

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשס"ג, 2003
סמל השאלון: 838105
נספחים: א', ב' – לשאלה 1
ג' – מסבים רדיאליים כדוריים
ד' – תברגי הידוק מטריים חיצוניים
ה' – דף תשובות
נוסחאון

מכניקה הנדסית י"ב

יחידת לימוד אחת

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני נושאים.

נושא א': מכניקה הנדסית י"ב – מיועד לכל הנבחנים, חוץ מתלמידי ההתמחות צנרת

ומבנים. נושא זה כולל שני פרקים:

פרק ראשון:	הבנת סרטוט הרכבה	20 נקודות
פרק שני:	פרקי מכוונות	80 נקודות
סך-הכול		100 נקודות

נושא ב': תורת הבנייה – מיועד רק לתלמידי ההתמחות צנרת ומבנים.

נושא זה כולל שבע שאלות, ועליך לענות על חמש מהן.
לכל שאלה – 20 נקודות; סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי כתיבה וכלי סרטוט, נוסחאון בית-ספרי ומחשבון.

ד. הוראות מיוחדות:

- שים לב למבנה השאלון. ענה רק על השאלות המיועדות למסלול ההתמחות שלך.
- עיין בשאלון, הכר את חלקיו, וענה על השאלות בסדר הנראה לך.
- אם הנך תלמיד ההתמחות צנרת ומבנים, ענה על נושא ב' בגוף השאלון. הקפד להדביק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בשאלון (נושא ב').
- בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
- אם מספר השאלות שפתרת עולה על הנדרש, אינך צריך לבחור את התשובות שייבדקו. הבוחן יבדוק את כל הבחינה, ויבחר את התשובות הטובות ביותר, לפי מספר השאלות הנדרשות בכל פרק.
- בתשובה לשאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

בשאלון זה 23 עמודים, 5 עמודי נספחים ונוסחאון.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר,
אך מכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

נושא א': מכניקה הנדסית י"ב (100 נקודות)

נושא זה מיועד לכל הנבחנים, חוץ מתלמידי ההתמחות צנרת ומבנים.

פרק ראשון: הבנת סרטוט הרכבה (20 נקודות)

ענה על שאלה 1 – שאלת חובה.

שאלה 1

ענה על כל הסעיפים א'–ח'.

בנספח א' נתונים סרטוט הרכבה, סרטוט איזומטרי ורשימת חלקים של מתקן לקידוח ארבעה קדחים פְּעוּבָּד. כמורֶכֶן נתון סרטוט העובד. המתקן מאפשר לקדוח את ארבעת הקדחים בהיקף העובד, בחלוקה שווה. קיבוע העובד בהפרשים של 90° מתאפשר על-ידי עצירת הדיסקה המחורצת (חלק 6) באמצעות הזיז שבזרוע הנעילה (חלק 9).

בכל אחד מן הסעיפים א'–ז', נתונות ארבע תשובות אך רק אחת מהן נכונה. סמן אותה בדף התשובות שבנספח ה'.

א. הרגליות (חלק 2) מחוברות לגוף (חלק 1) באמצעות:

1. הברגה

2. הלחמה

3. ריתוך

4. לחץ

ב. תפקידן של שתי האומים הצמודות (חלק 5) הוא:

1. לאפשר את סיבוב הדיסקה המחורצת (חלק 6).

2. למנוע פתיחה עצמית של האומים.

3. להעביר תנועה סיבובית מזרוע הנעילה (חלק 9) לדיסקה המחורצת (חלק 6).

4. למנוע פתיחה עצמית של הציר המוברג (חלק 8).

ג. תפקיד תותב הקידוח (חלק 3) הוא:

1. למנוע את שחיקת המקדח.

2. למנוע את שחיקת העובד.

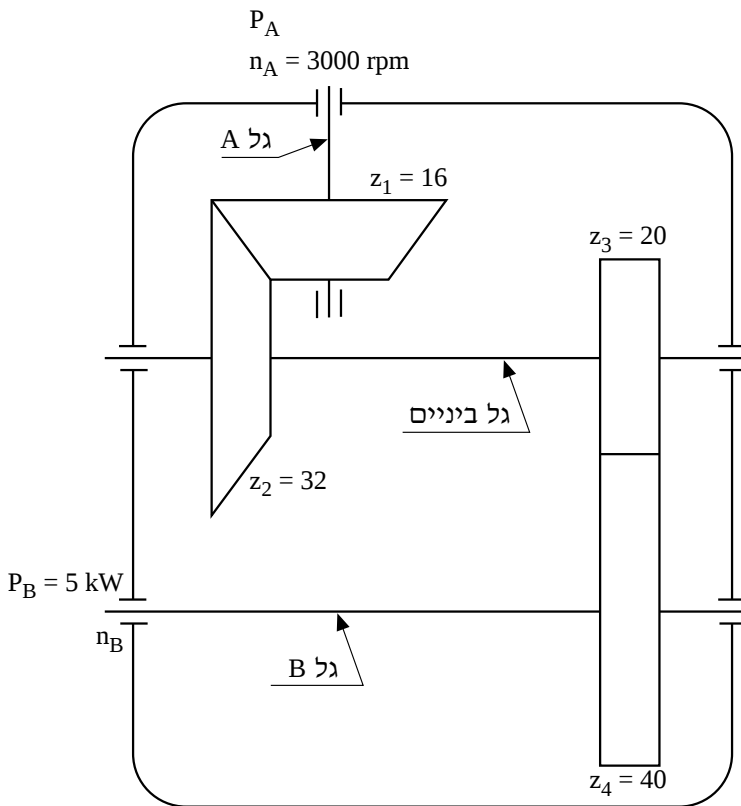
3. לאפשר את פירוק המתקן.
 4. לאפשר את קידוח הקדח במקומו המדויק.
 - ד. תפקידו של הקפיץ (חלק 11) הוא:
 1. להדק את הזיז שבזרוע הנעילה (חלק 9) לחריץ שבדיסקה המחורצת (חלק 6).
 2. למדוד את הכוח המופעל על-ידי המפעיל.
 3. למנוע את סיבובו של תותב הקידוח (חלק 3).
 4. להקל את פתיחת האומים (חלק 5).
 - ה. אום הפרפר (חלק 7) מיועדת:
 1. לייצוב המתקן.
 2. להידוק ושחרור התותב (חלק 3).
 3. להידוק ושחרור מהירים של העובד.
 4. לסיבוב העובד בין עמדות הקידוח.
 - ו. תותב הקידוח (חלק 3) עשוי מפלדת כלים SAE W1 כי מתכת זו:
 1. קשה מאוד.
 2. אלסטית מאוד.
 3. נוחה מאוד לשיבוב.
 4. פלסטית מאוד.
 - ז. לציר המוברג (חלק 8) יש ראש שצורתו:
 1. מנסרה משושה עם חריץ למברג.
 2. גליל עם שקע למפתח אלן.
 3. מנסרה ריבועית עם חריץ למברג.
 4. גליל עם חריץ למברג.
 - ח. בנספח ב' (לשאלה 1) מסורטטים שני היטלים של הציר המוברג (חלק 8). שני ההיטלים אינם מושלמים.
 1. השלם את הקווים החסרים בהיטלים.
 2. הוסף לסרטוטך את מידות התברג.
- הדבק מדבקת נבחן במקום המיועד לכך בנספח ב', וצרף אותו למחברתך.**

פרק שני: פרקי מכונות (80 נקודות)

ענה על ארבע מבין השאלות 2-7 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 2

באיור לשאלה 2 נתון תרשים של ממסרה בעלת שתי דרגות הפחתה. הכניסה לממסרה היא בגל A והיציאה ממנה היא בגל B. גלגלי השיניים 1 ו-2 הם גלגלי שיניים קוניים. גלגלי השיניים 3 ו-4 הם גלגלי שיניים גליליים בעלי שיניים ישרות.

**איור לשאלה 2**

א. חשב את יחס התמסורת של הממסרה, $\frac{n_B}{n_A}$, בין מהירות גל היציאה לזו של גל הכניסה.

ב. ללא קשר לתשובתך לסעיף א', הנח כי יחס התמסורת הוא: $i = \frac{1}{4}$, וחשב את מהירות הסיבוב של גל B.

לשאלה בסעיף ג' ניתנו ארבע תשובות אך רק אחת מהן נכונה. סמן אותה בדף התשובות שבנספח ה'.

ג. ההספק P_B , ביציאה מן הממסרה, הוא 5 kW. בהנחה שאין הפסדים בממסרה, ההספק P_A , בכניסה לממסרה, יהיה:

1. 10 kW

2. 5 kW

3. 7.5 kW

4. 20 kW

שאלה 3

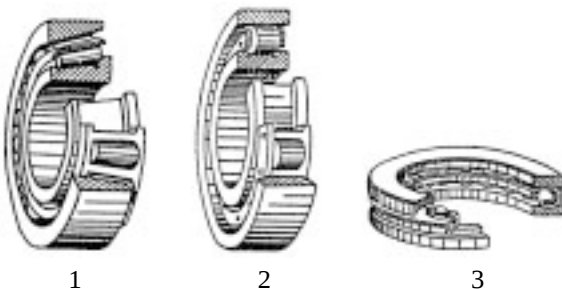
באיור א' לשאלה 3 מסורטט סכמתית מסב רדיאלי כדורי שמספרו הקטלוגי 61805.

א. העתק את הסרטוט למחברתך, היעזר בנספח ג' ומצא את ערכי המידות המסומנות בסרטוט. רשום את המידות במקום המתאים בסרטוט.

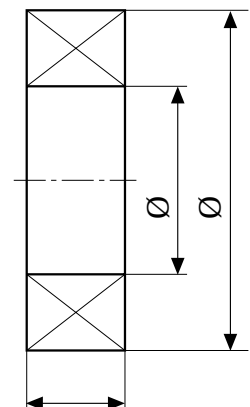
ב. היעזר בנספח וקבע מהו העומס הדינמי הבסיסי (C) של המסב.

ג. על המסב פועל כוח שקול: $P = 900 \text{ N}$. מהו אורך החיים של המסב ב- mil.rev^{-1} (מיליוני סיבובים)?

ד. באיור ב' לשאלה 3 נתונים שלושה מסבי גלילה. רשום במחברתך את מספרו של המסב שמותר להפעיל עליו רק כוחות ציריים.



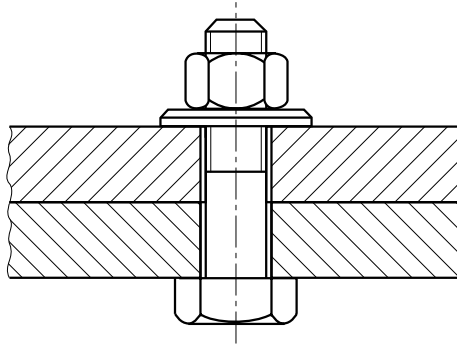
איור ב' לשאלה 3



איור א' לשאלה 3

שאלה 4

יש לחבר שני לוחות באמצעות בורג מטרי שקוטרו החיצוני 10 mm, כמתואר באיור לשאלה 4. כוח ההידוק צריך להיות גדול ככל האפשר. המאמץ המותר למתיחה לחומר הבורג הוא: $[\sigma_t] = 120 \text{ MPa}$.



איור לשאלה 4

על-פי הטבלה שבנספח ד', קיימים שני ברגים בקוטר 10 mm :

1. M10, רגיל.

2. M10 × 1.25, עדין.

א. רשום את "שטח החתך למתיחה" (A) של כל אחד משני הברגים.

ב. באמצעות איזה מבין שני הברגים אפשר ליצור כוח הידוק גדול יותר? נמק את תשובתך.

ג. חשב את כוח ההידוק המרבי (Q) שאפשר ליצור באמצעות הבורג שבחרת.

$$Q = \frac{[\sigma_t] \cdot A}{1.25} \quad \text{היעזר בנוסחה:}$$

ד. איזה מבין שני הברגים מבטיח טוב יותר את החיבור נגד פתיחה עצמית?

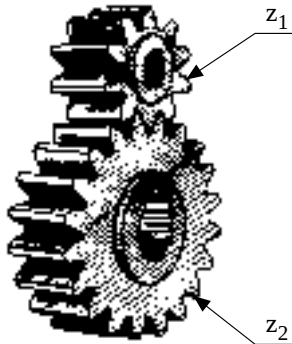
שאלה 5

לשאלה בסעיף א' ניתנו ארבע תשובות אך רק אחת מהן נכונה. סמן אותה בדף התשובות שבנספח ה'.

א. התפקיד של ממסרת גלגלי שיניים גליליים בעלי שיניים ישרות הוא:

1. להעביר תנועה סיבובית בין גלים מקבילים ולאפשר שוני בין מהירויות הסיבוב שלהם.
2. להעביר תנועה סיבובית בין גלים ניצבים ולאפשר שוני בין מהירויות הסיבוב שלהם.
3. להעביר תנועה סיבובית בין גלים ניצבים ולהגדיל את מהירות הסיבוב של אחד מהם.
4. להעביר תנועה סיבובית בין גלים מקבילים ולהפוך אותה לתנועה קווית.

ב. באיור לשאלה 5 מתואר זוג גלגלי שיניים משולבים, z_1 ו- z_2 .
 לגלגלי השיניים מודול: $m = 5 \text{ mm}$. הגלגל הקטן מסתובב 1500 rpm .
 מספר השיניים בכל אחד מן הגלגלים הוא: $z_1 = 20$ ו- $z_2 = 50$.



איור לשאלה 5

1. חשב את יחס התמסורת שבין שני גלגלי השיניים.
2. חשב את המרחק בין צירי הגלגלים.
3. חשב את מספר הסיבובים שהגלגל הגדול מסתובב בדקה.

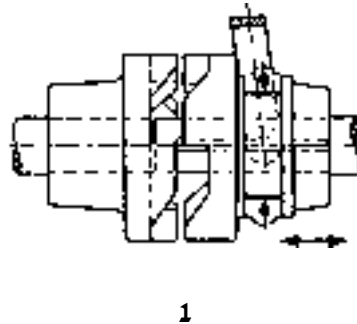
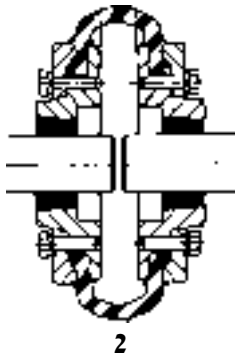
שאלה 6

א. מצמד מעביר הספק של 12 kW במהירות 400 rpm. מהו מומנט הסיבוב המועבר על-ידי המצמד?

לשאלה בסעיף ב' ניתנו ארבע תשובות אך רק אחת מהן נכונה. סמן אותה בדף התשובות שבנספח ה'. הדבק את מדבקת הנבחן שלך בנספח, וצרף אותו למחברתך.

ב. כאשר מעבירים תנועה סיבובית בין שני גלים זהים באמצעות מצמד:

1. מהירות הסיבוב של שני הגלים תהיה שווה.
 2. מומנט הסיבוב המועבר בכל אחד מן הגלים יהיה שונה.
 3. ההספק המועבר בכל אחד מן הגלים יהיה שונה.
 4. מאמץ הפיתול בכל אחד משני הגלים יהיה שונה.
- ג. באיור לשאלה 6 מתוארים שני מצמדים. אחד מהם מאפשר ניתוק מהיר, במצב חירום, של תנועה המועברת בין שני גלים. רשום במחברתך את המספר המציין את המצמד הזה.



איור לשאלה 6

שאלה 7

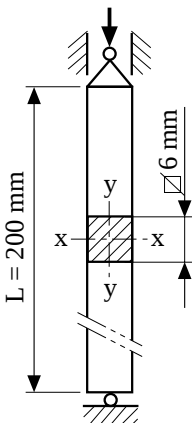
באיור לשאלה 7 מתואר עמוד העשוי ממוט פלדה בעל חתך ריבועי 6 mm.

א. חשב את מומנט האינרציה (ההתמד) של חתך המוט, ביחס לאחד הצירים המסומנים בחתך.

ב. אורך המוט 200 mm, מודול האלסטיות של הפלדה: $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$. חשב את הכוח הקריטי לקריסה בעזרת נוסחת אוילר.

שים לב: המוט תפוס בקצותיו בשני פרקים.

ג. חשב את כוח הקריסה המרבי המותר במוט אם נתון שמקדם הבטיחות לקריסה הוא: $k = 2$.



איור לשאלה 7

מקור מלקות נכון

נושא ב': תורת הבנייה (100 נקודות)

נושא זה מיועד רק לתלמידי ההתמחות

צורת ומבנים.

ענה בגוף השאלון על חמש מבין השאלות 8–14 (לכל שאלה – 20 נקודות).
הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בראש העמוד.

שאלה 8

באיור א' לשאלה 8 מתוארת תכנית של ביתן בן חדר אחד ומעליה חתך א'–א'.

א. עיין באיור ורשום את ערכי המידות של הפרטים הבאים:

1. הגובה הכללי של הביתן:

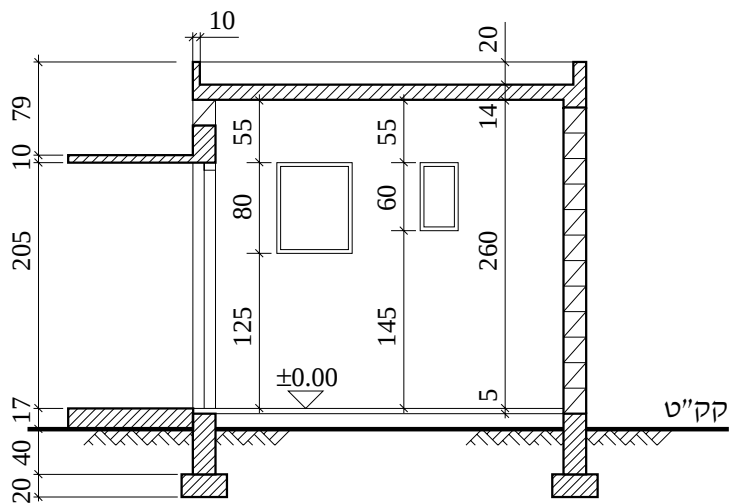
2. מידות החלון הגדול:

3. גובה החלון הקטן מרצפת הביתן:

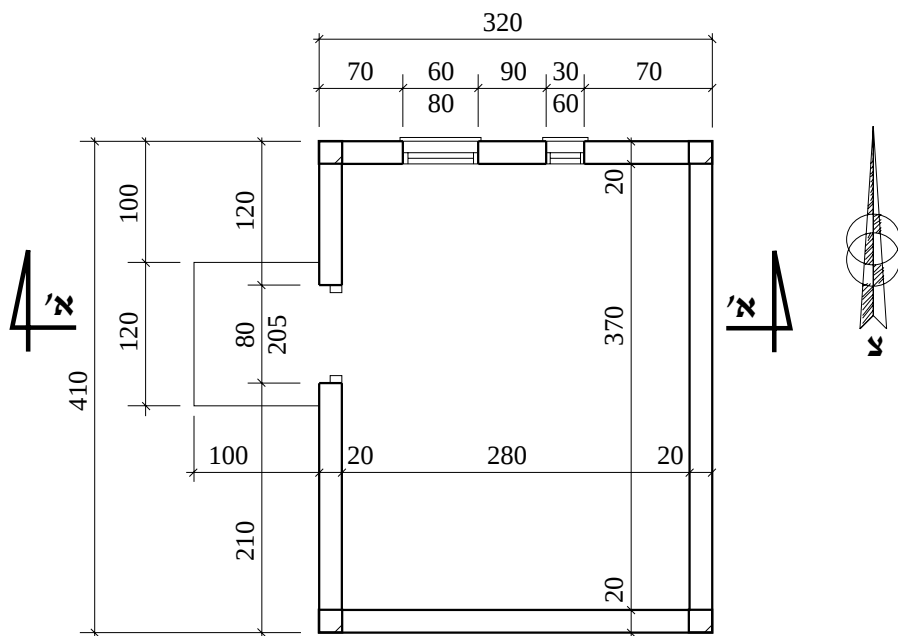
4. גובה פני הרצפה מקו הקרקע הטבעי (קק"ט):

5. רוחב דלת הכניסה:

ב. מהו סוג הבנייה של הביתן על-פי הסימנים בתכנית ובחתך שבאיור א'?



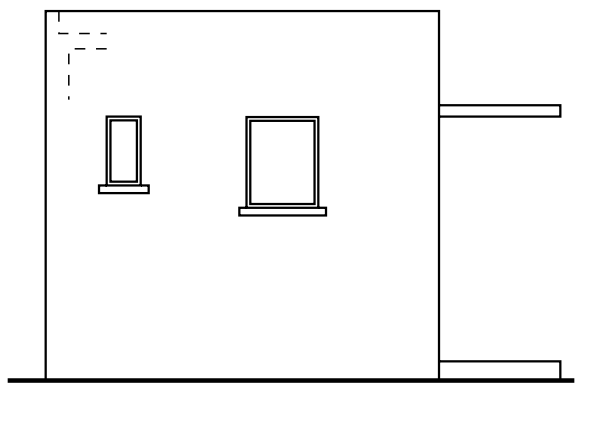
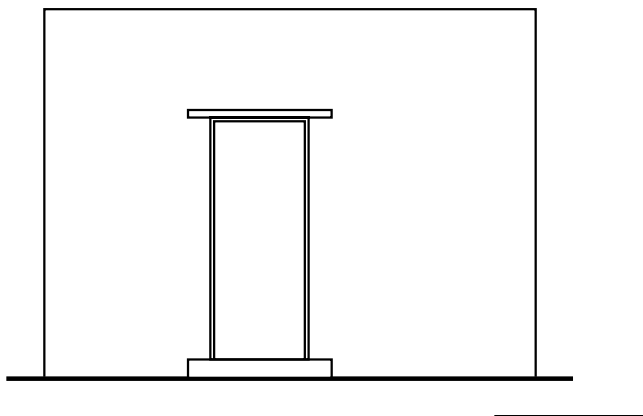
חֶתֶךְ א' - א'



תכנית הביתן

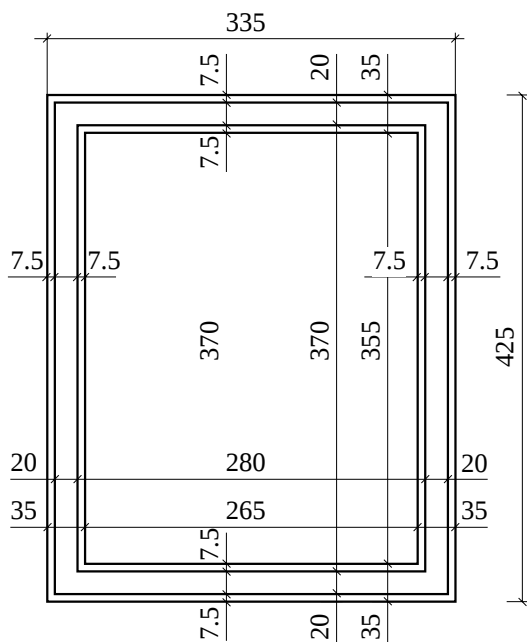
איור א' לשאלה 8

ג. באיור ב' לשאלה 8 מתוארות שתי חזיתות של הבית. רשום מתחת לכל חזית את כיוונה.



איור ב' לשאלה 8

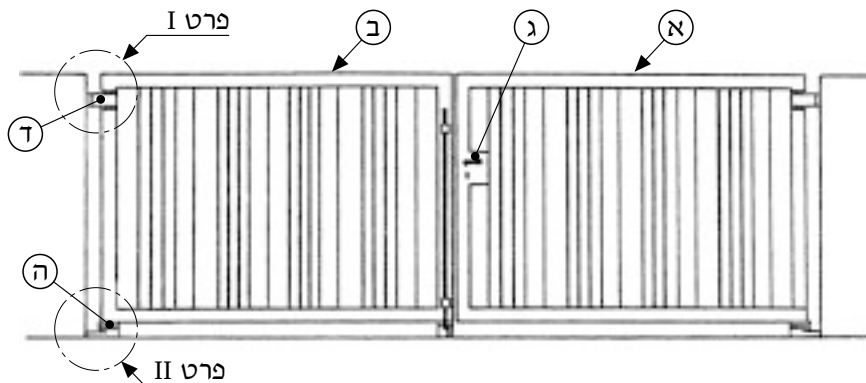
ד. באיור ג' לשאלה 8 נתונה תכנית המסד של הבית. מהו סוג המסד?



איור ג' לשאלה 8

שאלה 9

באיור א' לשאלה 9 מתואר שער דו-אגפי.



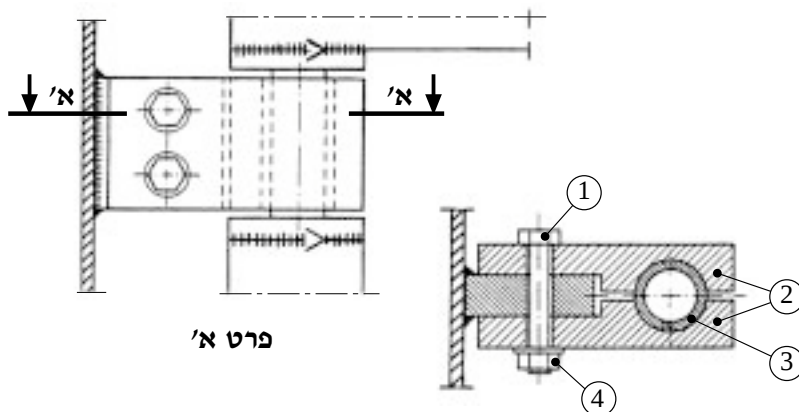
איור א' לשאלה 9

א. רשום את שמות הרכיבים המסומנים באיור באותיות א' – ה'.

- א' _____
- ב' _____
- ג' _____
- ד' _____
- ה' _____

ב. באיור ב' לשאלה 9 נתון היטל פנים וחתך א' – א' של הפרט I, המסומן באיור א' לשאלה.

רשום את שמות החלקים המסומנים בחתך במספרים ① – ④.



חתך א' – א'

איור ב' לשאלה 9

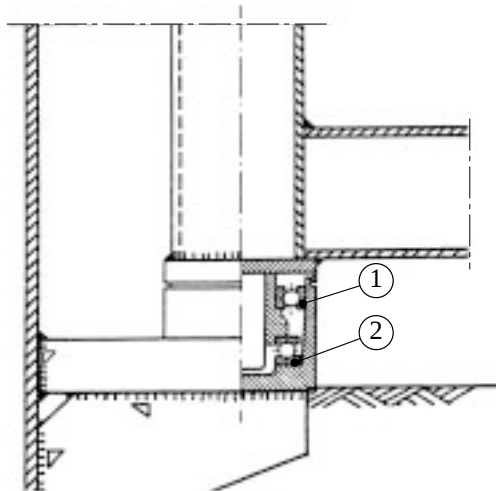
1. ①
- ②
- ③
- ④

2. מהו תפקידם של שני החלקים המסומנים ב-② ?

ג. באיור ג' לשאלה 9 מתואר חתך של הפרט II, המסומן באיור א' לשאלה, ומסומנים בו שני מסבים: מסב רדיאלי ומסב לחץ.

זהה כל אחד משני המסבים וציין את תפקידו.

- ①
- ②



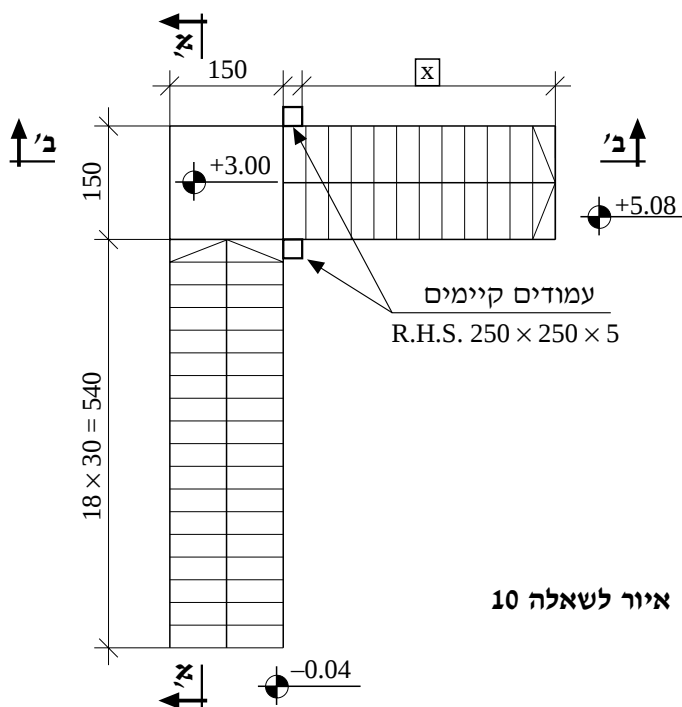
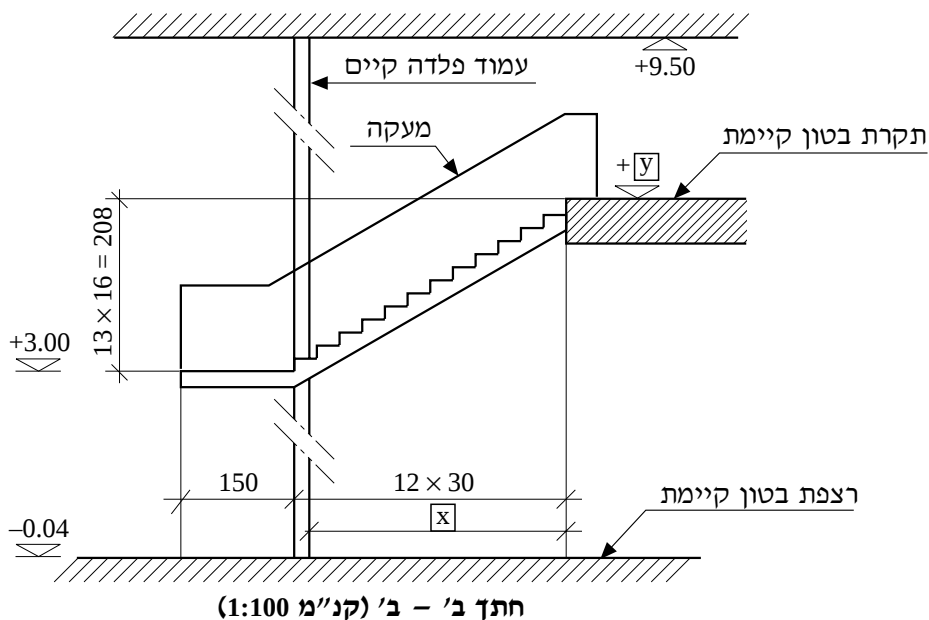
פרט II

איור ג' לשאלה 9

ד. היכן מקובל להתקין שער מן הסוג המתואר באיור א' לשאלה?

שאלה 10

באיור לשאלה 10 מתואר מהלך מדרגות המקשר בין שני מפלסים בתוך בניין. למדרגות מחובר מעקה.



איור לשאלה 10

א. עיין באיור וקבע מהו ערכו של המפלס המסומן ב- y .

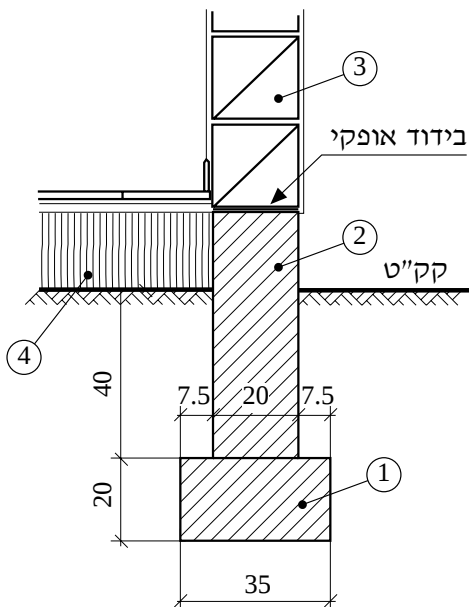
ב. חשב את המרחק x שבין קצה תקרת הבטון לעמוד הפלדה.

ג. מהו הגובה התקני של מעקה מדרגות מעל מפלס המדרגות?

ד. מה פירוש הסימון של העמודים: $5 \times 250 \times 250$ R.H.S. ?

שאלה 11

באיור לשאלה 11 מתואר יסוד עובר של מבנה.



פרט למסד ויסוד

איור לשאלה 11

א. מהם שמות החלקים המסומנים באיור במספרים ① – ④ ?

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____

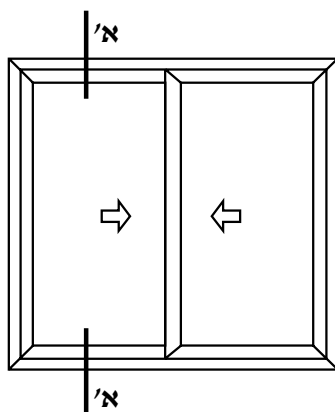
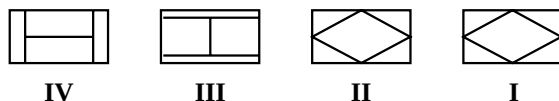
ב. מהו תפקידו של הבידוד האופקי המסומן באיור?

ג. איזה סוג קרקע מתאים ליסוד כזה ומהו העומק המומלץ עבורו?

ד. באיזה סוגי מבנים מומלץ להשתמש ביסוד כזה?

שאלה 12

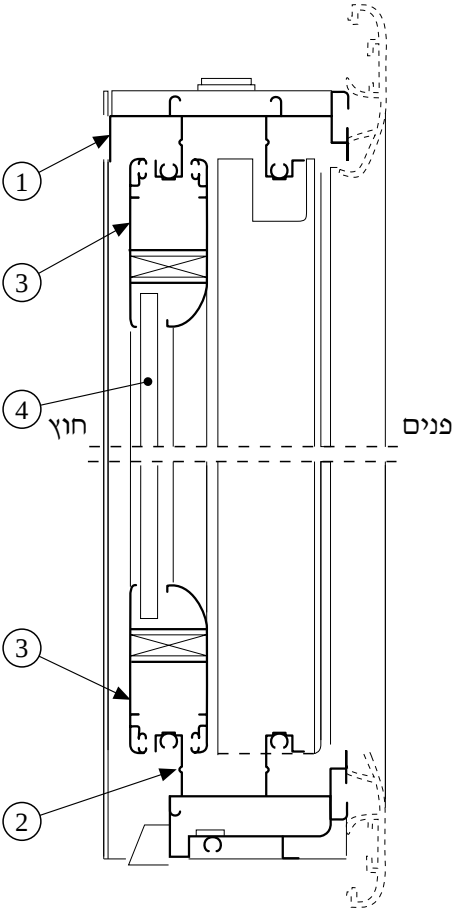
א. באיור א' לשאלה 12 מתואר חלון הזזה דו-אגפי. איזה מבין התיאורים I – IV שלהלן מתאים לייצג חלון זה? הקף אותו בעיגול.



איור א' לשאלה 12

ב. באיור ב' לשאלה 12 מתואר חתך א'–א' העובר דרך החלון שבאיור א'. השלם את רשימת החלקים ① – ④ המסומנים בחתך.

מס'	שם החלק	תפקיד	חומר
①			
②			
③			
④			



חַתַּךְ א' - א'

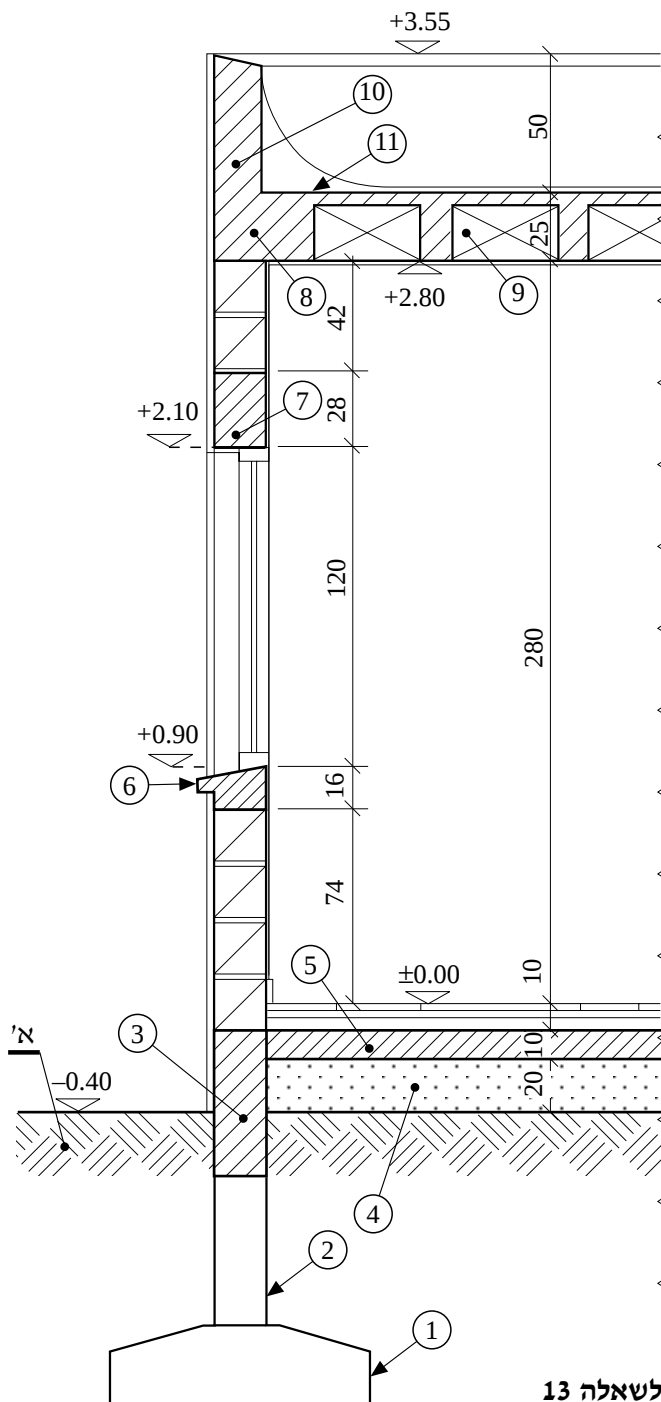
איור ב' לשאלה 12

ג. מדוע יש צורך לסמן פנים וחץ בסרטוט החתך של החלון?

ד. רשום ארבעה יתרונות שיש לחלונות מאלומיניום על-פני חלונות מחומרים אחרים.

שאלה 13

באיור לשאלה 13 מתואר חתך אופייני של מבנה ומסומנים בו חלקיו במספרים.



איור לשאלה 13

א. רשום את המספרים המייצגים כל אחד מחלקי המבנה האלה:

בסיס: _____

רצפה: _____

קיר: _____

תקרה: _____

ב. מהו המשטח המסומן בחתך ב-④ ומהו תפקידו?

ג. מהו סוג התקרה של המבנה לפי התיאור שבחתך?

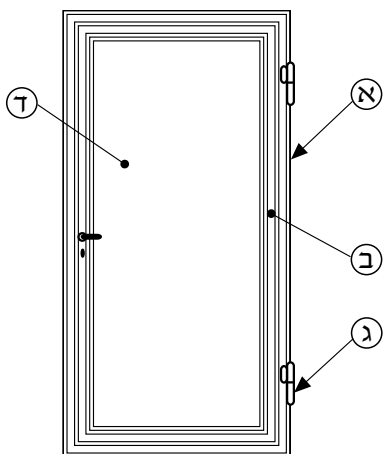
ד. מהו המשטח המסומן באות א' ומהו מפלס פניו?

שאלה 14

באיור א' לשאלה 14 מתוארת דלת ימנית חד-אגפית עם ציפוי.

א. רשום את שמות החלקים המסומנים באיור

באותיות א) – ד).



איור א' לשאלה 14

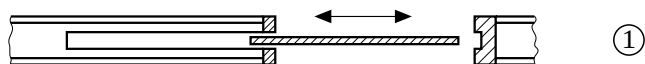
א) _____

ב) _____

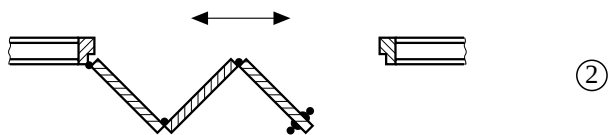
ג) _____

ד) _____

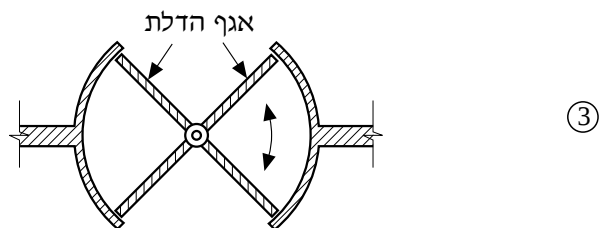
ב. באיור ב' לשאלה נתונים חתכים של ארבע דלתות. הסבר בקצרה את אופן הפתיחה של כל אחת מן הדלתות.



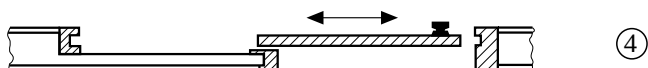
①



②



③

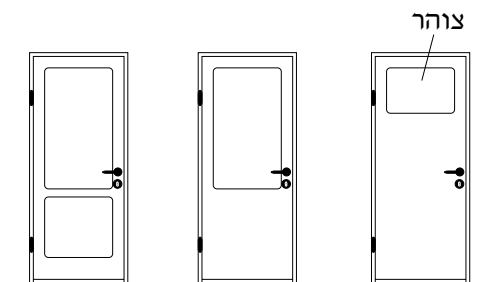


④

איור ב' לשאלה 14

- ①
- ②
- ③
- ④

ג. באיור ג' לשאלה נתונות שלוש דלתות שלכל אחת מהן צוהר זכוכית. לאיזה צורך משתמשים בדלתות מסוג זה?

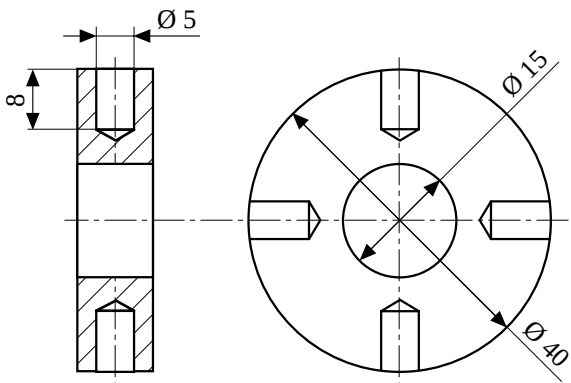
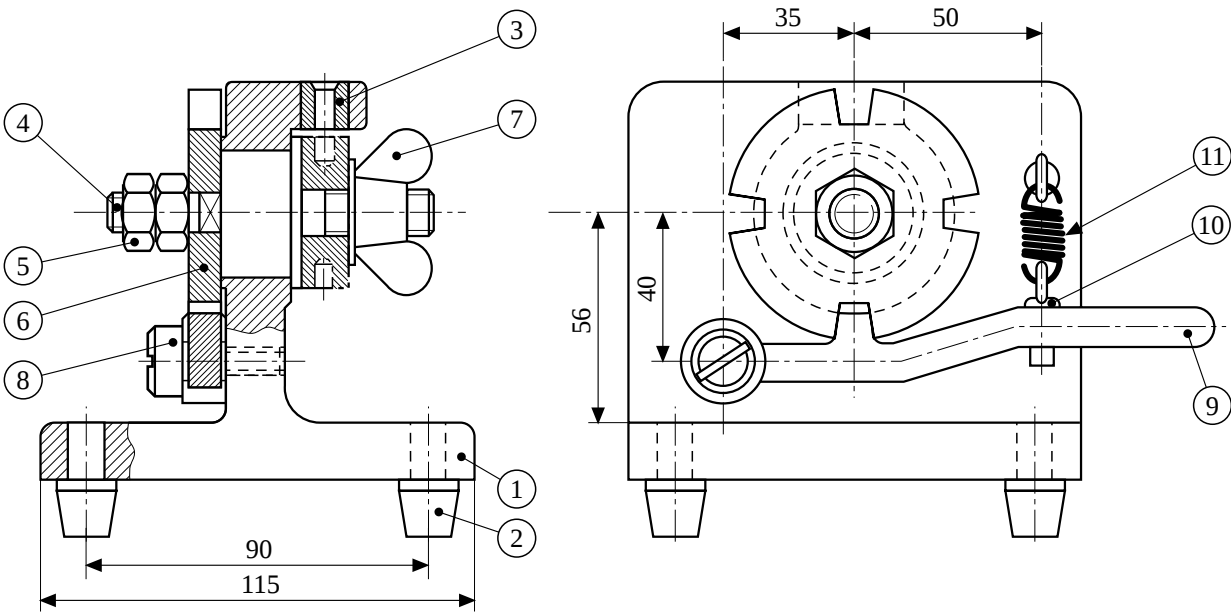


איור ג' לשאלה 14

ד. ציין שני חומרים שאפשר להשתמש בהם במקום הזכוכית שבדלתות בלי לאבד את שקיפות הצוהר.

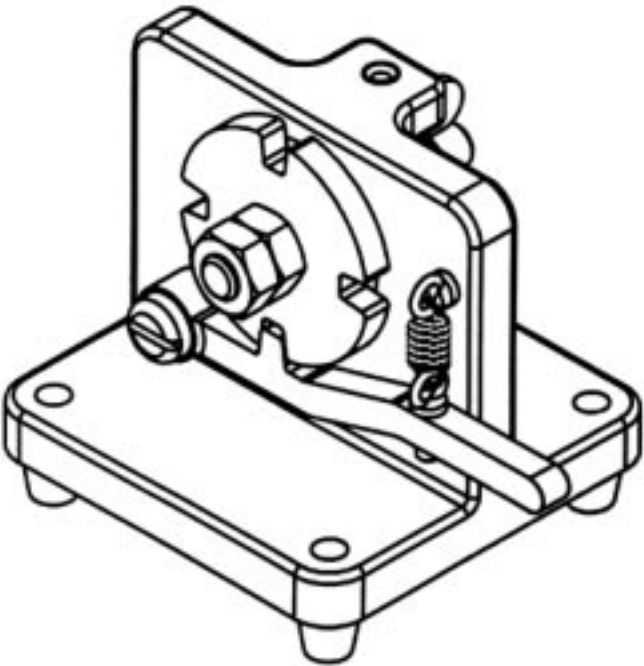
בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.



עובד
(קנ"מ: 1:1)

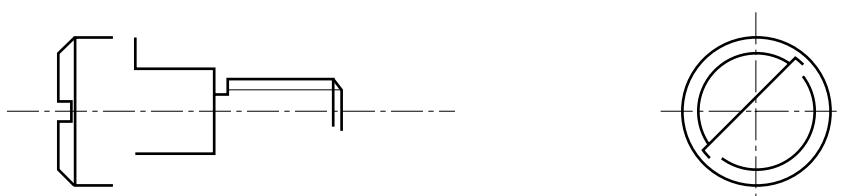
11	קפיץ	1	SAE 1090		תקני
10	תפס	2	SAE 1020		
9	זרוע נעילה	1	SAE 1030		
8	ציר מוברג	1	SAE 1030		
7	אום פרפר	1	SAE 1020	M 16	תקני
6	דיסקה מחורצת	1	SAE 1020		
5	אום	2	SAE 1020	M 16	תקני
4	סרן	1	SAE 1030		
3	תותב קידוח	1	SAE W1		
2	רגלית	4	SAE 1020		
1	גוף	1	יצקת פלדה		
מספר החלק	שם החלק	כמות	חומר	מידות	הערות
מתקן קדיחה					
קנ"מ: 1:2					



מקוסל נגהקת נכחן

נספח ב' (לשאלה 1)

לשאלון 838105, 838205, קיץ תשס"ג



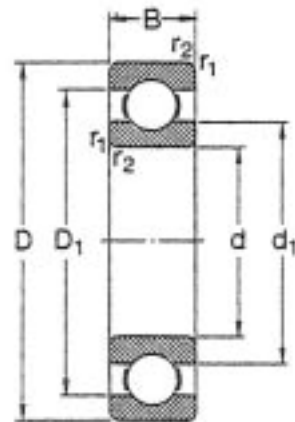
קנ"מ 1:1

נספח ג'

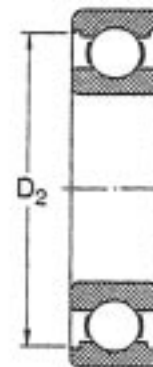
לשאלון 838105, קיץ תשס"ג

Deep groove ball bearings
single row
d 15-30 mm

מסבים רזיאליים כדוריים



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	—
15	24	5	1 560	800	34	28 000	34 000	0,0074	61802
	28	7	4 030	2 040	85	24 000	30 000	0,016	61902
	32	8	5 590	2 850	120	22 000	28 000	0,025	16002
	32	9	5 590	2 850	120	22 000	28 000	0,030	6002
	35	11	7 800	3 750	160	19 000	24 000	0,045	6202
	42	13	11 400	5 400	228	17 000	20 000	0,082	6302
17	26	5	1 680	930	39	24 000	30 000	0,0082	61803
	30	7	4 360	2 320	98	22 000	28 000	0,018	61903
	35	8	6 050	3 250	137	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	3 250	137	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	9 560	4 750	200	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	275	16 000	19 000	0,12	6303
20	62	17	22 900	10 800	455	12 000	15 000	0,27	6403
	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
25	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
	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
30	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
	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
30	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

נספח ד'

לשאלון 838105, 838205, קיץ תשס"ג

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

תבריגים רגילים					תבריגים עדינים			
קוטר חיצוני	פסיעה	שטח חתך למתיחה	קוטר פנימי	קוטר אפקטיבי	פסיעה	שטח חתך למתיחה	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	0.40	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	6.00	2.764	3.110				
4	0.7	7.75	3.141	3.545				
5	0.8	12.7	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	8.160	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	1050	36.779	39.077	2	1230	39.546	40.701
48	5	1380	41.866	44.752	2	1630	45.456	46.701
56	5.5	1910	49.252	52.428	2	2250	53.516	54.701
64	6	2520	56.639	60.639	2	2980	61.546	62.701

הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך.
כשתסיים להשיב על כל השאלות, הדק את הדף הזה אל מחברת הבחינה שלך.
הקף בעיגול את הספרה המציינת את התשובה הנכונה לכל סעיף.

תשובות לשאלה 1

סעיף א'	1	2	3	4
סעיף ב'	1	2	3	4
סעיף ג'	1	2	3	4
סעיף ד'	1	2	3	4
סעיף ה'	1	2	3	4
סעיף ו'	1	2	3	4
סעיף ז'	1	2	3	4

תשובה לשאלה 2

סעיף ג'	1	2	3	4
---------	---	---	---	---

תשובה לשאלה 5

סעיף א'	1	2	3	4
---------	---	---	---	---

תשובה לשאלה 6

סעיף ב'	1	2	3	4
---------	---	---	---	---

אסור להעביר נוסחאון

זה מנבחן אחד למשנהו

נוסחאון במכניקה הנדסית (10 עמודים)

1. מתיחה – לחיצה

σ_y	— מאמץ גבול הכניעה	[MPa]
s	— מקדם בטיחות	
$[\sigma]$	— מאמץ מותר	[MPa]
σ	— מאמץ	[MPa]
F	— כוח	[N]
A	— שטח החתך למתיחה	[mm ²]
b	— רוחב השטח למעיכה	[mm]
ℓ	— אורך השטח למעיכה	[mm]
$\sigma_{מע}$	— מאמץ מעיכה	[MPa]

$$\sigma = \frac{\sigma_y}{s}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{מע} = \frac{F}{b \cdot \ell}$$

2. גזירה

A	— השטח הנגזר	[mm ²]
τ	— מאמץ הגזירה	[MPa]
F	— כוח הגזירה	[N]
i	— מספר השכבות	
t	— עובי שכבה	[mm]
L	— אורך החיתוך (היקף)	[mm]

$$\tau = \frac{F}{A}$$

גזירה רצויה

$$A = itL$$

3. פיתול ותנועה סיבובית

v — מהירות היקפית של מעגל מסתובב [m/sec]	$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \times 1000}$
M — מומנט סיבוב [Nmm]	$M = L \times F$
L — זרוע הסיבוב [mm]	$\tau = \frac{M_t}{Z_o} \leq [\tau]$
τ — מאמץ הפיתול בחתך המפותל [MPa]	לחתך עגול מלא:
$[\tau]$ — מאמץ הפיתול המותר [MPa]	$Z_o \cong 0.2d^3$
M_t — מומנט הפיתול [Nmm]	$M_t = 9,550,000 \frac{P}{n}$
Z_o — מודול החתך לפיתול (קוטבי) [mm ³]	לחתך עגול חלול:
d — קוטר ; קוטר פנימי [mm]	$Z_o \cong \frac{0.2 (D^4 - d^4)}{D}$
p — הספק [kW]	$\phi = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o} \cdot \frac{180}{\pi}$
n — מספר סיבובים לדקה [rpm]	
D — קוטר חיצוני [mm]	
ϕ — זווית פיתול [deg]	

4. כפיפה

σ_x — מאמץ כפיפה, סביב ציר x [MPa]	$\sigma_x = \frac{M_x}{Z_x}$
M_x — מומנט כפיפה [Nmm]	$M_x = L \times F$
Z_x — מומנט התנגדות (מודול החתך) [mm ³]	לחתך מלבני:
d — קוטר [mm]	$Z_x = \frac{bh^2}{6}$
b — רוחב החתך [mm]	לחתך עגול מלא:
h — גובה החתך [mm]	$Z_x = \frac{\pi d^3}{32} \cong 0.1d^3$
F — כוח [N]	מומנטי התמד (אינרציה) ציריים
L — זרוע [mm]	לחתך עגול:
d — קוטר [mm]	$I = \frac{\pi d^4}{64} = 0.05d^4$
b — הממד המקביל למישור הניטרלי [mm]	לחתך מלבני:
h — הממד הניצב למישור הניטרלי [mm]	$I_{max.} = \frac{bh^3}{12}$

5. קריסה

F_{cr}	—	הכוח שיגרום לקריסה, לפי שיטת אוילר	$[N]$
E	—	מודול האלסטיות של החומר	$[MPa]$
I_{min}	—	מומנט ההתמד הצירי המינימלי של חתך המוט	$[mm^4]$
L	—	אורך המוט	$[mm]$
μ	—	מקדם האורך התלוי בשיטת החיזוק של המוט:	
		א. פרקים בשני הקצוות $\mu = 1$	
		ב. קיבוע בקצה אחד וקצה שני חופשי $\mu = 2$	
		ג. קיבוע בשני הקצוות $\mu = 1/2$	
		ד. קיבוע בקצה אחד ופרק בקצה שני $\mu = 2/3$	
λ	—	תמירות המוט	
i_{min}	—	רדיוס ההתמד (אינרציה) המינימלי	$[mm]$
A	—	שטח החתך	$[mm^2]$
$F_{ק"מ}$	—	כוח מותר בקריסה	$[N]$
K	—	מקדם בטיחות בקריסה	

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{min.}}{(\mu L)^2}$$

$$\lambda = \frac{\mu L}{i_{min}}$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$$

$$F_{ק"מ} = \frac{F_{cr}}{K}$$

6. מסבים

אורך חיים של מסבי גלגול:

למסב כדורים:

$$L = \left[\frac{C}{P} \right]^3$$

$$\frac{C}{P} = \sqrt[3]{L}$$

$$C = P \sqrt[3]{L}$$

$$P = \frac{C}{\sqrt[3]{L}}$$

L — אורך החיים של המסב במיליוני

[mil · rev] סיבובים

למסב גלילים:

$$L = \left[\frac{C}{P} \right]^{10/3}$$

C — הכושר הדינמי של המסב

[N]

נתון בטבלות של יצרני המסבים

P — העומס השקול על המסב

[N]

מסבי החלקה:

$$p = \frac{F}{d \cdot \ell}$$

p — לחץ שטח במסב החלקה

[MPa]

d — הקוטר הפנימי של מסב ההחלקה

[mm]

ℓ — אורך מסב ההחלקה

[mm]

F — הכוח הפועל על מסב ההחלקה

[N]

n — מהירות סיבוב

[rpm]

v — מהירות קווית

[m/s]

$$v = \frac{\pi d n}{60,000}$$

$$pv \leq [pv]$$

[pv] — מכפלת התחממות מותרת

$\left[\text{MPa} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

7. קפיצים

לקפיץ בורגי בעל חתך עגול:

[MPa]	G — מודול האלסטיות לגזירה	$C = \frac{F}{\Delta f} = \frac{G \cdot d^4}{8D^3 \cdot n}$
[mm]	d — קוטר התיל	לקפיץ בורגי בעל חתך מלבני: (או קפיץ עלה רתום בצד אחד)
[mm]	D — קוטר ממוצע של הקפיץ	$\Delta f = \frac{4F\ell^3}{bt^3E} = \frac{F\ell^3}{3EI}$
	n — מספר הכריכות הפעילות של הקפיץ	$W = \frac{\Delta f}{2}$
[N]	F — העומס החיצוני על הקפיץ	$n = \frac{\Delta f \cdot G \cdot d^4}{8F \cdot D^3}$
[mm]	Δf — מידת שקיעת הקפיץ	לקפיץ מוט פיתול:
[N/mm]	C — קבוע הקפיץ	$[\tau_t] = \frac{0.6 \sigma_y}{s}$
[mm]	ℓ — אורך הקפיץ (עלה)	$M_{tmax} = [\tau_t] \cdot Z_o$
[mm]	b — רוחב הקפיץ (עלה)	$\varphi_{rad} = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o}$
[mm]	t — עובי הקפיץ (עלה)	$W = U_{el} = \frac{M_t \cdot \varphi_{rad}}{2}$
[MPa]	E — מודול האלסטיות	
[mm ⁴]	I — מומנט התמד צירי של החתך	
[Nmm]	W — עבודה	
	s — מקדם בטיחות	
[MPa]	σ_y — מאמץ גבול הכניעה	
[MPa]	$[\tau_t]$ — מאמץ מותר לפיתול	
[mm ³]	Z_o — מודול החתך לפיתול (קוטבי) (מומנט התנגדות לפיתול)	
[Joule]	U_{el} — אנרגיה אלסטית בקפיץ	
[mm]	f — שקיעת הקפיץ	
[mm]	L — אורך המוט	
[Nm]	M_t — מומנט פיתול	
[mm ⁴]	I_o — מומנט התמד קוטבי	

8. ברגים

[MPa]	— מאמץ בגבול הכניעה	σ_y	
[MPa]	— מאמץ מותר למתיחה	$[\sigma_t]$	
[MPa]	— מאמץ שקול בבורג	σ_e	$\sigma_e \equiv \frac{1.25Q}{A} \leq [\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{s}$
[N]	— כוח צירי בבורג	Q	
$[\text{mm}^2]$	— שטח החתך של הבורג	A	
	— מקדם בטיחות	s	
[Nmm]	— מומנט סיבוב, מועבר על-ידי בורג	M_t	$M_t = Q \tan(\gamma \pm \phi) \cdot \frac{d_2}{2} \approx 0.1 Qd$
[deg]	— זווית המעלה	γ	
[deg]	— זווית חיכוך	ϕ	$\frac{iP}{\pi d_2} = \tan \gamma$
	— מקדם חיכוך	μ	$\mu = \tan \phi$
[mm]	— קוטר ממוצע של הבורג	d_2	בתברג ריבועי:
[mm]	— פסיעת התברג	P	
[mm]	— הקוטר החיצוני של הבורג	d	$d_2 = d - \frac{P}{2} = d - h$
[mm]	— גובה השן של התברג	h	
	— מספר התחלות בתברג	i	

9. מצמידים

	— כוח חיכוך כתוצאה מהידוק	F_f	$F_f = \mu Q$
[MPa]	— בורג אחד במצמד		
	— מקדם חיכוך	μ	
[Nm]	— מומנט כתוצאה מכוחות החיכוך	M_f	$M_f = i \cdot F_f \cdot \frac{D_f}{2}$
	— מספר הברגים	i	
	— קוטר מעגל החלוקה שעליו	D_f	
[mm]	— הברגים ממוקמים		
	— מומנט הסיבוב המועבר	M_t	$M_t = 9550 \frac{P}{n}$
[Nm]	— בתנועה סיבובית		
[kW]	— הספק	P	
[rpm]	— מהירות סיבובית	n	
[N]	— כוח צירי בבורג	Q	

10. גלים

[Nm]	— מומנט מורכב	M_e	$M_e = \sqrt{M_b^2 + M_t^2}$
[Nm]	— מומנט כפיפה	M_b	
[Nm]	— מומנט פיתול	M_t	$\sigma_e = \frac{M_e}{Z_b}$
[Nm]	— מאמץ מורכב	σ_e	
	— מומנט התנגדות	Z_b	
[mm ³]	(מודול החתך) לכפיפה		

11. גלגלי שיניים

	— יחס התמסורת	i	$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$
[rpm]	— מהירות הסיבוב של הגלגלים	n, n_1, n_2	
	— מספר השיניים בגלגל	z_1, z_2, z	
[mm]	— מודול השן	m	$D = mz = \frac{t}{\pi} z$
[mm]	— קוטר מעגל החלוקה	D	$D_e = m(z + 2)$
[mm]	— קוטר מעגל העיקרים	D_i	$D_i = m(z - 2.4)$
[mm]	— קוטר מעגל הראשים	D_e	
[mm]	— קוטר גג"ש	D_1, D_2	
	— מקדם רוחב הגלגל	λ	
[mm]	— רוחב הגלגלים	b	$A_1 = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$
[mm]	— המרחק בין צירי הגלגלים	A_1	
[mm]	— גובה השן	h	$\lambda = \frac{b}{m}$
[mm]	— פסיעת הגלגל (השיניים)	t	
[mm]	— גובה ראש השן	h_1	$h = h_1 + h_2$
[mm]	— גובה עיקר השן	h_2	$h_1 = m$
	— מקדם עומס יתר	f	$h_2 = 1.2m$
	— מקדם מספר שיניים	q	
[MPa]	— מאמץ מותר לכפיפה	$[\sigma]$	$m = 490 \sqrt[3]{\frac{P \cdot f \cdot q}{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}}$

[N]	— כוח היקפי לגלגל שיניים	F_t
[N]	— כוח השילוב בין גלגלי השיניים	F
[deg]	— זווית הלחץ	α
	— מספר שיניים מינימלי (שן תקנית)	$z_{\min}$
[kW]	— הספק מועבר על-ידי הגלגלים	P
[Nm]	— המומנט המועבר	M_t

$$P = \left(\frac{m}{490} \right)^3 \frac{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}{f \cdot q}$$

$$M_t = 9550 \frac{P}{n}$$

$$F_t = F \cos \alpha = \frac{2 M_t}{m z}$$

$$z_{\min} = \frac{2}{\sin^2 \alpha}$$

בגל כוכב:

	— מספר השיניים בגל כוכב	k
[Nm]	— המומנט לשן בגל כוכב	M_e
[mm]	— קוטר ביניים בגל כוכב	d_m
[mm]	— קוטר פנימי בגל כוכב	d_1
[mm]	— קוטר חיצוני בגל כוכב	d_2
$[\text{mm}^2]$	— שטח השן הנמעכת	A
[mm]	— אורך השן הנמעכת	L

$$M_e = \frac{M_T}{k}$$

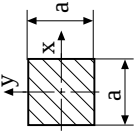
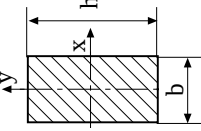
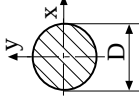
$$F = M_e \frac{2}{d_m}$$

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$A = \frac{d_2 - d_1}{2} \cdot L$$

12. רצועות

[N]	— כוח היקפי	F	$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$
[kW]	— הספק נמסר	P	
[kW]	— הספק אפקטיבי	P_E	$F = \frac{1000 P}{v}$
[m/s]	— מהירות הרצועה	v	$S_1 = K_e \cdot F$
[N]	— כוח מתיחה בענף הפעיל	S_1	$S_2 = S_1 - F$
[N]	— כוח מתיחה בענף הסביל	S_2	
	— מקדם כוח מתיחה	K_e	$M_t = (S_1 - S_2) \frac{D}{2}$
[m]	— קוטר גלגל הממסרת	D , D_1 , D_2	$P_E = K_d \cdot P$
[Nm]	— המומנט הנמסר	M_t	$L = 1.57 (D_0 + d_0) + 2A + \frac{(D_0 - d_0)^2}{4A}$
[rpm]	— מהירות סיבובית של גלגל	n_1 , n_2	
	— יחס התמסורת בין גלגלי הרצועה	i	
	— מקדם תנאי העבודה	K_d	
[m]	— אורך הרצועה	L	
[m]	— קוטר חיצוני בגלגל הקטן	d_0	
[m]	— מרחק בין מרכזי הגלגלים	A	
[m]	— קוטר חיצוני בגלגל הגדול	D_0	

מומנט התמדה קוטבי, I_o [mm ⁴]	מומנט התמדה, I [mm ⁴]	מומנט התנגדות לפיתול, Z_o [mm ³] (מודול החתך)	מומנט התנגדות לכפיפה, Z [mm ³] (מודול החתך)	A, שטח [mm ²]	היקף [mm]	
	$I_x = I_y = \frac{a^4}{12}$		$Z_x = Z_y = \frac{a^3}{6}$	a^2	4 a	
	$I_x = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = \frac{hb^3}{12}$		$Z_x = \frac{bh^2}{6}$ $Z_y = \frac{hb^2}{6}$	$b \cdot h$	2(h + b)	
$I_o = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0.1 D^4$	$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} = 0.05 D^4$	$Z_o = \frac{\pi D^3}{16} \approx 0.2 D^3$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0.1 D^3$	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	
$I_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 (D^4 - d^4)$	$I_x = I_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} = 0.05 (D^4 - d^4)$	$Z_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{16} \approx 0.2 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$	$\pi(D + d)$	