

מכניקה הנדסית יישומית ה'

(להנדסאי מכונות)

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות. עליכם לענות על חמש שאלות לפי בחירתכם מכל השאלון.

כל שאלה – 20 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

1. כל חומר עזר כתוב בכתב-יד או מודפס על נייר

2. כלי סרטוט

3. מחשבון מדעי בלבד

ד. הוראות מיוחדות:

1. בטרם תתחילו לענות על השאלות, קראו בעיון את השאלון כולו וודאו שההנחיות בדף השער מובנות לכם היטב.

2. ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.

3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. כתבו בתשובה את הנתון שהוספתם.

4. בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

5. בנספח ז' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתבו "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 10 עמודים ו-10 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,

אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות.
עליכם לענות על חמש שאלות, לפי בחירתכם, מן השאלון כולו.
לכל שאלה - 20 נקודות. סך-הכול - 100 נקודות.

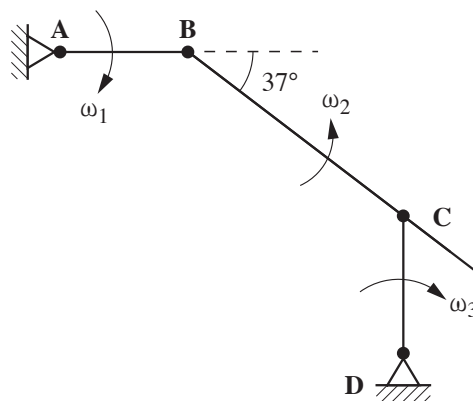
פרק ראשון: קינמטיקה ודינמיקה

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מנגנון מכני המורכב משלוש זרועות, AB, BC, CD. הזרועות מחוברות ביניהן באמצעות פרקים. הזרוע AB אופקית, הזרוע CD אנכית, והזווית בין הזרוע BC ובין האופק היא 37° .

נתונים:

0.2 m	אורך הזרוע AB:
0.4 m	אורך הזרוע BC:
0.2 m	אורך הזרוע CD:
$v_B = 0.48 \frac{m}{s}$	המהירות בנקודה B:



איור לשאלה 1

- א. (4 נק') חשבו את המהירות הזוויתית, ω_1 , של הזרוע AB.
- ב. (8 נק') סרטטו במחברת את המנגנון המכני, וסמנו את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של הזרוע BC.
- ג. (8 נק') חשבו את המהירות הזוויתית, ω_2 , ואת המהירות הזוויתית, ω_3 , של הזרוע CD.

שאלה 2

כדור A נזרק מנקודה 0 לסל, כמתואר באיור א' לשאלה 2.

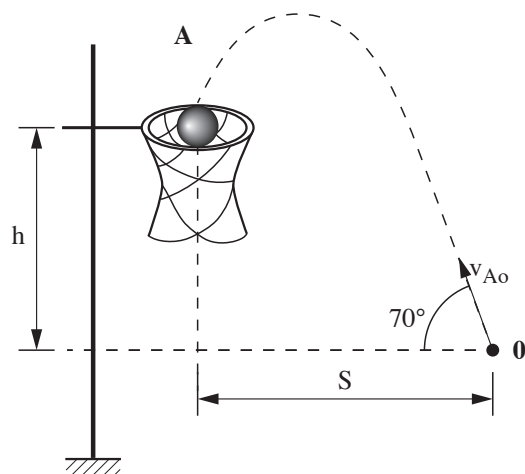
נתונים:

המהירות ההתחלתית של הכדור: $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

זווית הזריקה: 70°

המרחק האופקי בין נקודה 0 לסל: $S = 1.2 \text{ m}$

תאוצת הכובד: $g = 10 \text{ m/sec}^2$



איור לשאלה 2

א. (10 נק') חשבו את זמן ההגעה של הכדור A לסל ואת המרחק האנכי, h , בין הסל ובין הנקודה 0.

ב. (10 נק') חשבו את מהירות הכדור A בעת הגעתו לסל (הגודל והכיוון).

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 3

באיור לשאלה 3 מתואר ציר הנתון בתוך מסב כדורי מס' 61808. נתוני המיסב מוצגים בנספח א' לשאלה 3. על הציר פועלים שני כוחות, F_r ו- F_a , הנבלמים על-ידי מסב. הציר מסתובב במהירות סיבובית n .

נתונים:

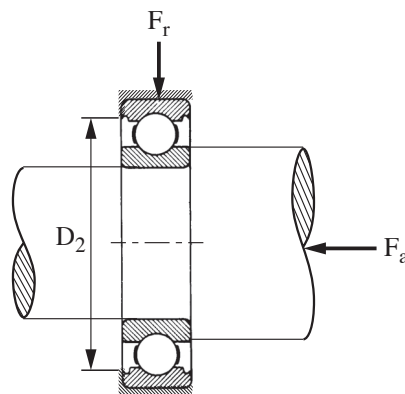
הכוח הצירי הפועל על הציר והמסב: $F_a = 862 \text{ N}$

הכוח הרדיאלי הפועל על הציר והמסב: $F_r = 1,700 \text{ N}$

מהירות הסיבוב של הציר: $n = 1,400 \text{ rpm}$

מקדם תנאי העבודה: $f_w = 1.2$

מקדם הטמפרטורה: $f_T = 1.1$



איור לשאלה 3

א. (5 נק') חשבו את הכוח השקול, F_{eq} , הפועל על המסב.

ב. (5 נק') חשבו את אורך חיי המסב, L , במיליוני סיבובים.

ג. (5 נק') חשבו את אורך חיי המסב, L_h , בשעות.

ד. (5 נק') בהנחה שהמסב מותקן במכונה:

1. מה אורך תקופת העבודה התקינה של המסב?

2. כיצד יש לפעול בתום התקופה שציינתם בסעיף 1?

שאלה 4

בחלק המתואר באיור לשאלה 4 מהודק לוח (1) ללוח (2) באמצעות שני בורגי הידוק ואומים. לוח (2) רתום לתקרה.

נתונים:

על לוח (1) מופעל כוח של $F = 2.5 \text{ kN}$.

הכוח פועל בזווית של 30° מתחת לציר האופקי.

דרגת החוזק בברגים: 5.8

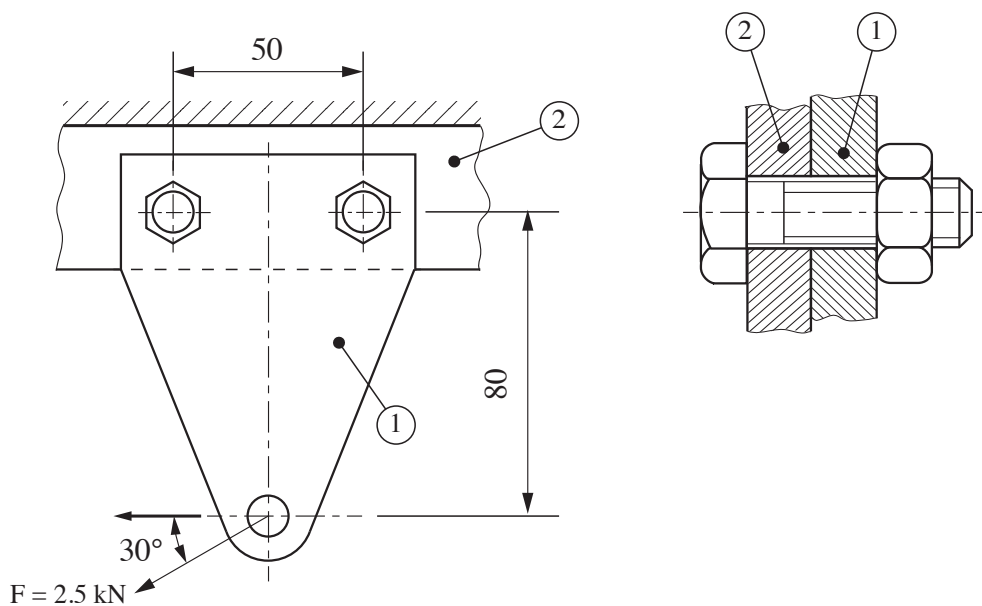
מקדם הבטיחות בחישוב הבורג: $S = 3$

מקדם החיכוך בתבריג: $\mu = 0.12$

מקדם החיכוך בין חלקי המבנה: $\mu_0 = 0.35$

מקדם מניעת החלקה בין הלוחות: $f_k = 1.2$

הערה: לפתרון השאלה היעזרו בנספחים ב' ו'ג'.



איור לשאלה 4

- א. (10 נק') חשבו את כוח המתיחה (ההידוק), Q , המרבי הנדרש בברגים.
ב. (10 נק') בחרו באמצעות חישוב את בורג ההידוק המילימטרי המתאים.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתוארת ממסרת רצועה שטוחה.

נתונים:

קוטר הגלגל הגדול: $D = 600 \text{ mm}$

יחס התמסורת: $i = 1:3$

מודול האלסטיות של חומר הרצועה: $E = 40 \text{ MPa}$

המאמץ המותר של חומר הרצועה: $[\sigma] = 6 \text{ MPa}$

גובה הרצועה: $h = 8 \text{ mm}$

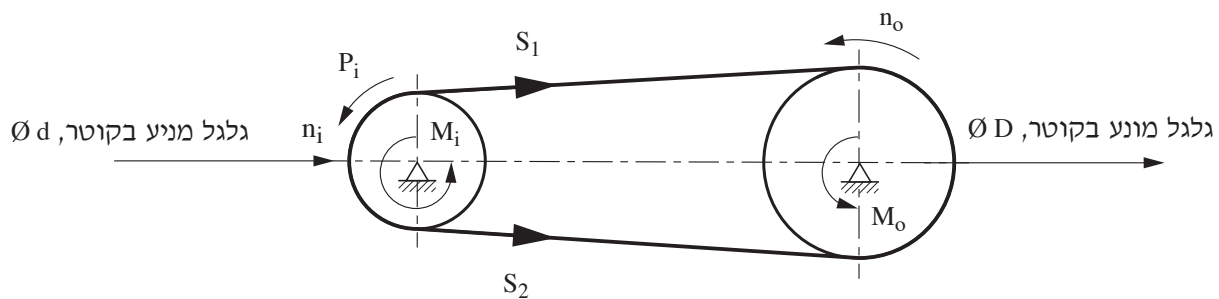
רוחב הרצועה: $b = 40 \text{ mm}$

מקדם החיכוך בין הרצועה לגלגלים: $\mu = 0.4$

זווית החביקה של הגלגל הקטן: $\alpha_1 = 160^\circ$

ההספק המועבר: $P_i = 10 \text{ kW}$

הערה: הזניחו את המאמצים הצנטריפוגליים.



איור לשאלה 5

א. (3 נק') חשבו את הקוטר, d , של הגלגל הקטן.

ב. (9 נק')

1. חשבו את מאמץ הכפיפה, σ_b , ברצועה.

2. בטאו באמצעות כוח המתיחה בענף הפעיל, S_1 , את המאמץ השקול ברצועה σ_e .

3. חשבו את $S_{1 \max}$.

ג. (8 נק') ללא קשר לתוצאות של הסעיפים הקודמים, הניחו:

– כוח המתיחה בענף הפעיל הוא $S_1 = 1,400 \text{ N}$

– קוטר הגלגל הקטן הוא $d = 200 \text{ mm}$

כל שאר נתוני השאלה נשארים ללא שינוי.

1. חשבו את כוח המתיחה בענף הסביל, S_2 .

2. חשבו את המומנט, M_i , הפועל על הגלגל הקטן.

3. חשבו את המהירות הסיבובית, n_i , של הגלגל הקטן.

4. נתון כי נצילות הממסרת היא $\eta = 0.93$. חשבו את המומנט המועבר לצרכן, M_o , במצב הזה.

שאלה 6

נתון קפיץ רגיל שקצותיו מושחזים.

נתונים:

קוטר התיל של הקפיץ: $d = 8 \text{ mm}$

הקוטר הממוצע של הקפיץ: $D = 60 \text{ mm}$

מספר כריכות הקפיץ: $n = 9$

מודול הגזירה של הקפיץ: $G = 81,000 \text{ MPa}$

מאמץ הכניעה של חומר הקפיץ: $\sigma_y = 1,800 \text{ MPa}$

מקדם הבטיחות בעבודת הקפיץ: $[S] = 1.6$

(4 נק') א. חשבו את מאמץ הפיתול (גזירה) המותר בחומר הקפיץ, τ_i .

(4 נק') ב. חשבו את הכוח המרבי, $F_{\max}$, שמותר להפעיל על הקפיץ.

(4 נק') ג. חשבו את קבוע הקפיץ, C .

(4 נק') ד. חשבו את השקיעה המרבית בקפיץ, $f_{\max}$.

(4 נק') ה. חשבו את אורך הקפיץ במצב חופשי, H_0 .

פרק שלישי: תרמודינמיקה ומעבר חום

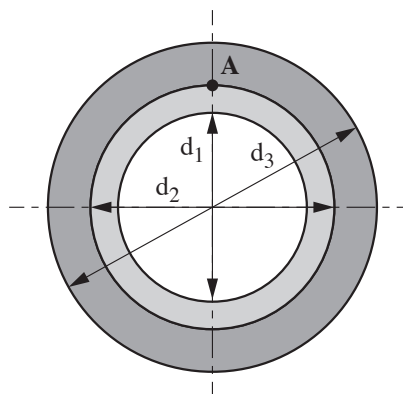
שאלה 7

אחת הבעיות הנפוצות בדודי קיטור היא הצטברות שכבת אבנית על הדופן הפנימית של הצינורות. באיור לשאלה 7 מוצג חתך אופייני של צינור של דודי קיטור. בתוך הצינורות זורמים מים רותחים (מים רוויים) בטמפרטורה $T_{in} = 212^\circ\text{C}$. מחוץ לצינורות זורמים גזי שריפה בטמפרטורה $T_{out} = 420^\circ\text{C}$.

נתונים:

$d_1 = 73.6 [\text{mm}]$	הקוטר הפנימי של דופן הצינור עם שכבת האבנית:
$d_2 = 76 [\text{mm}]$	הקוטר הפנימי של דופן הצינור:
$d_3 = 86 [\text{mm}]$	הקוטר החיצוני של דופן הצינור:
$k_{\text{אבנית}} = k_1 = 1.31 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$	מקדם ההולכה של האבנית:
$k_{\text{צינור}} = k_2 = 48 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$	מקדם ההולכה של הצינור:
$h_0 = 710 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$	מקדם ההסעה החיצוני (בין גזי השריפה לדופן הצינור):

הערה: מקדם ההסעה בתוך הצינור גדול מאוד, כך שניתן להזניח את ההתנגדות התרמית של ההסעה בתוך הצינור. לפתרון השאלה היעזרו בנספח ד'.



איור לשאלה 7

- א. (5 נק') חשבו את ההתנגדויות התרמיות ליחידת אורך של הצינור ואת ההתנגדות התרמית הכוללת של יחידת אורך הצינור.
- ב. (5 נק') חשבו את שטף מעבר החום ליחידת אורך של הצינור מגזי השריפה אל המים שבתוך הצינור.
- ג. (5 נק') חשבו את הטמפרטורה בנקודה A, הנמצאת במעבר בין שכבת האבנית ובין הדופן הפנימית של הצינור.
- ד. (5 נק') חשבו את שטף מעבר החום מגזי השריפה למים ליחידת אורך של הצינור, כאשר המערכת חדשה (לפני הצטברות שכבת האבנית).

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מתוארת תחנת כוח הפועלת לפי מחזור רנקין אידיאלי.

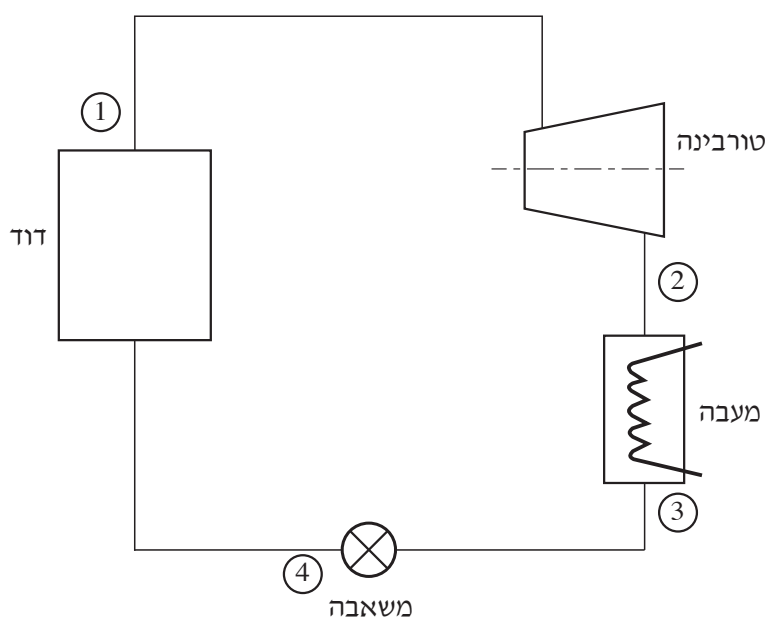
הקיטור נכנס לטורבינה בלחץ $P_1 = 80 \text{ bar}$ ובמצב אד רווי.

הקיטור יוצא מן הטורבינה בלחץ $P_2 = 0.08 \text{ bar}$.

ביציאה מן המעבה הקיטור במצב נוזל רווי.

ההספק המופק מן הטורבינה: 100 MW .

הערה: לפתרון השאלה היעזרו בנספח ה'.



איור לשאלה 8

א. (6 נק') סרטטו את המחזור הנתון בדיאגרמת T-S, וסמנו על-גבי הדיאגרמה את הנקודות 1-4 של המחזור.

ב. (7 נק') חשבו את הספיקה המסית של הקיטור העובר במחזור.

ג. (7 נק') חשבו את הספק החום המושקע בדוד.

פרק רביעי: אנגלית טכנית

שאלה 9

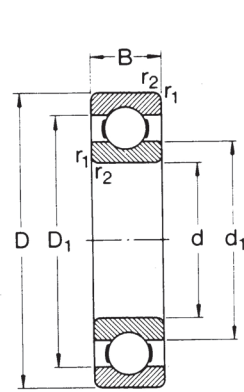
קראו את הקטע הנתון בנספח ו' לשאלון זה, וענו במחברת על **כל** הסעיפים (לכל סעיף – 2 נק').
מותר לענות בעברית על כל הסעיפים.

- a. (Paragraph A) Name **TWO** main types of welding processes.
- b. (Paragraph A, B) Which word in paragraph B means the same as the word "join" in paragraph A?
- c. (Paragraph B) What is a filler?
- d. (Paragraph B) What is the way the welding processes are sorted in the table?
- e. (Paragraph C) Why is electric arc so effective in producing heat?
- f. (Paragraph C) Which types of welding **do not** use fillers?
- g. (Paragraphs C) What is the difference between Stick welding and Flux Cored Arc welding?
- h. (Paragraphs C) Why is the flux used in Flux Cored Arc welding process?
- i. (Paragraph C) Gas welding is performed without a non-flammable gas shield. Why?
- j. (Paragraph D, E) State **ONE** point of difference and **ONE** point of likeness of the welding types mentioned in these two paragraphs.

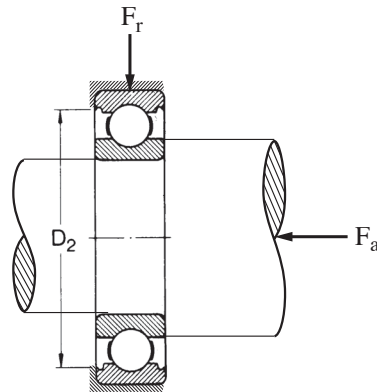
בהצלחה!

נספח א' (לשאלה 3): מסבים רדיאליים כדוריים

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג



With full outer ring shoulders



With recessed outer ring shoulders

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P_u	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C_0		Lubrication grease	oil		
mm			N		N	r/min		kg	-
20	32	7	2 700	1 500	63	19 000	24 000	0,018	61804
	37	9	6 370	3 650	156	18 000	22 000	0,038	61904
	42	8	6 890	4 050	173	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	5 000	212	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 550	280	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	15 900	7 800	335	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	15 000	640	10 000	13 000	0,40	6404
25	37	7	4 360	2 600	125	17 000	20 000	0,022	61805
	42	9	6 630	4 000	176	16 000	19 000	0,045	61905
	47	8	7 610	4 750	212	14 000	17 000	0,060	16005
	47	12	11 200	6 550	275	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	14 000	7 800	335	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	22 500	11 600	490	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	35 800	19 300	815	9 000	11 000	0,53	6405
30	42	7	4 490	2 900	146	15 000	18 000	0,027	61806
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	0,051	61906
	55	9	11 200	7 350	310	12 000	15 000	0,085	16006
	55	13	13 300	8 300	355	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	16 000	670	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	23 600	1 000	8 500	10 000	0,74	6406
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408

Calculation factors for single row deep groove ball bearings

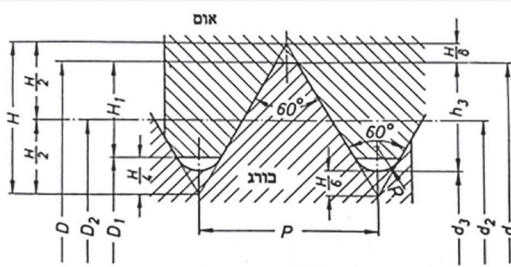
Single bearings and bearing pairs in tandem

Normal clearance			C3 clearance			C4 clearance			Calculation factors for single row deep groove ball bearings arranged back-to-back or face-to-face				
F_A/C_0	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y	F_A/C_0	e	Y_1	Y_2
0,025	0,22	0,56	2	0,31	0,46	1,75	0,4	0,44	1,42	0,03	0,32	2	2,8
0,04	0,24	0,56	1,8	0,33	0,46	1,62	0,42	0,44	1,36	0,10	0,4	1,55	2,2
0,07	0,27	0,56	1,6	0,36	0,46	1,46	0,44	0,44	1,27	0,25	0,47	1,3	1,85
0,13	0,31	0,56	1,4	0,41	0,46	1,3	0,48	0,44	1,16				
0,25	0,37	0,56	1,2	0,46	0,46	1,14	0,53	0,44	1,05				
0,5	0,44	0,56	1	0,54	0,46	1	0,56	0,44	1				

נספח ב' (לשאלה 4): טבלאות תקן לתבריק מטרי

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג

מקדם החיכוך μ	$\cos \alpha$ $\alpha = 30$	$\frac{\mu}{\cos \alpha}$	זווית החיכוך המתוקנת φ'
0.1	0.866	0.115	6.62
0.11	0.866	0.127	7.28
0.12	0.866	0.139	7.94
0.13	0.866	0.150	8.60
0.14	0.866	0.162	9.26
0.15	0.866	0.173	9.92
0.16	0.866	0.185	10.59
0.17	0.866	0.196	11.25
0.18	0.866	0.208	11.91
0.19	0.866	0.219	12.57
0.2	0.866	0.231	13.23

תבריקים רגילים							תבריקים עדינים					
קוטר חיצוני של הבורג $d = M$ [mm]	פסיעה P [mm]	שטח חתך מתיחה A [mm ²]	קוטר פנימי d_1 [mm]	קוטר אפקטיבי d_2 [mm]	$\tan \gamma$	זווית המעלה γ	פסיעה p [mm]	שטח חתך מתיחה A [mm ²]	קוטר פנימי d_1 [mm]	קוטר אפקטיבי d_2 [mm]	$\tan \gamma$	זווית המעלה γ
2	0.4	1.79	1.509	1.74	0.073	4.19						
2.5	0.45	2.98	1.949	2.2	0.065	3.73						
3	0.5	4.47	2.348	2.675	0.060	3.41						
3.5	0.6	6	2.764	3.11	0.061	3.52						
4	0.7	7.75	3.141	3.545	0.063	3.60						
5	0.8	12.7	4.079	4.42	0.058	3.30						
6	1	17.9	4.773	5.35	0.060	3.41	1	36	6.773	7.35	0.43	2.48
8	1.25	32.8	6.466	7.188	0.055	3.17	1.25	56.3	8.466	9.188	0.43	2.48
10	1.5	52.3	8.16	9.026	0.053	3.03	1.25	86	10.466	10.647	0.037	2.14
12	1.75	76.3	9.853	10.863	0.051	2.94	1.5	116	12.16	13.026	0.037	2.10
14	2	104	11.546	12.701	0.050	2.87	1.5	157	14.16	15.026	0.032	1.82
16	2	144	13.546	14.701	0.043	2.48	1.5	259	18.76	19.026	0.025	1.44
20	2.5	225	16.933	18.376	0.043	2.48	2	365	21.546	22.701	0.028	1.61
24	3	324	20.319	22.051	0.043	2.48	2	596	57.546	28.701	0.022	1.27
30	3.5	519	25.706	27.727	0.040	2.30	2	884	33.546	34.701	0.018	1.05
36	4	759	31.092	33.402	0.038	2.19	2	1230	39.546	40.701	0.016	0.90
42	4	1050	36.779	39.077	0.033	1.87	2	1630	45.456	46.701	0.014	0.78
48	5	1380	41.866	44.752	0.036	2.04	2	2250	53.516	54.701	0.012	0.67
56	5.5	1910	49.252	52.428	0.033	1.91	2	2980	61.546	62.701	0.010	0.58
64	6	2520	56.639	60.639	0.032	1.81	2					

נספח ג' (לשאלה 4): תכונות חוזק של פלדות לייצור ברגים

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג

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

*לאחר טיפול תרמי (חיסום והפריה)

נספח ד' (לשאלה 7): נוסחאות בתרמודינמיקה (2 עמודים)

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג

תהליכים הפיכים בגז משוכלל, $PV = nRT$

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
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		$c_v \Delta T$

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

מחזור אוטו ומחזור דיזל:

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

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

$P_{\text{av}} = \frac{W_{\text{net}}}{V_1 - V_2}$

תהליך אדיאבטי הפיך (איזנטרופי):

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

$P T^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{const.} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$

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

מערכת קירור ומכונת חום אידיאליות:

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

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

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

$C.O.P._H = C.O.P._R + 1$

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 – מקדם ההולכה ב- $\frac{W}{m \cdot K}$

הספק החום העובר דרך שכבה אחת:

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

הסעה

התנגדות תרמית:

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

h – מקדם הסעה ב- $\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$

הספק החום העובר בתווך:

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

הולכה והסעת חום מצינור

$$R_t = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi \cdot K \cdot L} \quad \left[\frac{^{\circ}C \cdot m}{W} \right]$$

התנגדות תרמית של דופן צינור:

$$R_t = \frac{1}{2\pi \cdot r \cdot h \cdot L} \quad \left[\frac{^{\circ}C \cdot m}{W} \right]$$

התנגדות הסעה חיצונית בצינור:

$$q = \frac{T_{out} - T_{in}}{\sum R_t} \quad \left[\frac{W}{m} \right]$$

נספח ה' (לשאלה 8): טבלאות קיטור רווי

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג

Pressure Conversions:
1 bar = 0.1 MPa
= 10² kPa

Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table

Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.

Welding Processes and Types

Paragraph A

Welding is a process by which two pieces of metal are permanently joined together in order to form one piece. There are two types of welding with or without melting. The process without melting can be divided into two categories, with softening and without softening.

Paragraph B

The process with melting consists of heating metals (or just one metal) to their melting point. In most of these processes, additional metal (also called filler metal) is added during the heating process in order to help bond the two pieces together. No matter what is happening to the joined pieces, this filler will always be melted. According to this, there are two kinds of welding with melting: one, in which all metals are melted on the welding spot (also named weld bath or pool), and another, in which only the filler is melted (this process is called soldering). In soldering, fillers made of tin or copper, are usually employed due to their relatively low melting points to those of the joined pieces. Soldering is used in electronics. The processes including melting of all metals can be performed with or without application of pressure; and with or without fillers. The list below contains the most common types of processes, according to source of heat which is needed to melt the metals.

Type of Heat Source	Names of Processes	Purpose
Electric arc (in air)	MIG, TIG, Flux cord	Creating long seams
Electric current	Spot Welding	Creating points of connection
Gas burning	Gas Welding	Creating long seams
Chemical reaction	Thermite Welding	Creating casts

Paragraph C

Electric arc is a strong electric current formed by a spark in the air when two electrodes are held close together but are not touching. Due to the high electric resistance of air, a large quantity of heat is emitted. This heat is strong enough to melt the metals in the welding area. However, molten metals tend to react to oxygen, so the weld bath must be shielded from it by a non-flammable gas (such as argon or CO₂).

MIG welding: the electrode is a thin wire which is fed from a spool that is attached to a gun through a flexible tube and comes out of the nozzle on the welding gun or torch. The wire is fed continuously when the trigger on the welding gun is pulled. Adding a non-flammable gas is needed in this process. This is the reason for using a variant of MIG welding called Stick Welding (meant, Shielded Metal Arc Welding, also identified as a hand-operated metal arc welding, flux shielded arc welding, or stick welding). In this type of welding process where the arc is struck between the metal rod or electrode (flux coated) and the workpiece, the surface of both the rod and the workpiece melt, creating a weld bath. The simultaneous melting of the flux coating on the rod will produce gas and slag, which shield the weld joint from the environment.

TIG welding stands for Tungsten Inert Gas Arc Welding (also identified as GTAW by the American society). Weld electrodes get hot, but do not melt. They are non-consumable electrodes. The term "non-consumable" does not mean that it lasts forever, but that it does not melt and become part of the weld. This welding type uses an outer source of shielding gas.

Flux Cored Arc Welding: This type of welding is similar to MIG welding. In fact, MIG welders can often perform flux-cored arc welding. In this welding process, the wire has a core of flux that forms a gas shield around the weld. This reduces the demand for external gas supply.

Spot welding: It is known that electric current chooses a path with minimal resistance, therefore, when two electrodes are connected close to a welding point, due to low resistance of metal, a very strong current passes through the point of contact, melting the metals which would connect the pieces at this spot only, as the method is named.

Gas welding is performed by melting the sides or surfaces that are to be connected by gas flame, thus providing the molten metal the ability to flow together, creating a solid continuous joint upon cooling.

Oxygen-acetylene (or propane) mixtures are used at greater extent. The temperature of the oxy-acetylene flame in its hottest area is about 3200°C, while the temperature reached in the oxy-propane flame is about 1900°C.

Thermite welding. This is a process in which a mix of iron oxide and aluminium in a box is ignited by a spark. Through the chemical reaction, iron frees up aluminium oxidizes, temperature rises and iron melts. Melted iron flows out of the box into the cast. This is a popular method for connecting rails.

Paragraph D

Welding without melting but including softening of connected areas employs friction as the source of heat. This type is used for creating (almost) "seamless" tubes and rods and for connecting aluminium profiles.

Paragraph E

A stand out method of connecting large plates made of different metals is called Explosion Welding. This method does not use heat, so the plates are not melted or softened. A stack of connected plates is formed, then covered with special explosives. They are ignited on one corner and burn evenly, creating large pressure on the plates, forcing them together.

לשאלון 710004, אביב תשפ"ג

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
Nut	Гайка	عزقة / صمولة	אום
Piston	Поршень	كَبَّاس	בוכנה
Output shaft	Выходной вал	محور خروج	גל יציאה
Input shaft	Входной вал	محور دخول	גל כניסה
Gear	Зубчатое колесо	دولاب مستن	גלגל שיניים
Pulley	Шкив	بَكْرَة	גלגלת
Free body diagram	Диаграмма Максвелла-Кремоны	مخطط جسم حر	דיאגרמת גוף חופשי (דג"ח)
Mounting	Зажим/крепеж	مَسْك القطعة	דפינה
Power	Мощность	قدرة	הספק
Strength	Сопративление	مثانة	חוזק
Transmission rate	Передаточное число	نسبة النقل	יחס תמסורת
Suction	Всасывание	امتصاص	יניקה
Tension Force	Сила растяжения	قوة الشد	כוח מתיחה
Reaction Force	Реакция	قوة رد الفعل	כוח תגובה
Milling	Фрезерование	تفريز	כרסום
Pressure	Пресс	ضغط	לחץ
Shear stress	Напряжение сдвига	جهد القص	מאמץ גזירה
Allowable stress	Разрешенное напряжение	جهد مسموح	מאמץ מותר
Compressional stress	Напряжение давления	جهد المعس	מאמץ מעיכה
Tensional stress	Напряжение растягивания	جهد الشد	מאמץ מתיחה
Rotation rate	Скорость вращения	وتيرة الدوران	מהירות סיבוב
Belt transmission	Ременная передача	ناقل حزام	ממסרת רצועה
Rivet	Заклепка	مسمار / تبشيمة	מסמרה
Gap	Промежуток	فراغ	מרווח
Pump	Носос	مضخة	משאבה
Lifting device	Подъемное устройство	آلية رفع	מתקן הרמה
Efficiency	Коэффициент полезного действия	كفاءة	נצילות
Isometric view	Изометрическая проекция	رَسْم مجسّم (ثلاثي الأبعاد)	סרטוט איזומטרי

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
Work piece	Заготовка	قطعة للتشكيل	עובד
Joint	Шарнир	قضيبي	פין
Steel	Сталь	فولاذ	פלדה
Plasticity	Пластичность	لدونة	פלסטיות
Brittle	Хрупкий	هش	פריך
Welding	Сварка	لحام	ריתוך
Static equilibrium	Равновесие	توازن	שיווי משקל
Circular motion	Круговое движение	حركة دائرية	תנועה סיבובית
Linear motion	Линейное движение	حركة خطية	תנועה קווית