

מדינת ישראל

משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים

מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016

סמל השאלון: 838381

נספחים: א. שגמים פריזמטיים

ב. סרטוט היטלים (לשאלה 4)

ג. סרטוט היטלים (לשאלה 5)

ד. סרטוט הרכבה (לשאלה 6)

ה. דף תשובות (לשאלה 6)

ו. טבלת אמת ומפת קרנו

ז. מערך פיקוד – שלוש בוכנות

נוסחאון

תרגום לערבית (2)

דولة إسرائيل

وزارة التربية والتعليم

نوع الامتحان: بچروت للمدارس الثانوية

موعد الامتحان: صيف 2016

رقم النموذج: 838381

ملاحق: أ. خوابير منشورية

ب. رسم مساقط (للسؤال 4)

ج. رسم مساقط (للسؤال 5)

د. رسم تربيي (للسؤال 6)

هـ. ورقة إجابات (للسؤال 6)

و. جدول صدق وخارطة كارنو

ز. نظام تحكّم – ثلاثة مكابس

ورقة قوانين

מכניקה הנדסית

על-פי תכנית הרפורמה ללמידה משמעותית

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שלושה פרקים.

עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד

משלושת הפרקים, ועל שתי שאלות נוספות

על-פי בחירתך. לכל שאלה – 20 נקודות,

סה"כ – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי כתיבה, כלי

סרטוט ומחשבון.

ד. הוראות מיוחדות: אין.

ميكانيكا هندسية

بحسب برنامج الإصلاح للتعلم ذي المعنى

تعليمات للممتحن

أ. مدة الامتحان: ثلاث ساعات.

ب. مبنى النموذج وتوزيع الدرجات:

في هذا النموذج ثلاثة فصول.

عليك الإجابة عن سؤال واحد من كل واحد من الفصول

الثلاثة، وعن سؤالين إضافيين بحسب اختيارك.

لكل سؤال 20 درجة، المجموع الكلي – 100 درجة.

ج. مواد مساعدة يُسمح استعمالها: أدوات كتابة، أدوات

رسم وآلة حاسبة.

د. تعليمات خاصة: لا يوجد.

הוראות למשגיח:

בתום הבחינה על הנבחן לצרף נספחים ב', ג',
ה', ו' ר"ז למחברת הבחינה, לאחר שהדביק על
כל אחד מן הנספחים את מדבקת הנבחן שלו.

تعليمات للمراقب:

عند انتهاء الامتحان يجب على كل مُمتحَن أن يُرفق الملاحق:
"ب، ج، هـ، و، ز" إلى دفتر الامتحان، بعد أن قام بإلصاق
لاصقة المُمتحَن الخاصة به على كل واحد من الملاحق.

اكتب كل ما تُريد أن تكتبه كمسودة (رؤوس أقلام، حسابات
وما شابه ذلك) في دفتر الامتحان فقط وفي صفحات منفردة.
اكتب مسودة في رأس كل صفحة استعملتها كمسودة. إذا كتبت
أي مسودة على أوراق ليست من أوراق دفتر الامتحان فقد يؤدي هذا
إلى إلغاء الامتحان!

في هذا النموذج 11 صفحة، 7 صفحات للملاحق وورقة قوانين.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה
שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן
על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת
הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים, 7 עמודי נספחים ונוסחאון.

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

التعليمات في هذا النموذج مكتوبة بصيغة المذكر، لكنها موجهة للمُمتحَنات والمُمتحَنين على حدّ سواء.

نتمنى لك النجاح!

التتمة في الصفحة التالية

בהצלחה!

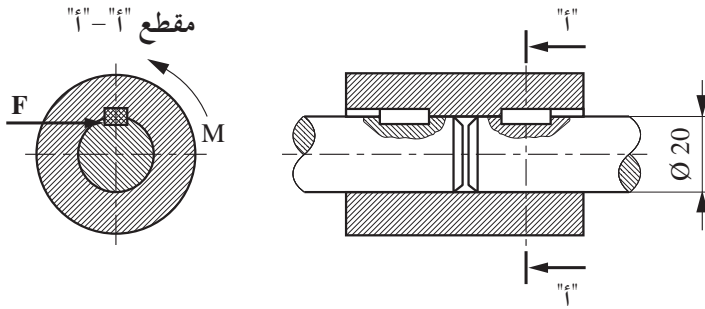
המשך מעבר לדף

الأسئلة

الفصل الأول : متانة المواد وأجزاء الماكينات

السؤال 1

في الرسم التوضيحي للسؤال 1 وَصِف لوصلة بين محورين بواسطة قابض كُف (ملاמד תותב). ينقل القابض الحركة بين المحورين بواسطة خوابير (שגמים). مقدار العزم المنقول من المحور الأول إلى المحور الثاني هو $M = 40,000 \text{ Nmm}$ قطرا المحورين مُعطيان في الرسم التوضيحي.

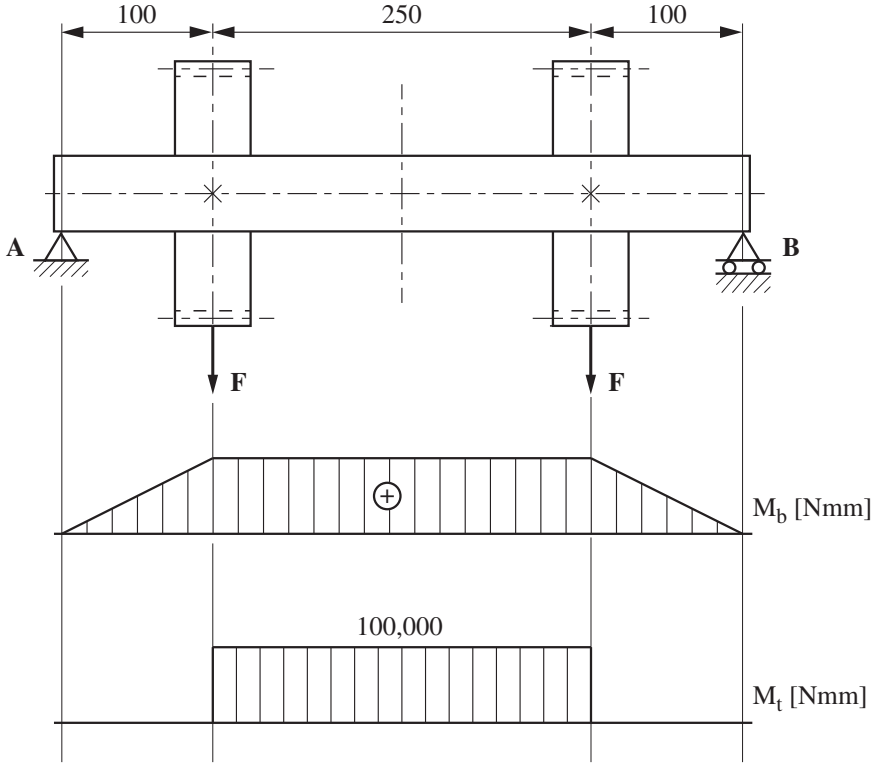


الرسم التوضيحي للسؤال 1

- أ. استعن بالملحق "أ"، اختر مقاييس الخابور b و h وسجلها في دفترك.
- ب. احسب القوة F التي تعمل على الخابور نتيجة للعزم المنقول.
- ج. احسب أقل طول مطلوب للخابور، آخذًا بالاعتبار جهود القص فقط. الجهد المسموح للقص في مادة الخابور: $[\tau] = 60 \text{ MPa}$.

السؤال 2

في الرسم التوضيحي للسؤال 2 وَصِفَ لمُحَوَّر رُكْبَتٌ عَلَيْهِ دُولَابَانِ مُسَنَّان. تَحْتَ وَصِفَ المَحَوَّر مُعْطَاة أَشْوَاطُ عِزُومٍ ثَنِي وَأَشْوَاطُ عِزُومِ الْفَتْلِ، عَلَى طُولِ المَحَوَّر.



الرسم التوضيحي للسؤال 2

معطيات :

عزم الفتل المنقول بين الدواليب المسننة : $M_t = 100,000 \text{ Nmm}$

القوة المركزية التي تعمل على كل دولاب مسنن : $F = 4,000 \text{ N}$

عزم المقاومة لمقطع المحور : $Z_x = 4,287.5 \text{ mm}^3$

أ. احسب ردود الفعل في الحمولات.

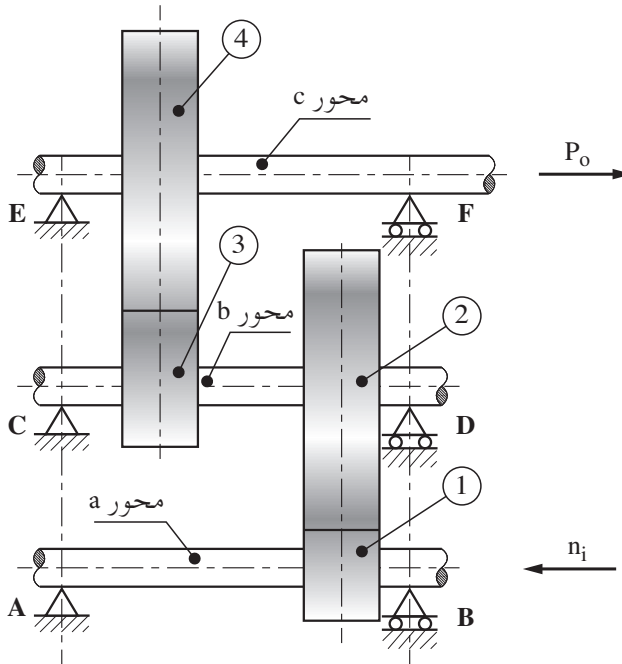
ب. احسب عزم الثني الأقصى على طول المحور.

ج. احسب العزم العام الأقصى على طول المحور (ثني وفتل).

د. احسب مقدار الجهد الأقصى في المحور.

السؤال 3

في الرسم التوضيحي للسؤال 3 يظهر مُقْلَل لعدد الدورات ثنائي الدرجات، يشمل الدولابَيْن المسنَّين 1 و 2 في الدرجة الأولى، والدولابَيْن المسنَّين 3 و 4 في الدرجة الثانية. لجميع الدوايب أسنان مستقيمة. المُدخل إلى المُقْلَل هو في المحور a والمُخرج منه هو في المحور c. المحور b هو محور ناقل وسطي.



الرسم التوضيحي للسؤال 3

מעטיות :

הקדירה פני מִמְרָג מְמַל עֵדד הדורות : $P_o = 15 \text{ kW}$

סרעה הדורן פני מִדְחַל מְמַל עֵדד הדורות : $n_i = 1,500 \text{ RPM}$

סרעה הדורן פני מִמְרָג מְמַל עֵדד הדורות : $n_o = 300 \text{ RPM}$

עֵדד האִסְנָן פני דוּלִיב הדֵרְגָה הַשֵּׁנִית : $Z_3 = 15$, $Z_4 = 60$

קֶטֶר הדוּלָב 1 : $D_1 = 60 \text{ mm}$

מודול הסֵן פני הדוּלָבִינ 1 ו־ 2 : $m_1 = m_2 = m = 3 \text{ mm}$

גוּדָה מְמַל עֵדד הדורות : $\eta = 60\%$

א. אִחְסַב עֵדד האִסְנָן פני הדוּלָב 1 .

ב. אִחְסַב נִסְבֵּה נִקְל הַחֵרֶכֶה לְמְמַל עֵדד הדורות .

ג. אִחְסַב עֵדד האִסְנָן פני הדוּלָב 2 .

ד. אִחְסַב העֶזֶם פני מִדְחַל מְמַל עֵדד הדורות .

الفصل الثاني : الرسم الفنيّ

السؤال 4

في الملحق "ب" (للسؤال 4) مُعطى مسقطان لجسم معيّن . عيّن على المساقط خطوط القياس التي تُحدّد الجسم .

(لا حاجة لتسجيل القيم العددية للقياسات .)

سجّل علامات القطر ($\emptyset$) في الأماكن الملائمة .

ألصق لاصقة المُمتحن الخاصة بك في المكان المُعدّ لذلك في الملحق "ب" ، ثمّ اشبكه بدفترك.

السؤال 5

في الملحق "ج" (للسؤال 5) مُعطى مسقطان لجسم معيّن – مسقط علويّ بخطوط عادية ومسقط أماميّ بخطوط رمادية . في المسقط العلويّ مُبيّن مسار مقطع عموديّ مستقيم، يمرّ عبر مستوى التماثل للجسم .

حوّل المسقط الأماميّ إلى مقطع عموديّ، يمرّ عبر مسار المقطع المُشار إليه في المسقط العلويّ .

ألصق لاصقة المُمتحن الخاصة بك في المكان المُعدّ لذلك في الملحق "ج" ، ثمّ اشبكه بدفترك.

السؤال 6

أجب عن البنود "أ - ح" التالية.

لكل واحد من البنود "أ - ز" أعطيت أربع إجابات، واحدة منها فقط صحيحة. في الملحق "هـ"، حوِّط الرقم الذي يشير إلى الإجابة الصحيحة في كل بند.

في الملحق "د" مُعطى رسم تخطيطي لكسارة جوز مع قائمة أجزائها.

أ. الجزء الذي يمكن من نقل الحركة من المقبض (הידית) (الجزء 1) إلى الكسارة (המפצח) (الجزء 3) هو:

1. (الجزء 2) - ناقل (מוביל)

2. (الجزء 15) - قضيب مشقوق (פיץ פליל)

3. (الجزء 18) - قضيب (פיץ)

4. (الجزء 16) - رابط (מקשר)

ب. السندان (הסדן) (الجزء 4) موصول بقاعدة السندان (תושבת הסדן) (الجزء 5) بواسطة:

1. توافق ضغط (אפיוצות לחץ)

2. لولبة (הברגה)

3. إلحام (ריתוד)

4. برشمة (סמרוור)

ج. التوافق بين الناقل (המוביל) (الجزء 2) وبين الكسارة (המפצח) (الجزء 3) هو من نوع:

1. تداخل (מדחק)

2. انتقال (מלבר)

3. خلوص (מרווח)

4. ضغط (לחץ)

د. إطالة المقبض (הידית) (الجزء 1)، من دون تغيير مقدار القوة التي تعمل على طرف المقبض، تُغيّر:

1. جهد الكسر لحبة الجوز

2. القوة التي تعمل على حبة الجوز

3. العزم الذي يعمل على حبة الجوز

4. مودول المقطع لحبة الجوز

هـ. المواد التي منها مصنوعان القضيبان (הפנינים) (الجزء 18 والجزء 19) هي:

1. فولاذ الأدوات (פלדת כלים)

2. فولاذ فقير بالكربون

3. سبيكة فولاذ

4. فولاذ الفضة

و. شكل مقطع سنّ اللولبة في الجزء 14 هو:

1. مربع

2. مثلث

3. شبه منحرف

4. دائرة

ز. وظيفة القضيب المشقوق (הפיו הצליל) (الجزء 15) الذي يظهر في المقطع A-A هي:

1. منع القضيب (الجزء 18) من الحركة الدائرية

2. منع القضيب (الجزء 18) من الحركة الخطيَّة

3. نقل الحركة بين المقبض (171) (الجزء 1) وبين القضيب (الجزء 18)

4. نقل الحركة بين القضيب (الجزء 18) وبين الكسارة (مفصلا) (الجزء 3)

ح. 1. في البند "ح" الذي في الملحق "هـ" مُعطى رسم جزئي للجزء 3 (من دون مقياس رسم).
أَكْمِل الرسم في الملحق.

2. أرسم جميع قياسات الأقطار المطلوبة في الجزء، وأشر إليها بـ $\emptyset$ (لا حاجة لتسجيل القيم العددية للقياسات).

أَلَصِقْ لاصِقَةَ الْمُتَمَتِّنِ الْخَاصَّةَ بِكَ فِي الْمَكَانِ الْمُعَدِّ لَذَلِكَ فِي الْمَلْحَقِ "هـ" ، ثُمَّ اشْبِكْهُ بِدِفْتَرِكَ .

الفصل الثالث : فصول في الهندسة والعلوم

السؤال 7

في ورشة عمل تعمل الماكينات الكهربائية التالية: منشار (A)، مقداح (B)، مقشطة (C)، ومخرطة (D).
فيما يلي استهلاك التيار لكل واحدة من هذه الماكينات:

المنشار – 5 أمبير

المقداح – 10 أمبير

المقشطة – 15 أمبير

المخرطة – 20 أمبير

عندما يكون استهلاك التيار في الورشة أكثر من 26 أمبير تعمل لمبة التحذير (E).

$$E = f(A, B, C, D)$$

نُشير إلى المتغيرات المنطقية:

A = 1 : المنشار يشتغل

B = 1 : المقداح يشتغل

C = 1 : المقشطة تشتغل

D = 1 : المخرطة تشتغل

E = 1 : لمبة التحذير تشتغل

أ. أكتب في جدول الصدق الذي في الملحق "و"، في العمود E، "1" منطقي لجميع الحالات التي تكون فيها لمبة التحذير مشتعلة.

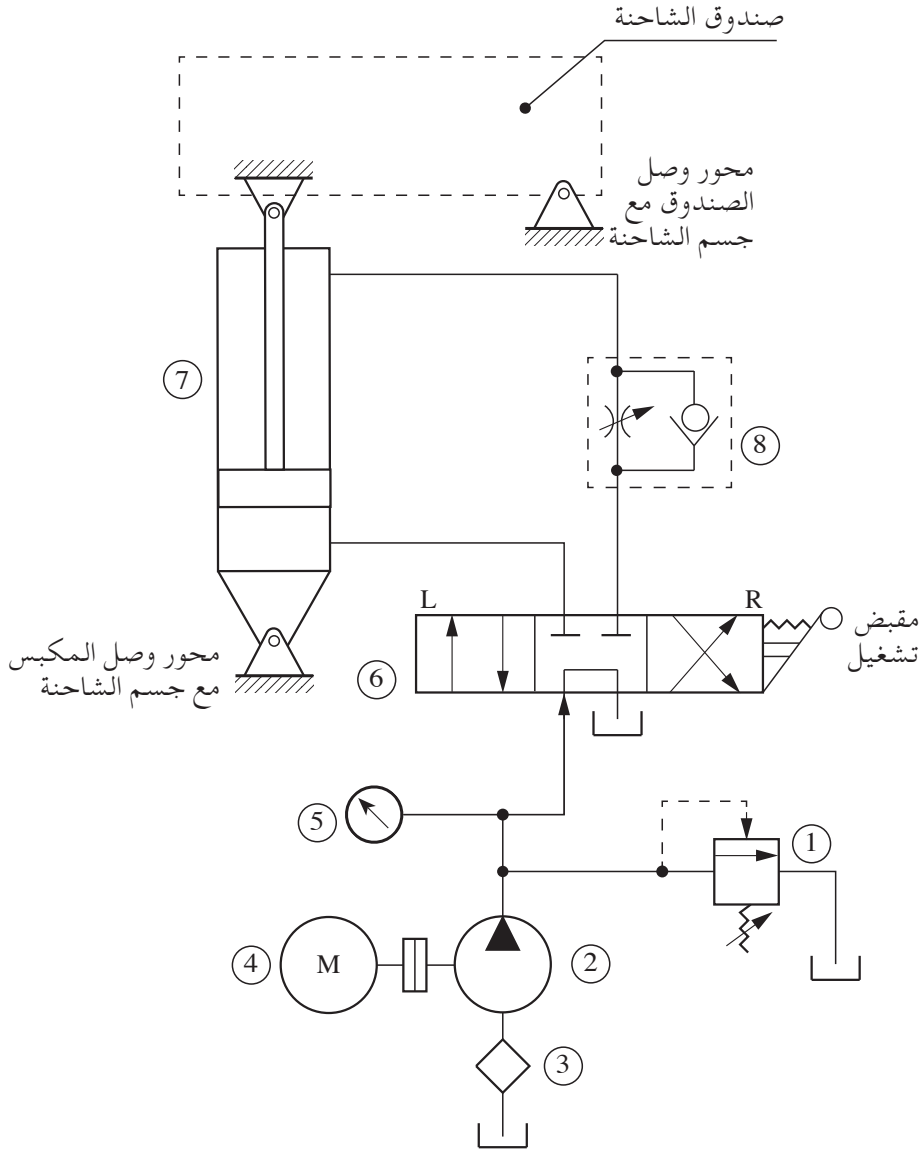
ب. أكمل خارطة كارنو التي في الملحق "و"، واعرّض فيها المجموعات الأكثر اختصارًا للدالة E.

ج. أكتب في دفترك الدالة E الأكثر اختصارًا، التي تنتج بناءً على إجابتك في البند "ب".

ألصق لاصقة المُمتحن الخاصة بك في المكان المُعدّ لذلك في الملحق "و"، ثمّ اشبكه بدفترك.

السؤال 8

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 8 وَصَفْ لمنظومة هيدروليّة لرفع صندوق شاحنة.



الرسم التوضيحيّ للسؤال 8

- أ. اكتب أسماء المُرَكِّبات المُشار إليها بالأرقام 1 ، 2 ، 3 و 7 .
 ب. لآيّ وضع (L أو R) يجب تحويل صمّام التشغيل 6 لكي يرتفع صندوق الشاحنة (يدور حول محوره باتجاه دوران عقارب الساعة).
 ج. اكتب اسم المُرَكِّب 8 ووظيفته .

السؤال 9

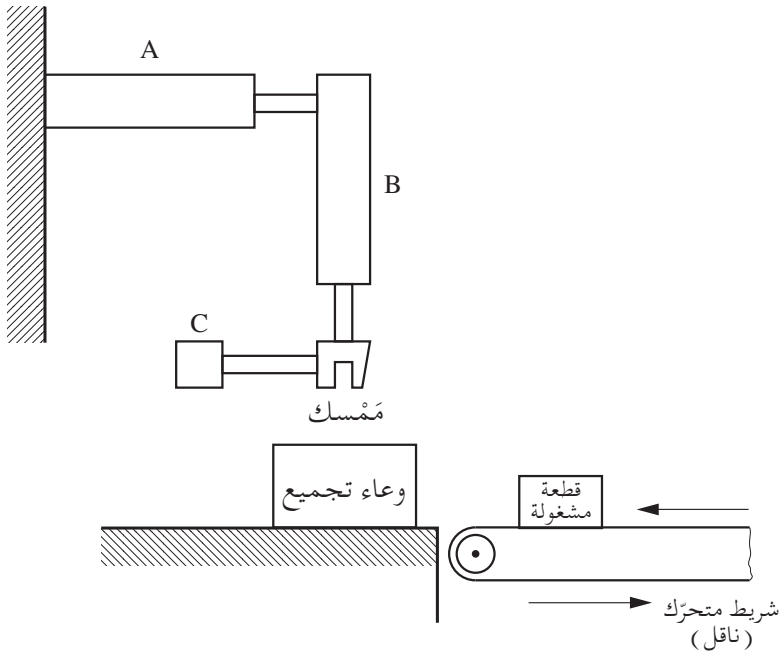
في الرسم التوضيحيّ للسؤال 9 وُصِف لمنظومة بنيوماتيّة (מערכת בניומטית)، تحتوي على ثلاثة مكابس. وظيففة المنظومة هي رفع القطعة المشغولة الموجودة على الشريط المتحرّك (ناقل) ونقلها إلى وعاء التجميع.

المكبس A يُحرِّك المَمْسِك إلى اليمين وإلى اليسار.

المكبس B يُحرِّك المَمْسَك إلى أعلى وإلى أسفل.

المكبس C يفتح المَمْسُك (C-) ويغلقه (C+).

المَمْسُك مفتوح في بداية الدورة.



الرسم التوضيحي للسؤال 9

أ. أكتب في دفترك دورة العمليات للمكابس البنيعوماتية الثلاثة داخل المنظومة، وارسم مخطط أسهم يصف دورة العمليات هذه.

ب. اُرسم في الملحق "ز" نظام تَحْكُمُ دورة عمليّات المنظومة، بطريقة الكسكدة (التعاقبيّة).

ألصق لاصقة المُمتَحَن الخاصّة بك في المكان المُعدّ لذلك في الملحق "ز"، ثمّ اشبكه بدفترك.

نتمنى لك النجاح!

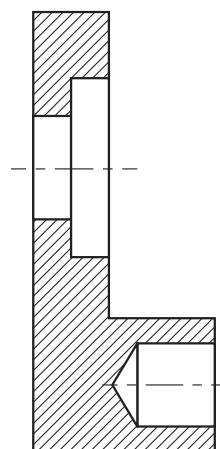
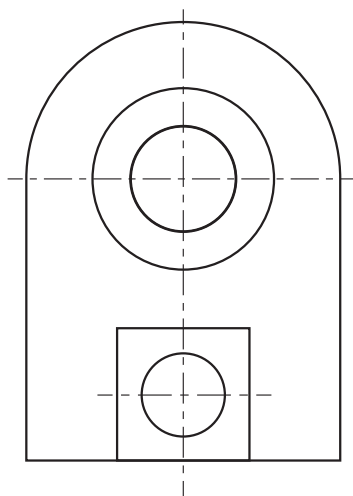
حقوق الطبع محفوظة لدولة إسرائيل.

النسخ والنشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم.

DIN 6885																												שגמים פריזמטיים															
מידות יסוד במ"מ																																											
מ"קוטר הגל d ₁	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440																	
	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440	500																	
b חתך השגם	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																	
	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50																	
b אפיצות הדוקה P9 אפיצות קלה N9	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																	
	1.2	1.8	2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	11	12	13	15	17	20	20	22	25	28	31																	
t ₁ עם מרווח או מדחק. סטייה מותרת	0.1					0.2											0.3																										
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																	
b אפיצות הדוקה P9 אפיצות קלה J9	1	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.4	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.4	12.4	12.4	14.4	15.4	17.4	19.5																	
	0.1					0.2											0.3																										
t ₂ עם מרווח סטייה מותרת	0.5	0.9	1.2	1.7	2.2	2.4	2.4	2.4	2.9	3.4	3.4	3.9	4.4	4.4	5.4	6.4	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	11.1	13.1	14.1	16.1	18.1																	
	0.1					0.2											0.3																										
a						3	3	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5	6.5	7	8	9	10	11	13	13	14	16	18	20																	
d ₂ [*] = d ₁ ⁺ מינימלי	2.5	3.5	4	5	6	8	8	8	9	11	11	12	14	14	16	18	21	23	26	28	32	32	36	40	45	50																	
r ₁ min	0.16			0.25			0.40					0.6					1					1.6					2.5																
	0.25			0.40			0.60					0.8					1.2					2					3																
r ₂ max	0.16			0.25			0.40					0.6					1					1.6					2.5																
	0.08			0.16			0.25					0.4					0.7					1.2					2																
קדחים עבור בורגי קביעה בורגי חילוץ ותותבי מרווח	d ₃					3.4		4.5		5.5			6.6			9		11			14					18			22														
	d ₄					6		8		10			11			15		18			20					26			33														
	d ₅ הקדח					M3		M4		M5			M6			M8		M10			M12					M16			M20														
	d ₆ h12 בשגם					4		5		6			8			10		12			16					20			25														
	t ₃					2.4		3.2		4.1			4.8			6		7.3			8.3					11.5			13.5														
	t ₄					4		5		6			7		8		10		12		10		14			16			20														
	d ₇					M3		M4		M5			M6			M8		M10			M12					M16			M20														
	d ₈ הקדח					4.5		5.5		6.5			9			11		13			17					21			26														
	t ₅ בגל					4		5		6			7		6		8		9		9		11		15		13		15		12		13		17		18		20				
	t ₆					7		8		10			10			12		11		13		15		15		17		22		20		22		19		20		24		25		28	
	t ₇					5		7		8			11		10			12		18		16		20		18					24			30									
	בורגי קביעה (בורג גלילי לפי: DIN84 ,DIN7984 ,DIN6912						M3 x8		M3 x10		M4 x10		M5x10			M6x12			M8 x16		M8 x16		M10 x16		M10 x20		M12x25			M12x30			M12x35			M16 x40		M16 x45		M20 x50		M20 x55	
	תותבי מרווח לפי DIN1481						4x8			5x10		6x12			8x16			10x20			12x24			16x30					16x32					20x40			25x50						
	מ"L עד	6	6	8	10	14	18	22	28	36	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250	280																
20		36	45	56	70	90	110	110	160	180	200	220	250	280	320	360	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400																	
חומר: לשגמים בגובה h עד 25 מ"מ: פל' 50 – St לשגמים בגובה h מעל 25 מ"מ: פל' 2K – 60 – St * הערך d ₂ מתאים לקוטר מינימלי של חלק שאותו אפשר להעביר קונצנטרית מעל השגם.																																											

مكان للاصقة الممتحن

נספח ב' (לשאלה 4)
לשאלון 838381, קיץ תשע"ו
الملحق "ב" (للسؤال 4)
للمودج 838381، صيف 2016



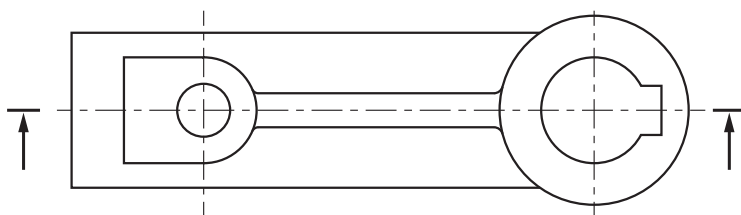
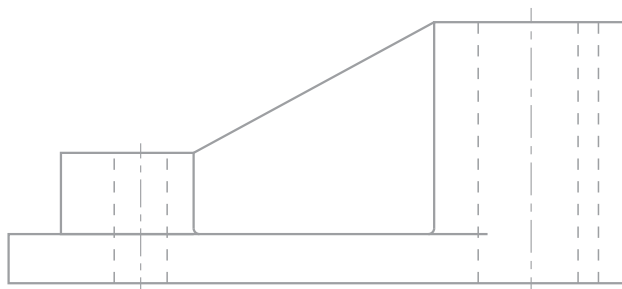
مكان للاصقة الممتحن

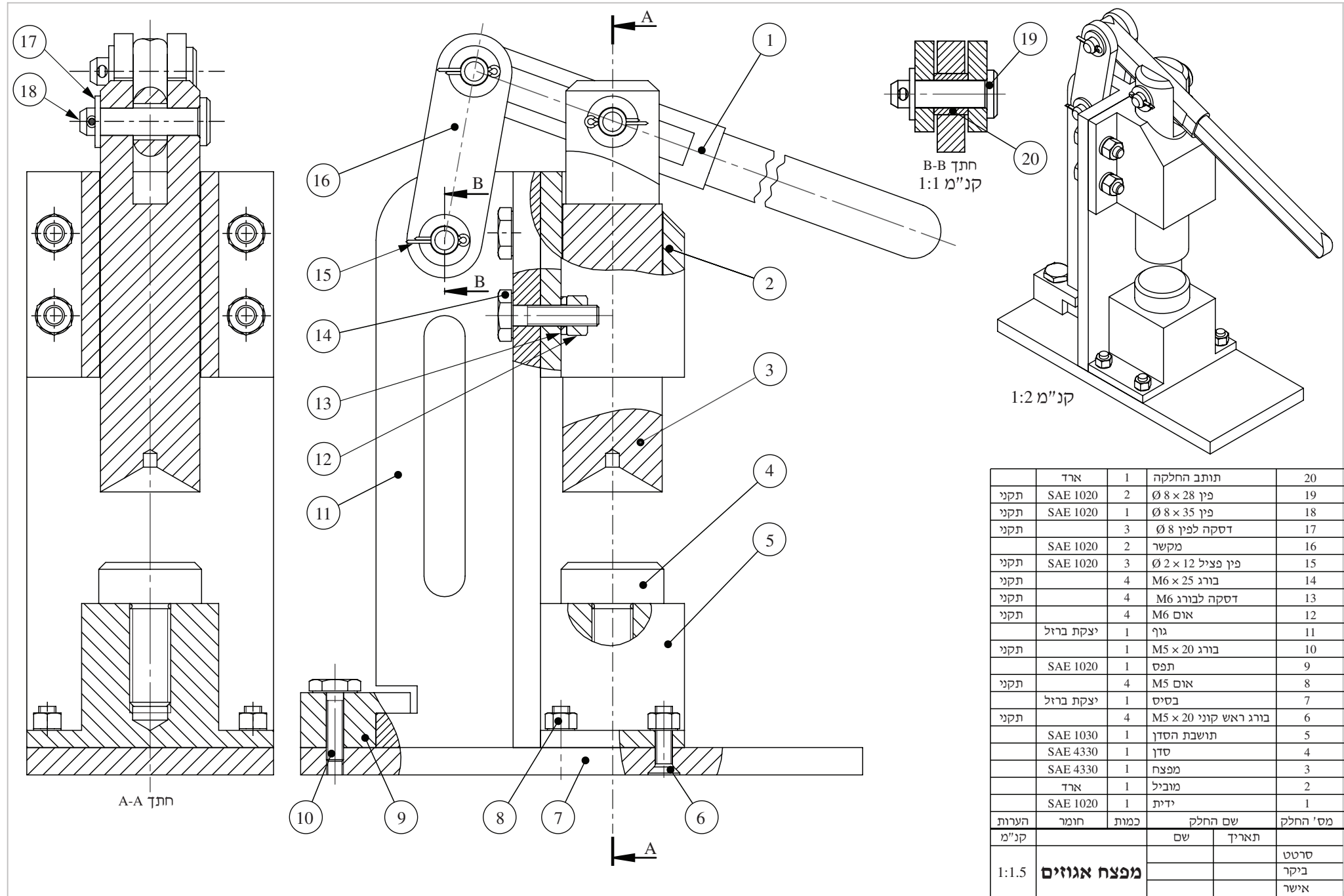
נספח ג' (לשאלה 5)

לשאלון 838381, קיץ תשע"ו

الملحق "ج" (للسؤال 5)

للمودج 838381 ، صيف 2016





נספח ה': דף תשובות (לשאלה 6)

לשאלון 838381, קיץ תשע"ו

الملحق "ה": ورقة إجابات (للسؤال 6)

للمودج 838381 ، صيف 2016

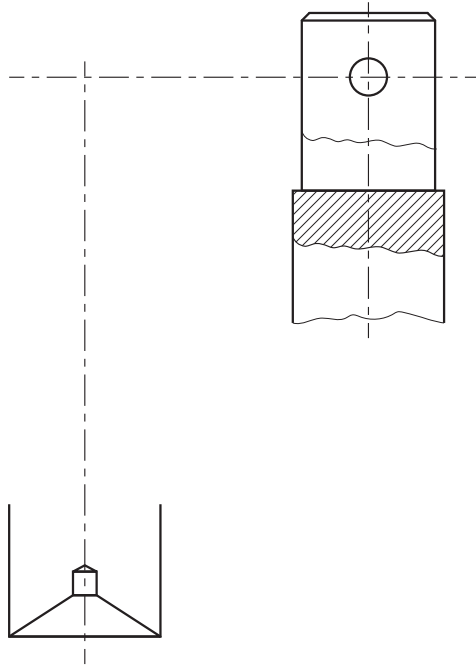
מקן ללאסقة الممتحن

الإجابات للسؤال 6

4	3	2	1	البند "أ"
4	3	2	1	البند "ب"
4	3	2	1	البند "ج"
4	3	2	1	البند "د"
4	3	2	1	البند "هـ"
4	3	2	1	البند "و"
4	3	2	1	البند "ز"

انظر البند "ح" في الصفحة التالية.

البند "ح"



مكان لاصقة الممتحن

נספח ו'

לשאלון 838381, קיץ תשע"ו

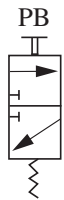
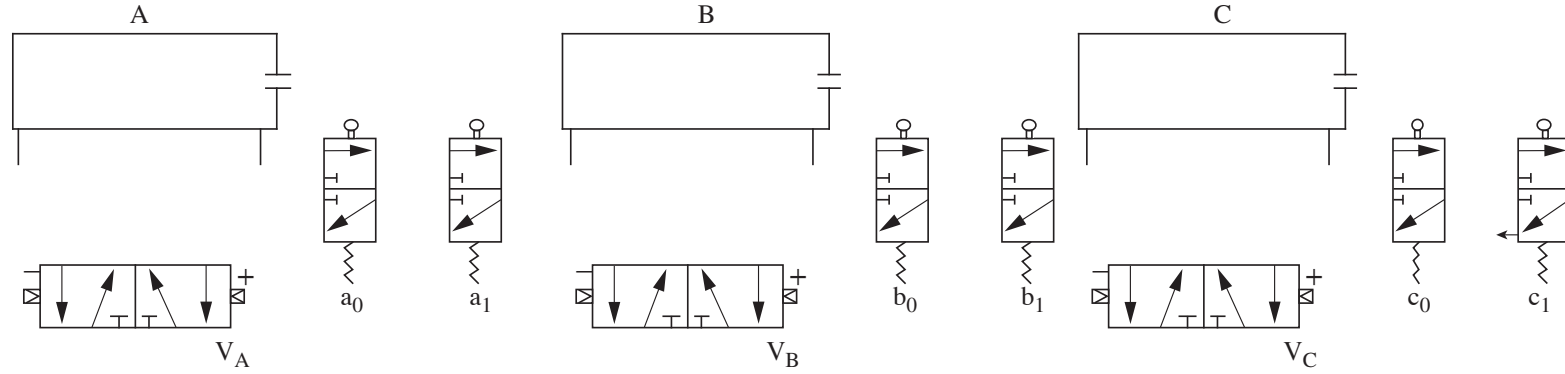
الملحق "و"

للمودج 838381 ، صيف 2016

A	B	C	D	E
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

AB \ CD	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

مكان للاصقة المُمتَحَن



I

II



מדינת ישראל

משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016
סמל השאלון: 838381, 838202

دولة إسرائيل

وزارة التربية

نوع الامتحان: بچروت للمدارس الثانوية
موعد الامتحان: صيف 2016
رقم النموذج: 838381, 838202

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

يمنع نقل ورقة القوانين هذه
إلى أيِّ مُتَحَنٍ آخر.

נוסחאון במכניקה הנדסית (14 עמודים)

1. מתיחה – לחיצה

σ_y	–	מאמץ גבול הכניעה	[MPa]
S	–	מקדם בטיחות	
$[\sigma_t]$	–	מאמץ מותר	[MPa]
σ_t	–	מאמץ	[MPa]
F	–	כוח	[N]
A	–	שטח החתך למתיחה	[mm ²]
L	–	אורך החלק הנתון למאמץ	[mm]
ΔL	–	התארכות החלק הנתון למאמץ	[mm]
E	–	מודול אלסטיות	[MPa]
$[\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$			
$\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$			
$\sigma_t = \epsilon E$			
$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$			
$\Delta L = \frac{FL}{EA}$			

2. גזירה ומעיכה

A	–	השטח לגזירה	[mm ²]
τ_s	–	מאמץ הגזירה	[MPa]
F	–	כוח הגזירה	[N]
i	–	מספר השכבות	
t	–	עובי הגזירה	[mm]
L	–	אורך החיתוך (היקף)	[mm]
$A_{\ell c}$	–	השטח למעיכה	[mm]
ℓ	–	אורך השטח למעיכה	[mm]
$\sigma_{\ell c}$	–	מאמץ מעיכה	[MPa]
$\tau_s = \frac{F}{A} \leq [\tau_s]$			
$[\tau_s] = 0.6 [\sigma_t]$			
גזירה רצויה:			
$A = i t L$			
מעיקה:			
$\sigma_{\ell c} = \frac{F}{A_{\ell c}} \leq [\sigma_{\ell c}]$			
$[\sigma_{\ell c}] = 2 [\sigma_t]$			

3. פיתול ותנועה סיבובית

v	-	מהירות היקפית של מעגל
[m/sec]		מסתובב
F	-	כוח
[N]		
M	-	מומנט סיבוב
[Nmm]		
L	-	זרוע הסיבוב
[mm]		
τ	-	מאמץ הפיתול בחתך המפותל
[MPa]		
$[\tau]$	-	מאמץ הפיתול המותר
[MPa]		
M_t	-	מומנט הפיתול
[Nmm]		
Z_o	-	מומנט התנגדות (מודול חתך) קוטבי
[mm ³]		
I_o	-	מומנט התמד קוטבי
[mm ⁴]		
d	-	קוטר ; קוטר פנימי
[mm]		
P	-	הספק
[kW]		
n	-	מהירות סיבוב
[RPM]		
D	-	קוטר חיצוני
[mm]		
φ	-	זווית פיתול
[deg]		
G	-	מודול זיחה
[MPa]		

$$v \cong \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \times 1000}$$

$$M = L \times F$$

$$\tau_t = \frac{M_t}{Z_o} \leq [\tau_t]$$

לחתך עגול מלא:

$$Z_o \cong 0.2 d^3$$

$$M_t = 9,550,000 \frac{P}{n}$$

$$I_o \cong 0.1 d^4$$

לחתך עגול חלול:

$$Z_o \cong \frac{0.2 (D^4 - d^4)}{D}$$

$$\varphi = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o} \frac{180}{\pi}$$

$$[\tau_t] = 0.7 [\sigma_t]$$

4. כפיפה

σ_b	-	מאמץ כפיפה, ביחס לציר x
[MPa]		
M_b	-	מומנט כפיפה
[Nmm]		
Z_x	-	מומנט התנגדות (מודול החתך)
[mm ³]		
d	-	קוטר
[mm]		
b	-	רוחב החתך
[mm]		
h	-	גובה החתך
[mm]		
F	-	כוח
[N]		
L	-	זרוע
[mm]		

$$\sigma_b = \frac{M_b}{Z_x} \leq [\sigma_b]$$

$$M_x = L \times F$$

לחתך מלבני:

$$Z_x = \frac{bh^2}{6}$$

לחתך עגול מלא:

$$Z_x = \frac{\pi d^3}{32} \cong 0.1 d^3$$

$$[\sigma_b] = 1.2 [\sigma_t]$$

[mm]	קוטר	-	d
[mm]	הממד המקביל למישור הניטרלי	-	b
[mm]	הממד הניצב למישור הניטרלי	-	h
[mm ⁴]	מומנט התמד (אינרציה) צירי	-	I

לחתך מלבני:

$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

לחתך עגול:

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64} = 0.05 d^4$$

5. קריסה

[N]	לפי שיטת אוילר	-	F_{cr}	הכוח המינימלי שיגרום לקריסה,
[MPa]	מודול האלסטיות של החומר	-	E	
[mm ⁴]	מומנט ההתמד הצירי המינימלי של חתך המוט	-	I_{min}	
[mm]	אורך המוט	-	L	
	מקדם האורך התלוי בשיטת הריתום של המוט:	-	μ	

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

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

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

$$[F]_p = \frac{F_{cr}}{K}$$

א. פרקים בשני הקצוות: $\mu = 1$

ב. קיבוע בקצה אחד והקצה השני חופשי: $\mu = 2$

ג. קיבוע בשני הקצוות: $\mu = 1/2$

ד. קיבוע בקצה אחד ופרק בקצה השני: $\mu = 2/3$

	תמירות המוט	-	λ	
[mm]	רדיוס ההתמד (אינרציה) המינימלי	-	i_{min}	
[mm ²]	שטח החתך	-	A	
[N]	הכוח המותר בקריסה	-	$[F]_p$	
	מקדם הבטיחות בקריסה	-	K	
	תמירות גבולית	-	λ_y	

$\lambda_y = 100$ - פלדה דלת-פחמן

$\lambda_y = 80$ - פלדת פחמן

כאשר: $\lambda_{קיים} < \lambda_y$

נדרש להשתמש בנוסחה:

$$\sigma_{cr} = a - b\lambda$$

פלדה דלת-פחמן: $a = 310 \text{ MPa}$

$b = 1.14 \text{ MPa}$

פלדת פחמן: $a = 589 \text{ MPa}$

$b = 3.82 \text{ MPa}$

6. מסמרות ; פינים

$$\tau = \frac{F}{A_s} = \frac{4F}{\pi d^2 \cdot n \cdot i}$$

$$\sigma_{lc} = \frac{F}{A_{lc}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot i_1}$$

$$[\sigma_{lc}] = 2[\sigma_t]$$

d - קוטר המסמרה/הפין (mm)

i - מספר שטחי הגזירה

t - אורך הקטע הנמעך [mm]

i₁ - מספר שטחי המעיכה

n - מספר המסמרות/הפינים

A_s - השטח הנגזר [mm²]

A_{lc} - השטח הנמעך [mm²]

7. שגמים

מאמץ מעיכה:

$$\sigma_{lc \max.} = \frac{F}{0.5 h \times l_1}$$

מאמץ גזירה:

$$\tau_s = \frac{F_t}{b \times l_1} \leq [\tau_s]$$

$$[\tau_s] = 0.6[\sigma_t]$$

F - כוח [N]

h - גובה השגם [mm]

l₁ - אורך יעיל של השגם [mm]

b - רוחב השגם [mm]

8. מסבים

אורך חיים של מסבי גלגול:

למסב כדורים:

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

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{n \cdot 60}$$

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

$$C_o = \sim 1.8 P_o$$

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

למסב גלילים:

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

מסבי החלקה:

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

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

$$pv \leq [pv]$$

L - אורך החיים של המסב

[mil · rev] במיליוני סיבובים

L_h - אורך החיים של מסב בשעות [h]

P_o - העומס הסטטי על המסב [N]

C_o - הכושר הסטטי של המסב [N]

C - הכושר הדינמי של המסב [N]

P - העומס השקול על המסב [N]

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]

[pv] - מכפלת התחממות מותרת $\left[\text{MPa} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

9. קפיצים

$$C = \frac{F}{\Delta f}$$

לקפיץ בורגי בעל חתך עגול:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8 D^3 \cdot n}$$

$$\tau_{\max} = K \frac{8 F_{\max} D}{\pi d^3} \leq [\tau_t]$$

לקפיץ בורגי בעל חתך מלבני

או לקפיץ עלה הרתום בצד אחד:

$$\sigma_b = \frac{6 F \ell}{b \times t^2}$$

$$\Delta f = \frac{4 F \ell^3}{b \cdot t^3 E} = \frac{F \ell^3}{3 EI}$$

$$W = \frac{\Delta f}{2}$$

$$n = \frac{\Delta f \cdot G \cdot d^4}{8 F \cdot D^3}$$

לקפיץ מוט פיתול:

$$[\tau_t] = \frac{0.6 \sigma_y}{S}$$

$$M_{t\max} = [\tau_t] \cdot Z_o$$

$$\varphi_{\text{rad}} = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_o}$$

$$W = U_{\text{el}} = \frac{M_t \cdot \varphi_{\text{rad}}}{2}$$

G - מודול האלסטיות לגזירה [MPa]

d - קוטר התיל [mm]

D - קוטר ממוצע של הקפיץ [mm]

K - מקדם תיקון המאמץ

n - מספר הכריכות הפעילות של הקפיץ

F - העומס החיצוני על הקפיץ [N]

Δf - מידת שקיעת הקפיץ [mm]

C - קבוע הקפיץ [N/mm]

ℓ - אורך הקפיץ (עלה) [mm]

b - רוחב הקפיץ (עלה) [mm]

t - עובי הקפיץ (עלה) [mm]

E - מודול האלסטיות [MPa]

I - מומנט התמד צירי של החתך [mm⁴]

W - עבודה [Nmm]

S - מקדם בטיחות

σ_b - מאמץ כפיפה [MPa]

σ_y - מאמץ גבול הכניעה [MPa]

$[\tau_t]$ - מאמץ מותר לפיתול [MPa]

$\tau_{e\max}$ - מאמץ שקול מרבי בחתך התיל [MPa]

Z_o - מודול החתך לפיתול (קוטבי)
(מומנט התנגדות לפיתול) [mm³]

U_{el} - אנרגייה אלסטית בקפיץ [Joule]

L - אורך המוט [mm]

M_t - מומנט פיתול [Nm]

I_o - מומנט התמד קוטבי [mm⁴]

φ_{rad} - זווית הפיתול [רדיאנים]

10. ברגים

$$\tan \gamma = \frac{iP}{\pi d_2}$$

$$\tan \varphi = \mu$$

בורגי הידוק:

$$\sigma_e \cong \frac{1.25 Q}{A_i} \leq [\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$M_t = Q \cdot \tan(\gamma \pm \varphi) \frac{d_2}{2}$$

$$M_t = 0.2 \cdot Q \cdot d$$

בתברג ריבועי:

$$d_2 = d - \frac{P}{2} = d - h$$

בורגי הנעה:

$$M_t = 0.1 \times Q \times d$$

σ_y - מאמץ בגבול הכניעה [MPa]

$[\sigma_t]$ - מאמץ מותר למתיחה [MPa]

σ_e - מאמץ שקול בבורג [MPa]

Q - כוח צירי בבורג [N]

A_i - שטח החתך של הבורג [mm²]

S - מקדם בטיחות

M_t - מומנט סיבוב, מועבר על-ידי בורג [Nmm]

γ - זווית המעלה [deg]

φ - זווית חיכוך [deg]

μ - מקדם חיכוך

d_2 - קוטר ממוצע של הבורג [mm]

P - פסיעת התברג [mm]

d - הקוטר החיצוני של הבורג [mm]

h - גובה השן של התברג [mm]

i - מספר התחלות בתברג

11. מצמידים

$$F_f = \mu Q$$

F_f - כוח חיכוך כתוצאה מהידוק

[MPa] בורג אחד במצמד

μ - מקדם חיכוך

M_f - מומנט כתוצאה מכוחות החיכוך [Nm]

i - מספר הברגים

D_f - קוטר מעגל החלוקה שעליו

[mm] הברגים ממוקמים

M_t - מומנט הסיבוב המועבר

[Nm] בתנועה סיבובית

P - הספק [kW]

n - מהירות סיבוב [RPM]

Q - כוח צירי בבורג [N]

$$M_f = i \cdot F_f \cdot \frac{D_f}{2}$$

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

12. גלים

M_e - מומנט מורכב [Nm]

M_b - מומנט כפיפה [Nm]

M_t - מומנט פיתול [Nm]

σ_e - מאמץ מורכב [MPa]

Z_b - מומנט התנגדות

[mm³] (מודול החתך) לכפיפה

$$M_e = \sqrt{M_b^2 + M_t^2}$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{Z_b} \leq [\sigma_t]$$

13. גלגלי שיניים

	- i	יחס התמסורת		$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2}$
[RPM]	- n, n ₁ , n ₂	מהירות סיבוב של גלגל		
	- z, z ₁ , z ₂	מספר השיניים בגלגל		
[mm]	- m	מודול השן		$D = m \cdot z = \frac{1}{\pi} z$
[mm]	- D	קוטר מעגל החלוקה		$D_e = m (z + 2)$
[mm]	- D _i	קוטר מעגל העיקרים		$D_i = m (z - 2.4)$
[mm]	- D _e	קוטר מעגל הראשים		
[mm]	- D ₁ , D ₂	קוטר הגלגל		
	- λ	מקדם רוחב הגלגל		$A_1 = \frac{m (z_1 + z_2)}{2}$
[mm]	- b	רוחב הגלגל		
[mm]	- A	המרחק בין צירי הגלגלים		$\lambda = \frac{b}{m}$
[mm]	- h	גובה השן		
[mm]	- t	פסיעת הגלגל (השיניים)		$h = h_1 + h_2$
[mm]	- h ₁	גובה ראש השן		$h_1 = m$
[mm]	- h ₂	גובה עיקר השן		$h_2 = 1.2 m$
	- f	מקדם עומס־יתר		$m = 490 \sqrt[3]{\frac{P \cdot f \cdot q}{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}}$
	- q	מקדם מספר השיניים		
[MPa]	- [σ]	מאמץ מותר לכפיפה		$P = \left[\frac{m}{490} \right]^3 \frac{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}{f \cdot q}$
[N]	- F _t	כוח היקפי לגלגל שיניים		$M_t = 9,550 \frac{P}{n}$
[N]	- F	כוח שילוב בין גלגלי השיניים		
[deg]	- α	זווית הלחץ		$F_t = F \cos \alpha = \frac{2 M_t}{m \cdot z}$
	- z _{min}	מספר שיניים מינימלי (שן תקנית)		
[kW]	- P	הספק מועבר על־ידי הגלגלים		$z_{min} = \frac{2}{\sin^2 \alpha}$
[Nm]	- M _t	מומנט מועבר		

בגל כוכב:

k	- מספר השיניים בגל כוכב
M_e	- המומנט לשן בגל כוכב [Nm]
d_m	- קוטר ביניים בגל כוכב [mm]
d_1	- קוטר פנימי בגל כוכב [mm]
d_2	- קוטר חיצוני בגל כוכב [mm]
A	- שטח השן הנמעת [mm ²]
L	- אורך השן הנמעת [mm]

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

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

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

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

14. רצועות

F_t	- כוח היקפי (משיקי) [N]
P	- הספק נמסר [kW]
P_E	- הספק אפקטיבי [kW]
v	- מהירות קווית של הרצועה [m/s]
S_1	- כוח מתיחה בענף הפעיל [N]
S_2	- כוח מתיחה בענף הסביל [N]
k_e	- מקדם כוח מתיחה
d	- קוטר הגלגל המניע [m]
D_1, D_2, D_3	- קוטר גלגל בממסרת [m]
M_t	- המומנט הנמסר [Nm]
η	- נצילות
n_1, n_2	- מהירות סיבובית של גלגל [RPM]
i	- יחס התמסורת בין גלגלי הרצועה
k_d	- מקדם תנאי העבודה
L	- אורך הרצועה [m]
d_0	- קוטר חיצוני בגלגל הקטן [m]
A	- מרחק בין מרכזי הגלגלים [m]
D_0	- קוטר חיצוני בגלגל הגדול [m]

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$F = \frac{1000 P}{v}$$

$$S_1 = k_e \cdot F_t$$

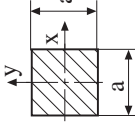
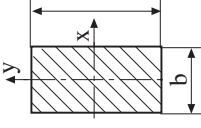
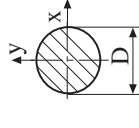
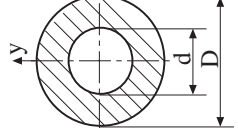
$$S_2 = S_1 - F_t$$

$$M_t = (S_1 - S_2) \frac{D}{2}$$

$$P_E = k_d \cdot P \cdot \eta$$

$$L = 1.57 (D_0 + d_0) + 2 A + \frac{(D_0 - d_0)^2}{4 A}$$

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000}$$

מומנט התמדה קוטבי, [mm ⁴] I _o	מומנט התמדה, I [mm ⁴]	מומנט התנגדות לפיתול, Z _o [mm ³] (מודול החתך)	מומנט התנגדות Z _x = Z _y [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)	
$I_o = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0.1 D^4$	$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0.05 D^4$	$Z_o = \frac{\pi D^3}{16} \approx 0.2 D^3$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0.1 D^3$	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	
$I_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 (D^4 - d^4)$	$I_x = I_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} \approx 0.05 (D^4 - d^4)$	$Z_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{16} \approx 0.2 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 \frac{(D^4 - d^4)}{D}$	$\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$	$\pi(D + d)$	

נוסחאות בבקרה

1. הגבר סטטי:

$$K = \frac{\Delta \Theta_o}{\Delta \Theta_i} = \left[\frac{\text{שינוי בתגובה}}{\text{שינוי במאלץ}} \right]$$

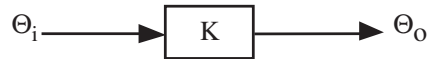
2. תמסורת של מלבן בודד:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G$$

Θ_o - אות מוצא (תגובה)

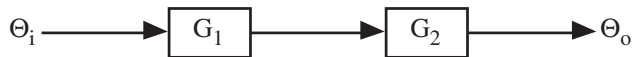
Θ_i - אות מבוא (אילוצ)

G - פונקציית תמסורת



3. תמסורת של שני מלבנים בטור:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G_1 G_2$$

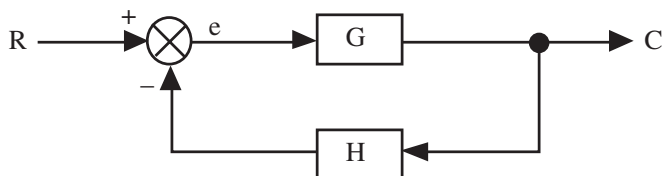


4. תמסורת, T, בחוג סגור (עם משוב H):

R - ערך רצוי

$$T = \frac{C}{R} = \frac{G}{1 + GH}$$

C - ערך מצוי



נוסחאות בהידרוליקה

5. ספיקת זורם דרך שטח A:

$$Q = v \cdot A$$

v - מהירות הזורם $\left[\frac{m}{sec} \right]$

A - שטח $[m^2]$

Q - ספיקה $\left[\frac{m^3}{sec} \right]$

6. לחץ:

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

F - כוח $[N]$

P - לחץ $[Pa]$

$$[Pa] = \left[\frac{N}{m^2} \right] = 10^{-5} \text{ bar} = 9.869 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

7. הספק הידרולי:

$$N = Q \cdot P$$

8. הספק של משאבה:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta}$$

N - הספק מכני המסופק למשאבה $[W]$

Q - ספיקה דרך משאבה $\left[\frac{m^3}{sec} \right]$

ΔP - הפרש לחץ על-פני משאבה $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

η - נצילות משאבה

9. ספיקת משאבה:

$$Q = n \cdot C$$

n - קצב (מהירות) סיבוב $\left[\frac{\text{rev}}{\text{sec}} \right]$

C - הדחק משאבה $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{rev}} \right]$

10. הספק מכני:

$$N_{\text{mech}} = F \cdot v$$

N_{mech} - הספק מכני [W]

F - כוח הפועל על גוף נע [N]

v - מהירות הגוף הנע $\left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$

בהצלחה!