

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים
מועד הבחינה: אביב תשפ"א, 2021
סמל השאלון: 710001
נספחים: א. קטע קריאה לשאלה 10
ב. מילון מונחים

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 חמש שאלות לפי בחירתך, מכל השאלון.
לכל שאלה – 20 נקודות, סך-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 13 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

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

בהצלחה!

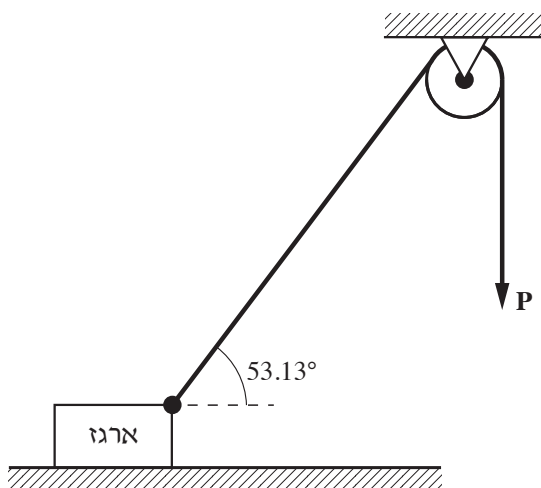
השאלות

בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות.
עליך לענות על חמש שאלות לפי בחירתך, מכל השאלון (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: סטטיקה וחוזק חומרים במכונות

שאלה 1

באיור לשאלה זו נתון ארגז בעל מסה של 20 kg , המונח על משטח אופקי מחוספס. מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז למשטח הוא $\mu_s = 0.5$. מנסים להזיז את הארגז בעזרת כוח לא ידוע P , המופעל על חבל חסר מסה. התייחס לארגז כאל נקודה חומרית.

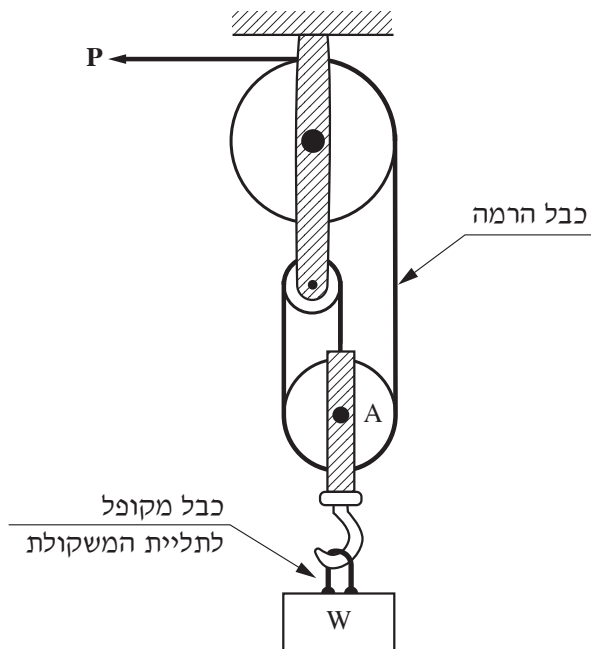


איור לשאלה 1

- (12 נק') א. נתון כי הארגז נמצא במנוחה ובשיווי משקל, אך על סף תזוזה.
1. (6 נק') סרטט דג"ח (דיאגרמת גוף חופשי) של הארגז.
 2. (6 נק') חשב את גודלו של הכוח P .
- (8 נק') ב. במקום הכוח שחישבת בסעיף הקודם מפעילים כוח בגודל $P = 400 \text{ N}$.
1. (6 נק') הוכח, על-ידי חישוב הכוח הנורמלי N , שהארגז לא נשאר צמוד למשטח.
 2. (2 נק') מהו ערכו של כוח החיכוך במקרה זה?

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת של כבל וגלגלות. המשקולת W מוחזקת בשיווי משקל בעזרת הכוח P .



איור לשאלה 2

נתונים:

- מאמץ הכניעה של חומר הכבל: $\sigma_y = 300 \text{ MPa}$
- מקדם הבטיחות הנדרש במערכת: $[S] = 6$
- משקל הגלגלת A (כולל זו ההרמה): $W_A = 250 \text{ N}$
- משקל המשקולת: $W = 1,250 \text{ N}$

8 נק' א.

5 נק' 1. סרטט דג"ח של המשקולת W ושל הגלגלת A.

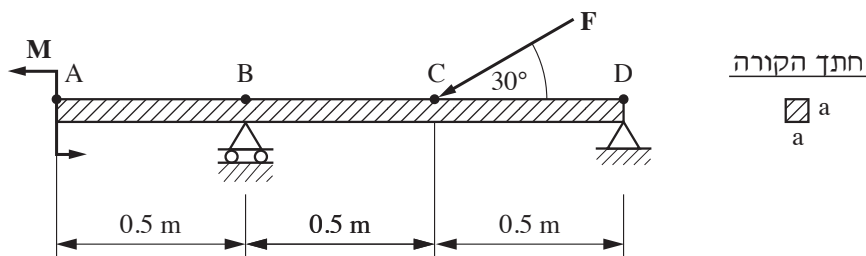
3 נק' 2. חשב את כוח המתיחה P בכבל ההרמה.

6 נק' ב. נתון שכוח המתיחה P בכבל ההרמה הוא 500 N , ומספר הסיבים בכבל ההרמה הוא 40. חשב את קוטרו המינימלי של כל סיב.

6 נק' ג. המשקולת W תלויה על זו ההרמה באמצעות כבל **מקופל** העשוי מאותו חומר שממנו עשוי כבל ההרמה. קוטר של כל סיב בכבל המקופל הוא 0.5 mm . חשב את מספר הסיבים המינימלי בכבל המקופל.

שאלה 3

באיור לשאלה זו מתוארת קורת פלדה ABCD בעלת חתך ריבועי. הקורה נתמכת על-ידי שני סמכים: B (סמך נייד) ו-D (סמך נייד). בנקודה A פועל מומנט טהור שגודלו $M = 3 \text{ kN} \cdot \text{m}$. בנקודה C פועל כוח שגודלו $F = 12 \text{ kN}$, בזווית 30° לקורה. המאמץ המותר של חומר הקורה הוא $[\sigma] = 120 \text{ MPa}$.



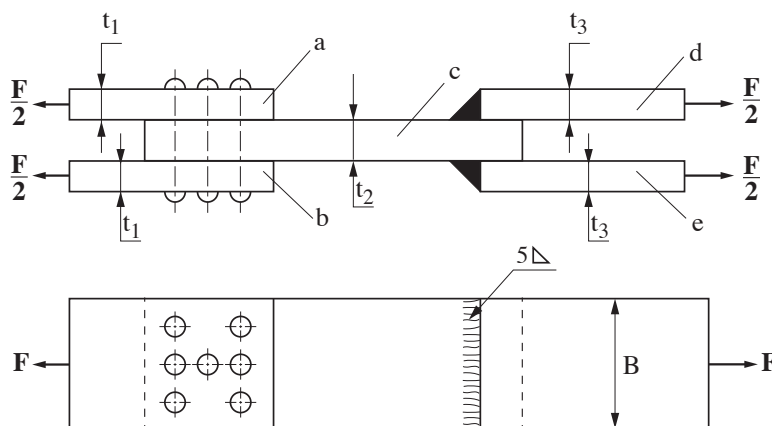
איור לשאלה 3

- א. (7 נק') חשב את כוחות התגובה בסמכים B ו-D.
- ב. (7 נק') סרטט במחברתך את מהלך כוחות הגזירה ואת מהלך מומנטי הכפיפה לאורך הקורה.
- ג. (6 נק') 1. סמן בסרטוט את מיקום החתך או החתכים המסוכנים לכפיפה.
2. מצא את המידה המינימלית של צלע החתך a בהתאם לתנאי החוזק לכפיפה. (4 נק')

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 4

באיור לשאלה זו מתואר בשני מבטים מִחֶבֶר הַפָּיָה, המורכב מחמישה פחים (a,b,c,d,e) שמחוברים זה לזה על-ידי שני תפרי ריתוך מסוג מילאת ושבע מסמרות.



איור לשאלה 4

נתונים:

- קוטר כל אחת מהמסמרות: $d = 5 \text{ mm}$
- עובי כל אחד מהפחים a , b : $t_1 = 8 \text{ mm}$
- עובי הפח c : $t_2 = 10 \text{ mm}$
- עובי כל אחד מהפחים d , e : $t_3 = 5 \text{ mm}$
- רוחב כל פח: $B = 80 \text{ mm}$
- המאמץ המותר של חומר הריתוך: $[\tau_w] = 70 \text{ MPa}$
- מאמץ הגזירה המותר של חומר המסמרות: $[\tau] = 80 \text{ MPa}$
- מאמץ המעיכה המותר של חומר המסמרות: $[\sigma_{lc}] = 140 \text{ MPa}$
- מאמץ המתיחה המותר של חומר הפחים: $[\sigma_t] = 120 \text{ MPa}$

6 נק') א. חשב את הכוח המרבי, F , ששני תפרי הריתוך יחד מסוגלים לשאת.

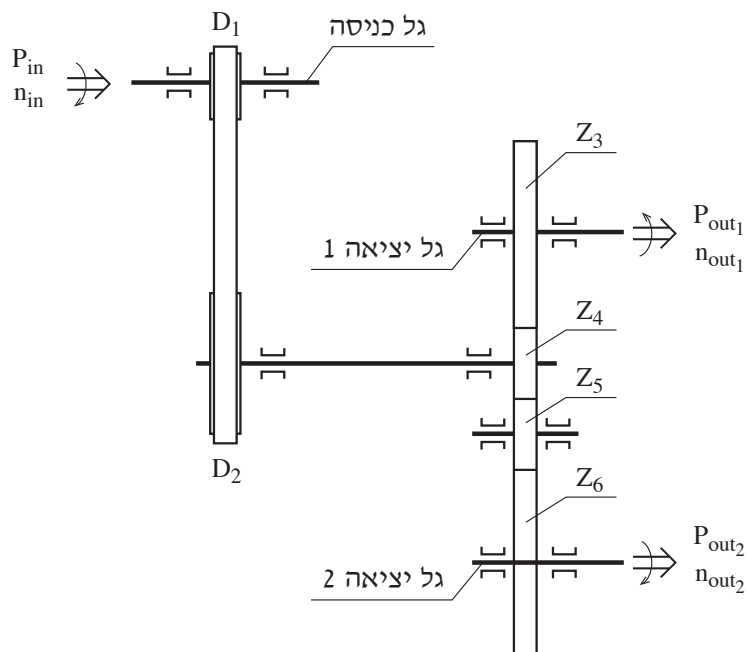
6 נק') ב. חשב את הכוח המרבי, F , שהמסמרות מסוגלות לשאת.

6 נק') ג. חשב את הכוח המרבי, F , שמותר להפעיל על הפח האמצעי c .

2 נק') ד. היעזר בתוצאות הסעיפים הקודמים, וקבע מהו הכוח המרבי, F , שהמחבר מסוגל לשאת.

שאלה 5

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרה מכנית המעבירה הספק לשני צרכנים. הממסרה כוללת ממסרת רצועה עם הגלגלים: D_1 ו- D_2 , ארבעה גלגלי שיניים: $Z_3 - Z_6$ ושימונה זוגות מיסבי גלילה.



איור לשאלה 5

נתונים:

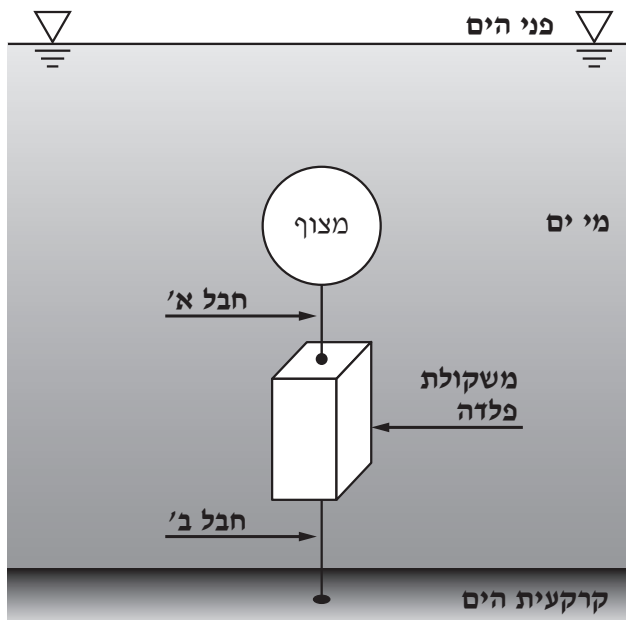
- מהירות הסיבוב של גל הכניסה: $n_{in} = 3,000 \text{ RPM}$
- ההספק בכל אחד משני גלי היציאה: $P_{out1} = P_{out2} = 8 \text{ kW}$
- קוטרי גלגלי הרצועה: $D_1 = 200 \text{ mm}$, $D_2 = 500 \text{ mm}$
- מספר השיניים של גלגלי השיניים: $Z_3 = Z_6 = 57$, $Z_4 = Z_5 = 19$
- הנצילות של כל זוג מיסבים: $\eta_1 = 0.99$
- הנצילות של ממסרת הרצועה: $\eta_2 = 0.9$
- הנצילות הכוללת של כל גלגלי השיניים ביחד: $\eta_3 = 0.96$

- א. (5 נק') חשב את מהירויות הסיבוב של גלי היציאה n_{out_1} ו- n_{out_2} .
- ב. (5 נק') חשב את המומנט בגלי היציאה M_{out_1} ו- M_{out_2} .
- ג. (8 נק') 1. חשב את הנצילות הכוללת של הממסרה, η_{tot} .
2. חשב את ההספק בגל הכניסה, P_{in} .
3. חשב את המומנט בגל הכניסה, M_{in} .
- ד. (2 נק') הוחלט לחבר ישירות את גלגלי השיניים Z_4 ו- Z_6 (בלי גלגל השיניים Z_5).
העתק למחברתך את המשפט שלהלן, והשלם אותו:
כתוצאה מכך כיוון הסיבוב של גל היציאה 2 _____ (ישתנה/לא ישתנה),
והנצילות הכוללת של הממסרה _____ (תגדל/תקטן/לא תשתנה).

פרק שלישי: הידראוליקה

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתואר מצוף תת-ימי שמשקלו זניח. לתחתית המצוף קשורה, באמצעות חבל א', משקולת פלדה. המשקולת מחוברת, באמצעות חבל ב', לקרקעית הים.



איור לשאלה 6

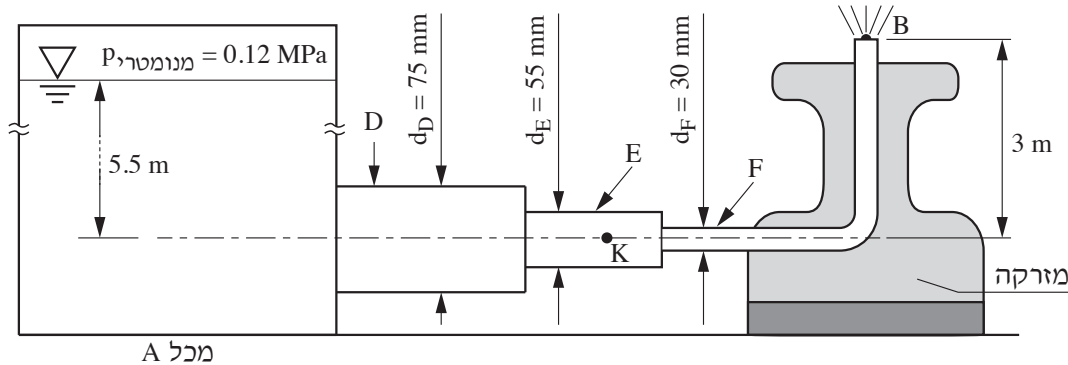
נתונים:

- נפח המצוף התת-ימי: $V_{\text{מצוף}} = 6 \text{ m}^3$
- נפח משקולת הפלדה: $V_{\text{משקולת}} = 0.25 \text{ m}^3$
- המשקל הסגולי של מי הים: $\gamma_{\text{מים}} = 10,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- המשקל הסגולי של משקולת הפלדה: $\gamma_{\text{פלדה}} = 78,400 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

- 7 (נק') א. סרטט דג"ח של המצוף, וחשב את המתיחות בחבל א'.
- 7 (נק') ב. סרטט דג"ח של משקולת הפלדה, וחשב את המתיחות בחבל ב'.
- 6 (נק') ג. חבל ב' נקרע, והמצוף עלה לפני הים. חשב את נפחו של החלק של המצוף שִׁשְׁקוּעַ מתחת לפני הים.

שאלה 7

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידראולית של מזרקה. במערכת זורמים מים ממכל סגור גדול מאוד – מכל A, דרך צינור מדורג בעל שלושה קטרים. המים יוצאים לאטמוספירה כסילון חופשי בנקודה B. המכל מלא בחלקו העליון באוויר בלחץ מנומטרי קבוע של 0.12 MPa . הזנח את ההפסדים האורכיים והמקומיים במערכת.



איור לשאלה 7

נתונים:

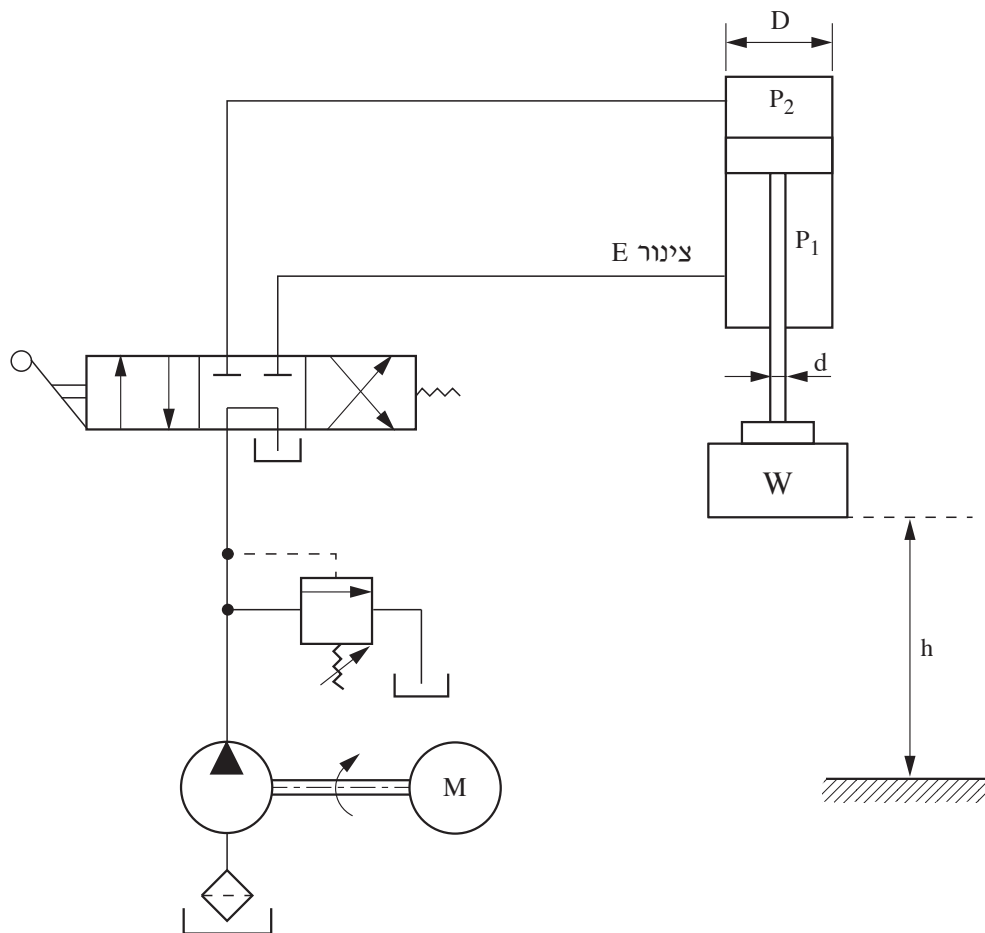
– המשקל הסגולי של מים: $\gamma = 10,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

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

- (4 נק') א. חשב את מהירות היציאה של סילון המים לאטמוספירה בנקודה B.
- (4 נק') ב. חשב את הגובה מנקודה B, שאליו יעלו המים במזרקה. הזנח את התנגדות האוויר.
- (4 נק') ג. חשב את הספיקה הנפחית של המים היוצאים כסילון בנקודה B.
- (4 נק') ד. חשב את מהירות המים בקטע D של הצינור.
- (4 נק') ה. חשב את הלחץ המנומטרי בנקודה K.

שאלה 8

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



איור לשאלה 8

נתונים:

- קוטר הבוכנה: $D = 90 \text{ mm}$
- קוטר מוט הבוכנה: $d = 40 \text{ mm}$
- הלחץ בחלק העליון של הבוכנה: $p_2 = 0.12 \text{ MPa}$
- המשקל של הבוכנה ומוט הבוכנה יחד: $W_{\text{בוכנה}} = 50 \text{ N}$
- כוח החיכוך שפועל על הבוכנה: $f_{\text{חיכוך}} = 20 \text{ N}$
- משקל המשא שיש להרים: $W = 2,000 \text{ N}$
- הגובה שאליו יש להרים את המשא: $h = 1.8 \text{ m}$
- זמן ההרמה: $t = 15 \text{ sec}$
- קוטר הצינור E: $d_E = 25 \text{ mm}$
- אורך הצינור E: $L_E = 5 \text{ m}$
- צפיפות השמן: $\rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- הצמיגות הדינמית של השמן: $\mu = 0.01 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

(6 נק') א. חשב את לחץ השמן שיש להזרים לחלק התחתון של הבוכנה, p_1 , כדי להרים את המשא.

(3 נק') ב. חשב את הספיקה הנפחית של השמן המוזרם לחלקה התחתון של הבוכנה.

(4 נק') ג. הצינור E מחבר את שסתום הפיקוד לחלק התחתון של הבוכנה. ללא קשר לסעיפים הקודמים, מזרימים דרך צינור זה שמן בספיקה: $Q_E = 0.00018 = 1.8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$. האם הזרימה בצינור היא למינרית או טורבולנטית? נמק את תשובתך באמצעות חישוב.

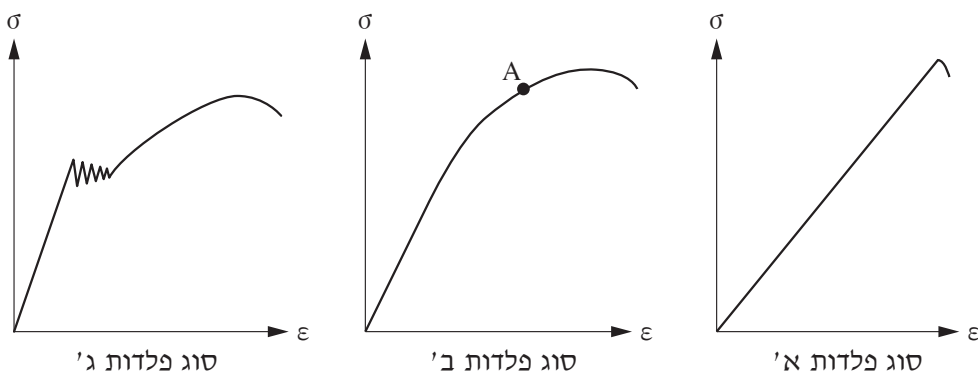
(4 נק') ד. חשב את מפל הלחץ על הצינור E. התחשב בהפסדים האורכיים בלבד.

(3 נק') ה. ציין את שמם של שני רכיבים שצריך להתקין במערכת כדי למנוע ירידה מהירה מאוד ובלתי מבוקרת של המשא בזמן שהוא מונך לרצפה, וציין היכן יש להתקין אותם.

פרק רביעי: חומרים ועיבודם

שאלה 9

באיור לשאלה זו מוצגים שלושה גרפים (מאמץ-מעוות) המתארים את תוצאות ניסוי המתיחה לשלושה סוגים של פלדות.



איור לשאלה 9

- א. (9 נק') איזה מבין הגרפים מייצג פלדות דלות-פחמן, איזה מבין הגרפים מייצג פלדות כלים, ואיזה מבין הגרפים מייצג פלדות עשירות פחמן? נמק את תשובתך, ובסס אותה על השלבים שכל אחת מהפלדות עוברת במהלך ניסוי המתיחה.
- ב. (6 נק') מהם הטיפולים התרמיים המתאימים לכל אחד משלושת סוגי הפלדות הנתונים בסעיף א'?
- ג. (5 נק') עבור סוג פלדות ב', עוצרים את תהליך המתיחה בנקודה A ומסירים את הכוח. העתק למחברתך את הגרף של סוג פלדות ב', וסרטט בו את המסלול של שחרור המאמץ.

פרק חמישי: אנגלית טכנית

שאלה 10

קרא את הקטע הנתון בנספח א' לשאלון זה, וענה במחברתך על כל הסעיפים (לכל סעיף – 2 נק').
מותר לענות בעברית על כל הסעיפים.

Questions:

- a. (Paragraph A) Name **two** benefits of equal velocities of the pitch cycles.
- b. (Paragraph A) What happens if there is no constant contact between the teeth of the gears?
- c. (Paragraph B) Name **two** disadvantages of spur gears.
- d. (Paragraphs B, C) Name **three** differences between spur and bevel gears.
- e. (Paragraph D) Name **two** advantages of a gear with 4 pairs of teeth meshing at the same time.
- f. (Paragraphs B, D) Name **three** differences between spur - and helical gears.
- g. (Paragraph E) What are **two** characteristic of lifting equipment, which demand the use of worm gears?
- h. (Paragraphs B, C, D, E) Which of the gear types can transmit power between non-parallel shafts?
- i. (Paragraphs B, C, D, E) Rate the **four** types of gears by their efficiency from highest to lowest.
- j. (Paragraphs B, C, D, E) Name **two** noisy and **two** quiet gear types.

בהצלחה!

GEARS

Paragraph A

The problem of transferring power from one shaft to another while maintaining a definite ratio between the rotational velocities of the shafts is successfully solved by implementing various types of gears. Not only gear ratio is constant, but many other requirements are fully met by using gears. Gears can provide smooth and vibrationless action, as well as transferring high power between both parallel and non-parallel shafts with great mechanical efficiency.

For the purpose of design and computation, the gears are transformed into thatching cylinders. Their diameters are known as "pitch diameters". For positive transmission of motion, the teeth don't need to be of any particular shape. On the other hand, for quiet and vibrationless operation, the velocities of the pitch cycles must be the same, especially during the short time interval when two particular teeth are in contact. Therefore, the shape of the teeth must be carefully designed. There are two main shapes of teeth: involute and cycloidal. Their place on the gear depends on the type of the gear.

The range of transmitted power greatly depends on the material of the teeth, which is the same for most gear types, and on the number of teeth that are in contact simultaneously. Obviously, for maintaining constant contact which prevents vibrations and variations in gear ratio, one pair of teeth should be in a meshing motion while the next pair starts meshing. Each gear type operates on a minimum value of 1.4 which denotes the number of simultaneously meshing teeth pairs.

Paragraph B

Spur Gears. The teeth on this type of gear are placed on cylinders and run parallel to the gear's axe. Spur gears transmit power between parallel shafts. The number of teeth pairs in contact lay between 1 and 2. The simplicity of the spur gear tooth design allows for both a high degree of precision and easier manufacturability. Other characteristics of spur gears include lack of axial load (the thrust force parallel to the gear shaft), high-speed and high-load handling as well as high efficiency rates (up to 98%). Some of the disadvantages of spur gears are the amount of stress experienced by the gear teeth and the noise produced during high-speed applications.

This type of gear is used in a variety of mechanical applications, such as clocks, pumps, watering systems, power plant machinery, material handling equipment and clothes washing and drying machines. Their gear ratio is between 1:8 to 8:1 at most.

Paragraph C

Bevel Gears. For this type of gear the teeth are placed on cones and are straight or spiral. Bevel gears transmit power between intersecting shafts. The number of meshing pairs and the gear ratio are the same as those of spur gears. Due to angular contact, bevel gears apply both radial and axial loads on their shafts. This type of gear is much more difficult to manufacture, therefore their efficiency is slightly less than that of the spur gear. The engagement of straight bevel gear teeth result in high impact, increasing the level of noise produced and the amount of stress experienced by the gear teeth. This also reduces their durability and lifespan. Using spiral teeth bevels eliminates this disadvantage but is much more expensive. Bevel gears can transmit very high power, so they are used in heavy machinery such as tractors, bulldozers and so on. Spiral teeth bevels can operate in high-speed applications.

Paragraph D

Helical Gears. The teeth of this type of gear are placed on cylinders forming an angle with the gear axes. Usually, helical gears operate between parallel shafts but can also connect non-parallel ones (this is accompanied by the reduction of lifespan and a sharp decrease in efficiency). They are cut on the same machines as spur gears, so they are not expensive. The number of meshing pairs reaches 4, which provides gradual, smooth and noiseless engagement as well as a greater load-carrying ability (compared to spur gears). Helical gear ratio and efficiency are the same as those of spur gears, or slightly higher. They are suitable for high-speed and high-load applications and are used in pumps, generators and automotive gear boxes.

Paragraph E

Worm Gears. These pairs are comprised of a worm wheel - typically a cylindrical gear - paired with a worm - i.e., a screw-shaped gear with a very complex shape as the teeth. These gears are used to transmit motion and power between non-parallel, non-intersecting shafts. They offer large gear ratios (up to 1:80) and capabilities for substantial speed reduction while maintaining a quiet and smooth operation. Both the worm and the worm-gear apply radial and high axial loads on their shafts, demanding radial-thrust bearings of high capability on them.

One distinction of the worm gear pairs is that the worm can turn the worm wheel, but, depending on the angle of the worm, the worm wheel may not be able to turn the worm. This characteristic is employed in lifting equipment requiring self-locking mechanisms in addition to a heavy load. Some of the disadvantages of worm gears are the low transmission efficiency and the amount of friction generated between the worm wheel and worm gear which necessitates continuous lubrication and cooling.

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
piston	Поршень	كَبَّاس	בוכנה
shear	Срез	قَصّ	גזירה
power	Мощность	قدرة	הספק
transmission 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