences in functioning of a dry clutch and a torque converter.
- h. (Paragraphs C, E) Are the following statements **TRUE** or **FALSE**?
 - h.1. An automatic transmission relies on an electronic control system, while the manual one has no such system .
 - h.2. The driver of a manual transmission vehicle engages the neutral position without stepping on the clutch pedal.
 - h.3. The manual gearbox and the planetary gear system are identical.
 - h.4. There are no similar units in the manual and the automatic transmission.
 - h.5. The unit connecting a gearbox with the rest of a powertrain is called a drive shaft.
- i. (Paragraph D) What are the **THREE** main advantages of a manual transmission vehicle?
- j. (Paragraph F) What are the **TWO** main advantages of an automatic transmission vehicle?

בהצלחה!

Automobile Transmission

- A. Transmission (or transmission system, power train) of an automobile is a mechanism that transmits power from the engine in the form of torque and rotational speed to the driving wheels. It is composed of several units, which, in turn, are very complex. Each unit serves a different purpose.
- B. When you start the engine, the vehicle is not moving, so there must be some device that disconnects the engine and the driving parts.

The engine turns very quickly while the rotational speed of the driving wheels could be very slow. It calls for a device that enables variation in wheels rotation speed relatively to a given engine speed. Conversely, to start from rest – the wheels must be turned by a much greater torque than the engine is able to provide. How is this problem solved?

Are the driving wheels mounted directly on the crankshaft? Certainly not, so a drive shaft must exist. Is this shaft aligned with the engine shaft? Hard to imagine, so there must be a link that allows for the difference in height and absorbs shock and vibration.

When a vehicle moves on a straight path, its driving wheels are rotating in equal speed. But what occurs while turning? There must be a mechanism that allows the wheels to rotate in different speeds while the power supply continues.

Usually we speak about two types of transmissions: manual and automatic.

- C. The typical structure of a manual transmission consists of:

- Clutch (usually, dry type). Based upon a friction that connects the engine crankshaft to the drive shaft. To disconnect them, the driver must press the pedal.
- Gearbox (usually constructed of helical gears). Its prime function is transforming engine's rotational speed and corresponding torque to make them suitable for the driving conditions. The driver manually shifts lever which, in turn, engages suitable gears, including reverse pinion and neutral position, by the mechanical connections.

For example, for starting from the rest, the driver must select high torque and low/minimum speed 1st gear, for a steep incline the 2nd gear is the best choice, and for a highway the highest 4th or 5th gear allows the maximum speed (but with minimum wheels torque). While shifting gears, the engine must be disengaged from the drive shaft.

- Drive shaft connects the transmission and the differential by using two universal joints allowing for height differences and able to absorb shocks.
- The differential is connected to the driving wheels, which allows for different speeds of them.

- D. The advantages of manual transmission are: reduced production cost, less maintenance required, fuel economy (because of higher mechanical efficiency). It also offers the driver more control of the vehicle. The disadvantage: this type of transmission requires better skills and more attention of the driver.
- E. The most popular structure of an automatic transmission includes:
- Fluid coupling (torque converter) instead of a dry clutch, operates automatically through hydraulic forces provided by transmission oil and controlled by an electronic system engaging oil pumps. This process changes the engine's torque and speed, and also engages and disengages the engine without intervention of the driver in accordance to the driving condition.
 - Planetary gear system (in place of a gearbox), sometimes in two sets, provides wide range of gear ratios (reduces rotational speed and multiplies torque). Also operates automatically by the means of an electronic controller and transmission oil. It is different in construction from a traditional gearbox.
 - The rest of the driving transmission is identical to the manual type.
- F. The main advantage of the automatic transmission: it is much easier to operate by a less skilled driver – could be operated even by a person with only one foot. The disadvantages are higher cost, higher level of maintenance required and a tendency to develop problems in the electronic control system, and the fuel consumption is higher.

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	מעיצה מקומית
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

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
relative strain	Относительная деформация	إقحام	עיבור יחסי
dynamic viscosity	Динамическая вязкость	لزوجة ديناميكية	צמיגות דינמית
density	Плотность	كثافة	צפיפות