

מדינת ישראל

משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016
סמל השאלון: 838202
נספחים: א. דף תשובות לפרק הראשון

ב. לשאלה 1 – מתקן קידוח בדסקה
ג. תבריגי הידוק מטריים חיצוניים
ד. לשאלה 9 – מערכת שלוש בוכנות
נוסחאון

תרגום לערבית (2)

דولة إسرائيل

وزارة التربية والتعليم

نوع الامتحان: بجروت للمدارس الثانوية
موعد الامتحان: صيف 2016
رقم النموذج: 838202
ملاحق: أ. ورقة إجابات للفصل الأول

ب. للسؤال 1 – جهاز قذح بالقرص
ج. تسينيات تثبيت مترية خارجية
د. للسؤال 9 – منظومة ثلاثة مكابس
ورقة قوانين

מכניקה הנדסית י"ב

שתי יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:
בשאלון זה שלושה פרקים:

פרק ראשון: הבנת סרטוט הרכבה (שאלה 1)
פרק שני: חוזק חומרים ופרקי מכוונות (שאלות 2-6)
פרק שלישי: פרקי הנדסה ומדע (שאלות 7-10)
עליך לענות על חמש שאלות – שאלה אחת מכל
פרק ועל עוד שתי שאלות על-פי בחירתך. לכל שאלה
– 20 נקודות.

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

ד. הוראות מיוחדות:

1. עיין בשאלון, הכר את חלקיו, ורק אז ענה על השאלות בסדר הנראה לך.
2. אם מספר השאלות שפתרת עולה על הנדרש, אינך צריך לבחור את התשובות שייבדקו. המעריך יבדוק את כל המבחן ויבחר את התשובות הטובות ביותר לפי הנדרש בכל פרק.
3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שבחרת להוסיף.
4. בתשובה לשאלת חישוב, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

הוראות למשגיח: בתום הבחינה על כל נבחן
לצרף את נספח א' ואת נספח ד' (אם ענה על
שאלה 9) למחברת הבחינה שלו.

מכניקה הנדסית – השני עשר

וחדתן تعليميتان

تعليمات للممتحن

أ. مدة الامتحان: ثلاث ساعات.

ب. مبنى النموذج وتوزيع الدرجات:
في هذا النموذج ثلاثة فصول:

الفصل الأول: فهم الرسم التركيبي (السؤال 1)
الفصل الثاني: متانة المواد وأجزاء الماكينات (الأسئلة 2-6)
الفصل الثالث: فصول في الهندسة والعلوم (الأسئلة 7-10)
عليك الإجابة عن خمسة أسئلة: سؤال واحد من كل فصل
وسؤالين إضافيين بحسب اختيارك. لكل سؤال 20 درجة.

مواد مساعدة يسمح استعمالها: أدوات كتابة وأدوات
رسم، ورقة قوانين مدرسية وآلة حاسبة.

د. تعليمات خاصة:

1. تمعن في النموذج وتعرف على أقسامه، ثم أجب عن الأسئلة بحسب الترتيب الذي تراه مناسباً لك.
2. إذا زاد عدد الأسئلة التي تمكنت من حلها عن المطلوب، فأنت غير ملزم باختيار الإجابات التي تفضل أن تُفحص. المُصحح سوف يُصحح جميع الإجابات ثم يختار أفضلها بحسب المطلوب في كل فصل.
3. لكل سؤال أعطيت المعطيات اللازمة لحله. إذا رأيت أن مُعطى معيناً غير موجود فأضفه واستعن به لحل السؤال. اذكر في إجابتك المُعطى الذي أضفته.
4. عند إجابتك عن سؤال حسابي، يجب أن تعرض مراحل الحل بالتفصيل وأن تشرحها باختصار. الحصول على أكبر عدد من الدرجات مشروط بتنفيذ هذا الطلب.

تعليمات للمراقب: عند انتهاء الامتحان يجب على كل
ممتحن أن يُرفق الملحق "أ" والملحق "د" (إذا أجب عن
السؤال 9) إلى دفتر امتحانه.

בשאלון זה 12 עמודים, 4 עמודי נספחים ונוסחאון. في هذا النموذج 12 صفحة, 4 صفحات للملاحق وورقة قوانين.

הנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.
التعليمات في هذا النموذج مكتوبة بصيغة المذكر, لكنها موجهة للممتحنات وللممتحنين على حدّ سواء.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

تنتمى لك النجاح!

التنمّة على الصفحة التالية

الأسئلة

في هذا النموذج ثلاثة فصول .

عليك الإجابة عن سؤال واحد من كل فصل وعن سؤالين إضافيين بحسب اختيارك .
(لكل سؤال 20 درجة .)

الفصل الأول : فهم الرسم التركيبي

السؤال 1 – سؤال إلزامي .

أجب عن خمسة من بين البنود "أ – ز" التالية وعن البند "ح" .

لكل واحد من البنود "أ – ز" أعطيت أربع إجابات ، واحدة فقط منها صحيحة . أشر إلى الإجابة الصحيحة في ورقة الإجابات التي في الملحق "أ" .

في الملحق "ب" مُعطى رسم تركيبى لجهاز تثبيت مُخصَّص لحدود في قطعة مُصنَّعة (תבנית) على شكل قرص (תבנית)، ومُعطاة قائمة بأسماء أجزاء الجهاز . كذلك مُعطى وصف إيزومترى للجهاز وللقطعة المُصنَّعة .

أ. ما هو شكل المُسطَّح المُشار إليه بالحرف "أ" في مُنَبَّت القطعة المُصنَّعة (الجزء رقم 3) ؟

1. مربع

2. أسطوانة

3. كرة

4. مسدس (شكل سداسي)

ب. ما هو التوافق المطلوب بين كُم القدر (الجزء رقم 2) وقاعدة الجهاز (الجزء رقم 1) من أجل منع دوران الكُم خلال القدر ؟

1. توافق فراغ (חופש)

2. توافق خلوصة (מרווח)

3. توافق انتقال (מעבר)

4. توافق ضغط (לחץ)

ג. השקֵף פִּי קרס התבִּית (הזרע רמ 4) הדרה התמכִּין מן:

1. התחִיר המריח לברגי התבִּית (הזרע רמ 5).
2. استعمال קרס זנברקי (הזרע רמ 6).
3. תחִיר קרס התבִּית (הזרע רמ 4) והקטעה המֻסַּנֶּעֶה בדרן إخراج ברגי התבִּית (הזרע רמ 5).
4. نقل قوّة التثبيت من بרגي التثبيت (הזרע רמ 5) إلى קרס התבִּית (הזרע רמ 4) وإلى הקטעה המֻסַּנֶּעֶה.

ד. מהי המעלגה החררִיתִית התי יגב הציא בהא פִּי כֻּם הקדח (הזרע רמ 2) מן אגל תכליל תאכלה?

1. תסקיִע (חיסום)
2. תלדין (רפוי)
3. תרכיִע (הרפיה)
4. סמנתִע (לאימנוט)

ה. מהי וזפיה הקרס הזנברקי (הזרע רמ 6)?

1. אן יתבִּת בקוֹעִית כבירה ברגי התבִּית (הזרע רמ 5)
2. אן יתבִּת בסרעה ברגי התבִּית (הזרע רמ 5)
3. אן ימנע תחִיר זאטיִ לברגי התבִּית (הזרע רמ 5)
4. אן ימכֵּן מן תחִיר סריע לברגי התבִּית (הזרע רמ 5)

ו. לאִיִּי הגהוד יחצע סאק ברגי התבִּית (הזרע רמ 5) ענד תתבִּית הקטעה המֻסַּנֶּעֶה?

1. קצֵ ופִּתל (גזירה ופיתול)
2. שדֵּ ופִּתל (מתחיה ופיתול)
3. תני ופִּתל (כפיה ופיתול)
4. חצֵ ופִּתל (לחץ ופיתול)

ז. כמ קדחֵא ימכֵּן אן נקדח פִּי הקטעה המֻסַּנֶּעֶה פִּי תתבִּית ואחד?

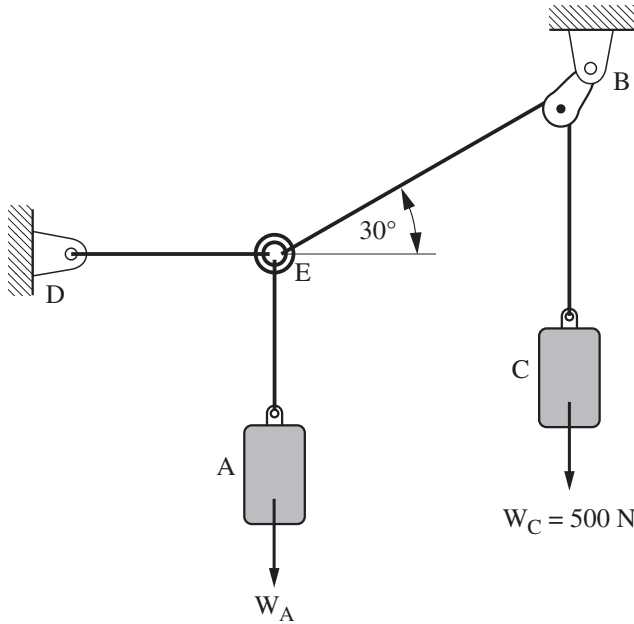
1. ארבעה קדוח
2. תלתה קדוח
3. קדח ואחד
4. קדחאן

- ח. פי המלח "א" מְعطى رسم غير كامل لُمُنْبَت القطعة المَصْنَعَة (الجزء رقم 3) .
1. أكْمِل في الرسم الخطوط الناقصة: خطوط التسنين وخطوط المقطع المُنْقَطَعَة .
2. أضِف إلى الرسم خطوط القياس للقياسات التي تُحَدَّد التسنين (بدون القِيم العددية) .

الفصل الثاني: متانة المواد وأجزاء الماكينات

السؤال 2

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 2 تظهر منظومة كوابل لتعليق كيسيّ ملاكمة (A و C) . وزن الكيس C هو W_C وهو مَعْطى في الرسم التوضيحيّ . الكابل EB ينحرف بزاوية مقدارها 30° بالنسبة إلى الأفق، أمّا الكابل DE فهو أفقيّ . منظومة الكوابل موجودة في حالة توازن . البكرة B عديمة الاحتكاك .



الرسم التوضيحيّ للسؤال 2

- أ. ما هي قيمة الشدّ في الكابل EB ؟ علّل إجابتك .
- ب. ارسم مَحْطَط تقاطع حَرّ (T) للقطاعات E .
- ج. احسب قِيم القوّة في الكابل DE والوزن W_A للكيس A .

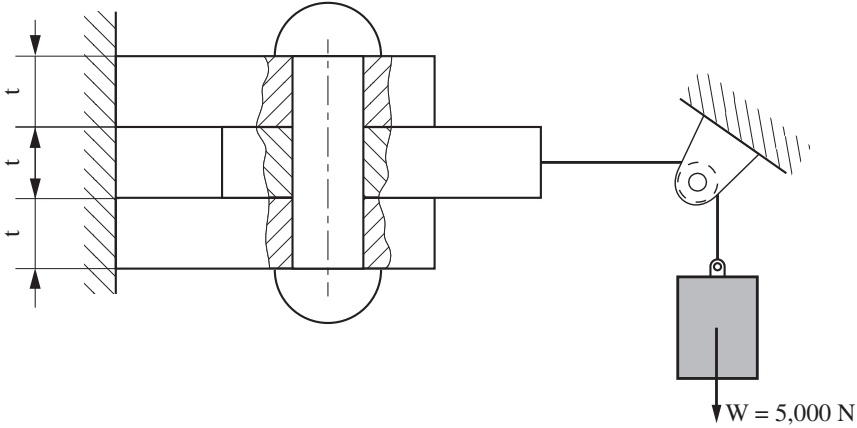
السؤال 3

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 3 تظهر حمّالة لثقالّة مصنوعة من ثلاث صفائح . الصفائح مُثبتة بواسطة مسمار برشمة واحد . سُمك كلّ واحدة من الصفائح هو $t = 5 \text{ mm}$. وزن الثقالّة معطى في الرسم التوضيحيّ .

الجهود المسموح بها في مادّة مسامير البرشمة هي كما يلي :

$$\text{للقصّ (غزירה): } [\tau_s] = 50 \text{ MPa}$$

$$\text{للمعس (معلّכה): } [\sigma_{\ell c}] = 150 \text{ MPa}$$



الرسم التوضيحيّ للسؤال 3

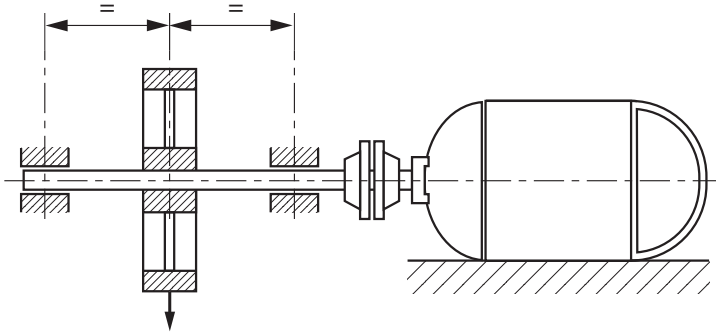
- أ. احسب أصغر قطر مطلوب لمسمار البرشمة، بناءً على جهد القصّ المسموح به .
- ب. احسب أصغر قطر مطلوب لمسمار البرشمة، بناءً على جهد المعس المسموح به .
- ج. أيّ قطر تختار لمسمار البرشمة من بين النتائج التي حصلت عليها في البندين "أ" و "ب" ؟

السؤال 4

في الرسم التوضيحي للسؤال 4 يظهر مُحرَّك يُحرَّك محورًا. يستند المحور على رومبيلين وركبت عليه عجلة حزام، كما هو مُبيّن في الرسم التوضيحي.

للمُحرَّك قدرة 15 kW وهو يدور بـ 1,500 RPM .

على المحور يُؤثّر عزم فتل (M_t) وعزم ثني أقصى مقداره $M_b = 120,000 \text{ Nmm}$.



الرسم التوضيحي للسؤال 4

أ. احسب قيمة عزم الفتل (M_t) الذي يُؤثّر على المحور.

ب. احسب قيمة العزم الأقصى المُركَّب (האקוויולנט) (M_e) الذي يُؤثّر على المحور.

ج. احسب أكبر جهد عام (σ_e) في مادّة المحور إذا أُعطي أنّ عزم مقاومة (مودول المقطع) المحور للثني هو $Z_b = 1,800 \text{ mm}^3$.

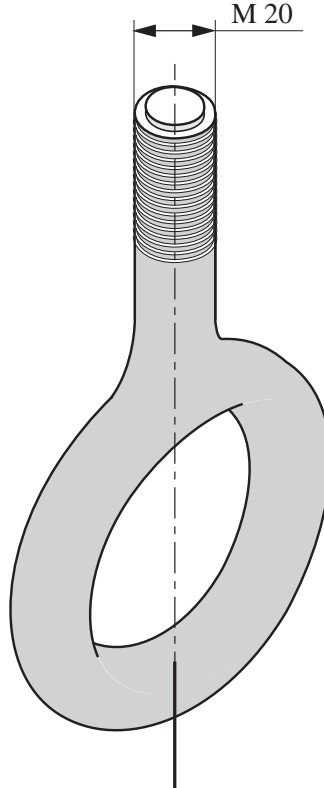
د. مُعطى أنّ الجهد المسموح به لمادّة المحور هو $[\sigma_t] = 90 \text{ MPa}$. علّل تحديدك.

السؤال 5

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 5 تظهر حلقة رفع لرافعة. الحلقة مصنوعة من الفولاذ SAE 1020 وتُربط بذراع الرافعة بواسطة تسنين M 20 .

جهد حدّ الخنوع لمادّة الحلقة هو $\sigma_y = 240 \text{ MPa}$.

عامل الأمان هو $S = 2.4$.



الرسم التوضيحيّ للسؤال 5

- استعن بالملحق "ج" واكتب قيم مُعطيات التسنين (القطر الخارجي، القطر الداخلي، القطر الفعّال [АФКТИВ])، خطوة التسنين، مساحة المقطع للشدّ).
- احسب الجهد المسموح به في منطقة تسنين الحلقة.
- احسب أكبر وزن F يمكن رفعه بواسطة هذه الحلقة.

السؤال 6

في الرسم التوضيحي للسؤال 6 يظهر ناقل حركة ثنائي المرحلة:

المرحلة I - مجموعة عجلات مُسنَّنة أسطوانية ذات أسنان مستقيمة Z_1 و Z_2 .

المرحلة II - مجموعة عجلات حزام D_3 و D_4 .

الدخول إلى ناقل الحركة هو من المحور a والخروج منه هو من المحور c. المحور b هو محور ناقل وسطي.

مُعطيات:

القدرة في مدخل ناقل الحركة: $P_i = 20 \text{ kW}$

القدرة في مخرج ناقل الحركة: $P_o = 18 \text{ kW}$

سرعة الدوران في مخرج ناقل الحركة: $n_o = 500 \text{ RPM}$

أعداد الأسنان في العجلات المُسنَّنة:

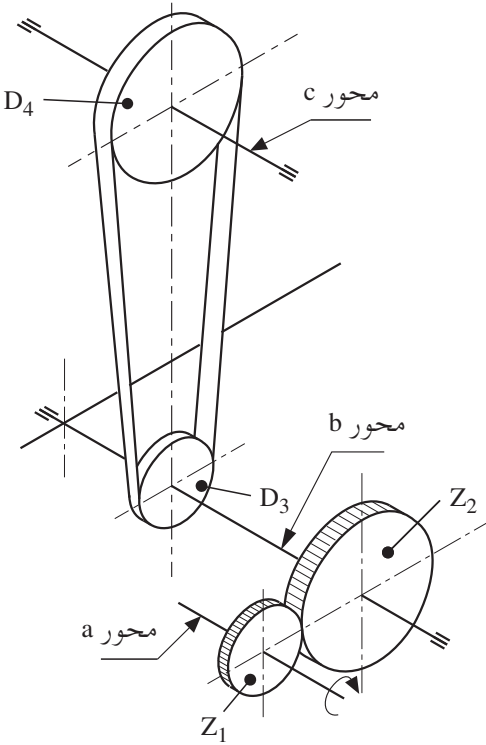
$$Z_1 = 18$$

$$Z_2 = 54$$

مقاييس أقطار عجلات الحزام:

$$D_3 = 120 \text{ mm}$$

$$D_4 = 240 \text{ mm}$$



الرسم التوضيحي للسؤال 6

أ. احسب نسبة نقل حركة (i) ناقل الحركة.

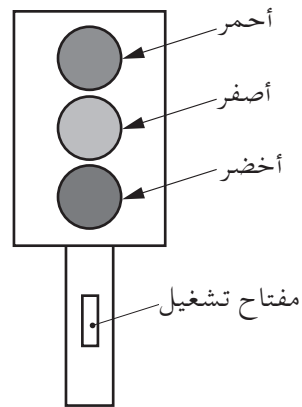
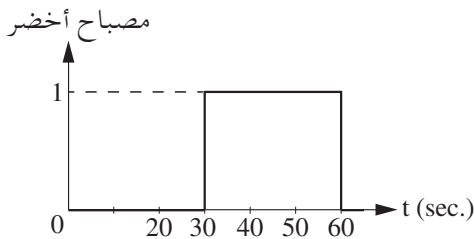
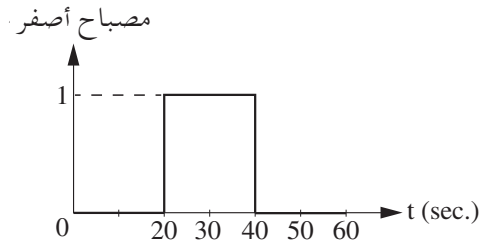
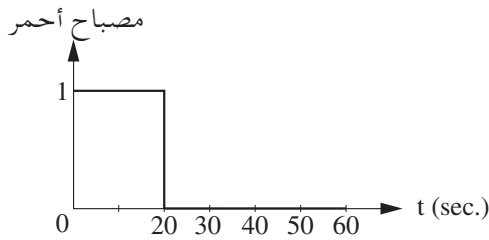
ب. احسب سرعة دوران (n_i) محور المدخل (a).

ج. احسب جودة (η) ناقل الحركة.

الفصل الثالث : فصول في الهندسة والعلوم

السؤال 7

في الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 7 تظهر إشارة ضوئية تعمل بواسطة منظومة مراقبة. تشمل المنظومة على مفتاح تشغيل، مصباح أحمر، مصباح أصفر، مصباح أخضر ومُنظَّم. (لا يظهر المُنظَّم في الرسم). في الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 7 تظهر ثلاثة رسوم بيانية تصف حالات المصابيح الثلاثة خلال دورة واحدة من دورات عمل الإشارة الضوئية. (الحالة '1' – مصباح مُضيء، الحالة '0' – مصباح غير مُضيء.) مع تشغيل المفتاح تبدأ دورة عمل الإشارة الضوئية.



الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 7

الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 7

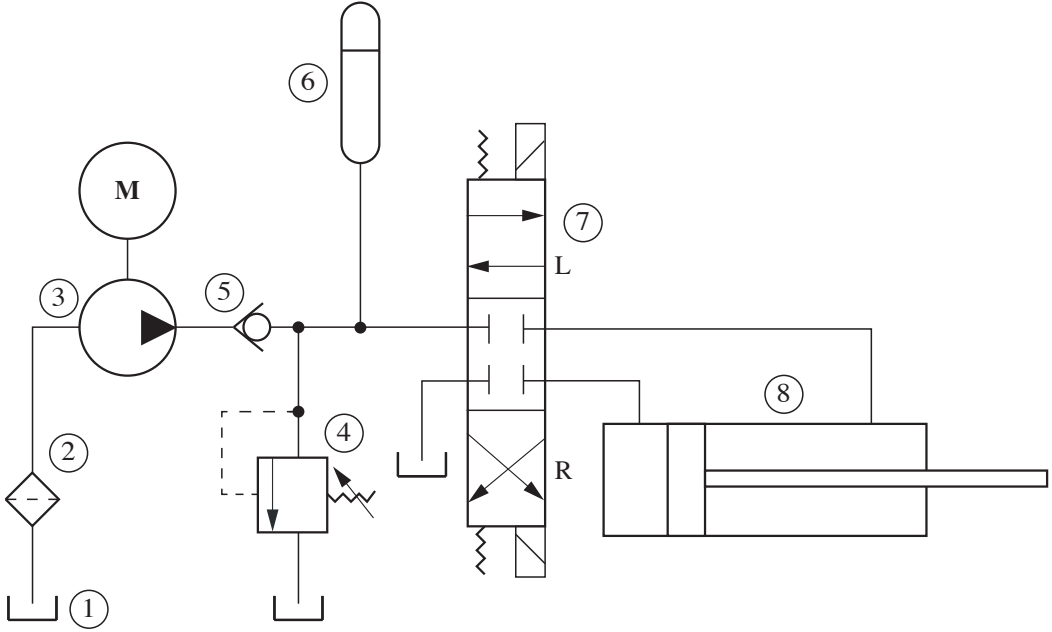
أ. اكتب جدول المداخل والمخارج (קלט-פלט) لمنظومة مراقبة عمل الإشارة الضوئية.

ب. اكتب برنامجاً أو ارسم مخطط سَلَم لمراقبة عمل الإشارة الضوئية لدورة واحدة.

اختر لغة البرمجة التي تناسبك.

السؤال 8

في الرسم التوضيحي للسؤال 8 تظهر منظومة مراقبة هيدروليّة تُشغّل مكبسًا.

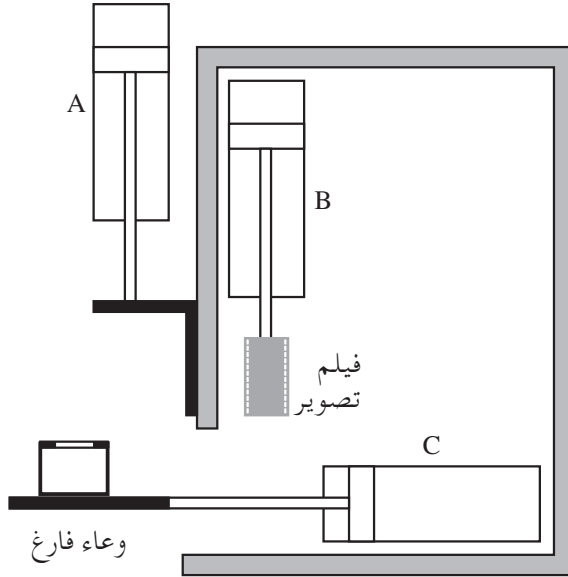


الرسم التوضيحي للسؤال 8

- اكتب أسماء المُركّبات المُشار إليها بالأرقام ① إلى ⑧ .
- ما هي وظيفة المُركّب ⑤ في المنظومة؟
- صِف عمل المنظومة في الحالة R وفي الحالة الوسطى للمُركّب ⑦ .

السؤال 9

في الرسم التوضيحي للسؤال 9 تظهر منظومة لتغليف فيلم تصوير داخل وعاء لا ينفذ إليه الضوء. تتم عملية التغليف في خلية مظلمة. المكبس C يُدخِل الوعاء إلى الخلية المظلمة. المكبس A يُغلق باب الخلية، والمكبس B يُدخِل فيلم التصوير إلى الوعاء. في نهاية شوط كل واحد من المكابس A، B و C تم تركيب مجسّات الحد التالية: a_0 ، a_1 ، b_0 ، b_1 ، c_0 و c_1 ، على الترتيب.

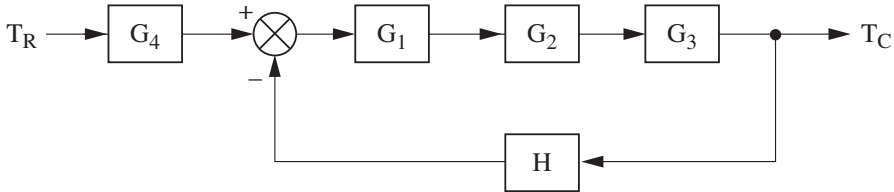


الرسم التوضيحي للسؤال 9

- أ. اكتب في دفترك دورة أعمال المنظومة.
- ب. اعرض في دفترك مخطط أسهم يصف دورة أعمال المنظومة.
- ج. ارسم في الملحق "د" نظام تحكم دورة أعمال المنظومة، بطريقة الكسكدة (تعاقية).

السؤال 10

في الرسم التوضيحي للسؤال 10 يظهر مخطط مستطيلات لمنظومة لمراقبة درجة الحرارة.



الرسم التوضيحي للسؤال 10

أ. اكتب دالة النقل $\frac{T_C}{T_R}$.

ب. تكبيرات المُرَكِّبات هي كما يلي:

$$G_1 = 2, G_2 = 3, G_3 = 4, G_4 = 1, H = 1$$

درجة الحرارة المنشودة (المرغوبة) هي $T_R = 50^\circ\text{C}$

احسب درجة حرارة المخرج T_C للمنظومة، بدرجات حرارة مقويّة ($^\circ\text{C}$).

ج. احسب خطأ المنظومة، T_e ، بدرجات حرارة مقويّة ($^\circ\text{C}$).

نتمنى لك النجاح!

حقوق الطبع محفوظة لدولة إسرائيل.

النسخ والنشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم.

מקן ללאסقة الممتحن

נספח א': דף תשובות לפרק הראשון

לשאולון 838202, קיץ תשע"ו

الملحق "أ": ورقة إجابات للفصل الأول

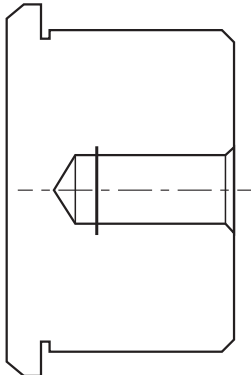
للمنودج 838202 ، صيف 2016

ألصق لاصقة الممتحن الخاصة بك في المكان المخصص لها.
عندما تنتهي من الإجابة عن الأسئلة أرفق ورقة الإجابات لدفترك.

الإجابات للسؤال 1

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

البند "ح" (مقياس الرسم 1:1) :

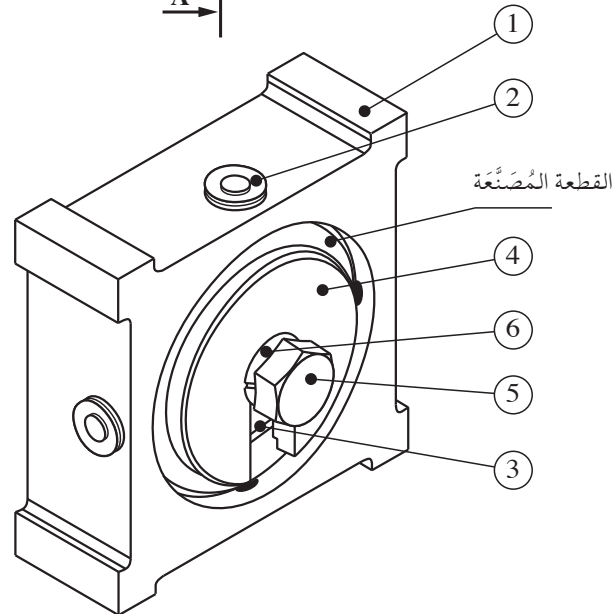
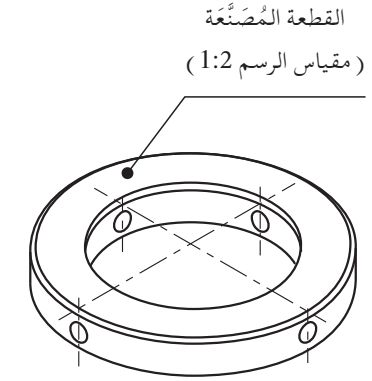
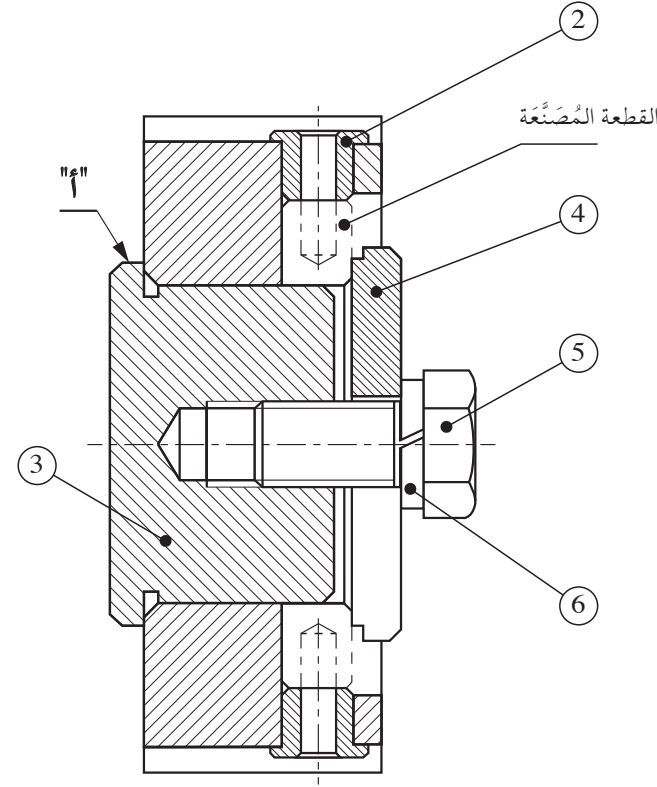
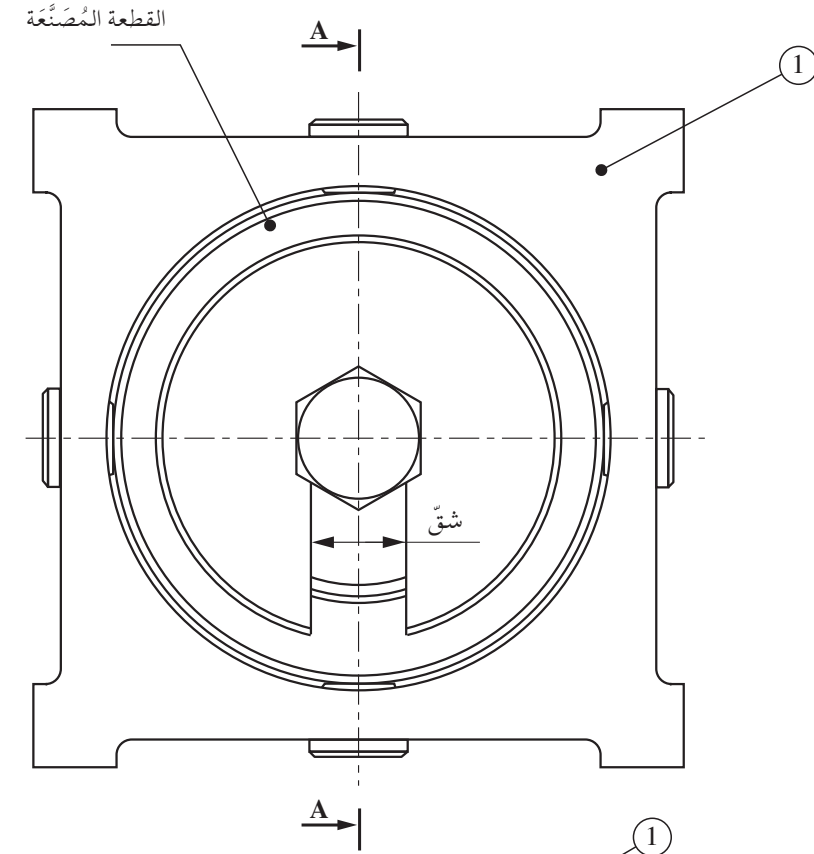


نصف ب (لشأله 1)

لشأله 838202، كق قشع"و

الملق "ب"

لللؤلؤ 838202، صلف 2016



رقم الجزء	اسم الجزء	العدد	المادة
6	قرص زبكي	1	فولاذ زبكي
5	برغي تثبيت M12	1	فولاذ SAE 1040
4	قرص تثبيت	1	فولاذ SAE 1040
3	مُثبت القطعة المصنعة	1	فولاذ SAE 1040
2	كُم القدح	4	فولاذ SAE 1080
1	قاعدة الجهاز	1	فولاذ SAE 1060
جهاز قدح بالقرص		مقياس الرسم: 1:1	

לא حاجة لإعادة هذا الملحق

אין צורך להחזיר נספח זה

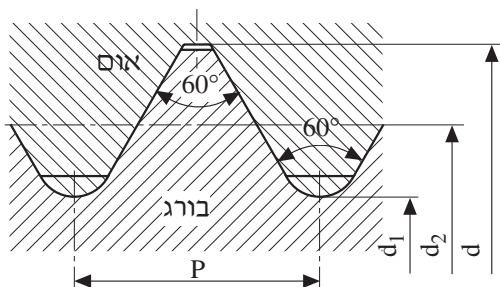
נספח ג': מידות לתבריגי הידוק מטריים חיצוניים (ת"י 665)

לשאלון 838202 , קיץ תשע"ו

الملحق "ج": قياسات لتسنيئات تثبيت مترية خارجية (تاريخ إنتاج 665)

للمنموذج 838202، صيف 2016

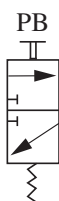
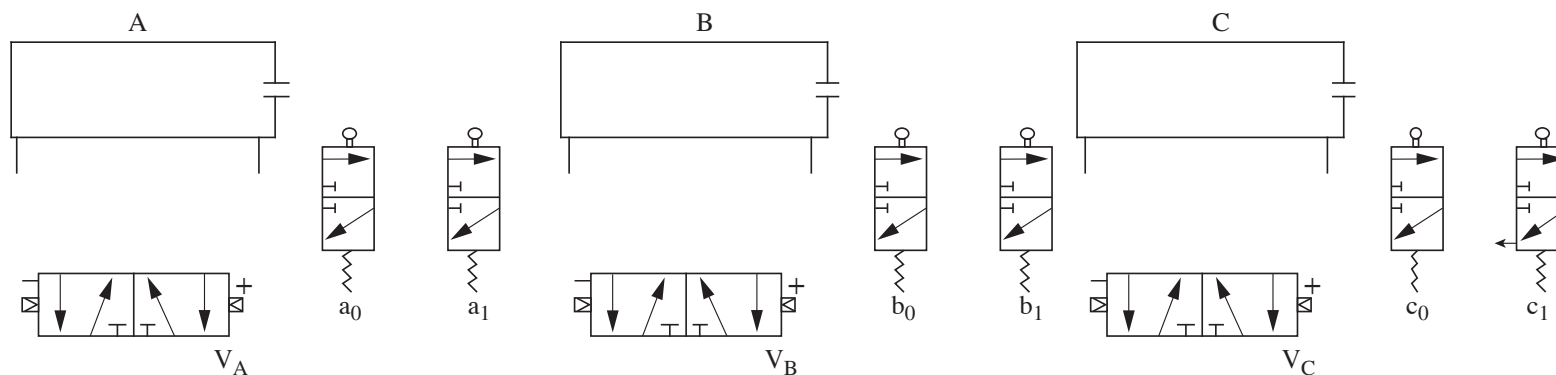
תבריגים רגילים					תבריגים עדינים			
קוטר חיצוני	פסיעה	שטח חתך למתיחה	קוטר פנימי	קוטר אפקטיבי	פסיעה	שטח חתך למתיחה	קוטר פנימי	קוטר אפקטיבי
d (mm)	p (mm)	A (mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	p (mm)	A (mm ²)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)
2	0.4	1.79	1.509	1.740				
2.5	0.45	2.98	1.948	2.200				
3	0.5	4.47	2.387	2.675				
3.5	0.6	6.0	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	1,050	36.779	39.077	2	1,230	39.546	40.701
48	5	1,380	41.866	44.752	2	1,630	45.456	46.701
56	5.5	1,910	49.252	52.428	2	2,250	53.516	54.701
64	6	2,520	56.639	60.639	2	2,980	61.546	62.701



الملحق "د" (للسؤال 9)
للمودج 838202، صيف 2016

נספח ד' (לשאלה 9)
לשאלון 838202, קיץ תשע"ו

מקום ללصقة המمتחן



I

II



מדינת ישראל

משרד החינוך

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

دولة إسرائيل

وزارة التربية

نوع الامتحان: بچروت للمدارس الثانوية
موعد الامتحان: صيف 2016
رقم النموذج: 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]
$[\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$ $\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$ $\sigma_t = \varepsilon E$ $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$ $\Delta L = \frac{FL}{EA}$			

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 בחדך 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:

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

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

d	-	קוטר	[mm]
b	-	הממד המקביל למישור הניטרלי	[mm]
h	-	הממד הניצב למישור הניטרלי	[mm]

מומנטי התמד (אינרציה) ציריים
לחתך עגול:

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

לחתך מלבני:

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12}$$

5. קריסה

F_{cr}	-	הכוח המינימלי 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 הריתום של המוט:	

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

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

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

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

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: $\mu = 2/3$

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

$$\lambda_y = 100 - \text{פלדה דלת-פחמן}$$

$$\lambda_y = 80 - \text{פלדת פחמן}$$

כאשר: $\lambda_y < \lambda_{קיים}$,

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:

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

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

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

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

$$C_o = \sim 1.8 P_o$$

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

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

P_o - העומס הסטטי על המסב

C_o - הכושר הסטטי של המסב

C - הכושר הדינמי של המסב

P - העומס השקול על המסב

p - לחץ שטח במסב החלקה

d - הקוטר הפנימי של מסב ההחלקה

ℓ - אורך מסב ההחלקה

F - הכוח הפועל על מסב ההחלקה

n - מהירות סיבוב

v - מהירות קווית

[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

σ_y	- מאמץ בגבול הכניעה	[MPa]	$\tan \gamma = \frac{iP}{\pi d_2}$
$[\sigma_t]$	- מאמץ מותר למתיחה	[MPa]	
σ_e	- מאמץ שקול בבורג	[MPa]	$\tan \varphi = \mu$
Q	- כוח צירי בבורג	[N]	
A_i	- שטח החתך של הבורג	[mm ²]	בורגי הידוק:
S	- מקדם בטיחות		$\sigma_e \cong \frac{1.25 Q}{A_i} \leq [\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$
M_t	- מומנט סיבוב, מועבר על-ידי בורג	[Nmm]	$M_t = Q \cdot \tan(\gamma \pm \varphi) \frac{d_2}{2}$
γ	- זווית המעלה	[deg]	$M_t = 0.2 \cdot Q \cdot d$
φ	- זווית חיכוך	[deg]	
μ	- מקדם חיכוך		
d_2	- קוטר ממוצע של הבורג	[mm]	בתברג ריבועי:
P	- פסיעת התברג	[mm]	$d_2 = d - \frac{P}{2} = d - h$
d	- הקוטר החיצוני של הבורג	[mm]	
h	- גובה השן של התברג	[mm]	בורגי הנעה:
i	- מספר התחלות בתברג		$M_t = 0.1 \times Q \times d$

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

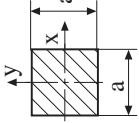
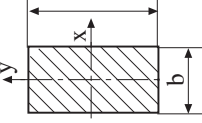
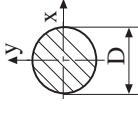
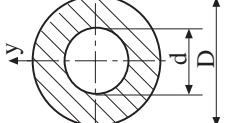
	- i	יחס התמסורת		$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2}$
[RPM]	- n, n ₁ , n ₂	מהירות סיבוב של גלגל		
	- z, z ₁ , z ₂	מספר השיניים בגלגל		
[mm]	- m	מודול השן		$D = m \cdot z = \frac{1}{\pi} z$
[mm]	- D	קוטר מעגל החלוקה		$D_e = m (z + 2)$
[mm]	- D _i	קוטר מעגל העיקרים		$D_i = m (z - 2.4)$
[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	$M_e = \frac{M_T}{k}$
M_e	- המומנט לשן בגל כוכב	$F = M_e \frac{2}{d_m}$
d_m	- קוטר ביניים בגל כוכב	$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2}$
d_1	- קוטר פנימי בגל כוכב	$A = \frac{d_2 - d_1}{2} \cdot L$
d_2	- קוטר חיצוני בגל כוכב	
A	- שטח השן הנמעת	
L	- אורך השן הנמעת	

14. רצועות

F_t	- כוח היקפי (משיקי)	$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$
P	- הספק נמסר	$F = \frac{1000 P}{v}$
P_E	- הספק אפקטיבי	$S_1 = k_e \cdot F_t$
v	- מהירות קווית של הרצועה	$S_2 = S_1 - F_t$
S_1	- כוח מתיחה בענף הפעיל	$M_t = (S_1 - S_2) \frac{D}{2}$
S_2	- כוח מתיחה בענף הסביל	$P_E = k_d \cdot P \cdot h$
k_e	- מקדם כוח מתיחה	
d	- קוטר הגלגל המניע	$L = 1.57 (D_0 + d_0) + 2 A + \frac{(D_0 - d_0)^2}{4 A}$
D_1, D_2, D_3	- קוטר גלגל בממסרת	$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60 \times 1000}$
M_t	- המומנט הנמסר	
η	- נצילות	
n_1, n_2	- מהירות סיבובית של גלגל	
i	- יחס התמסורת בין גלגלי הרצועה	
k_d	- מקדם תנאי העבודה	
L	- אורך הרצועה	
d_0	- קוטר חיצוני בגלגל הקטן	
A	- מרחק בין מרכזי הגלגלים	
D_0	- קוטר חיצוני בגלגל הגדול	

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 = $\frac{a^3}{6}$	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)	
$I_o = \frac{\pi D^4}{32} \approx 0.1 D^4$	$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0.05 D^4$	$Z_o = \frac{\pi D^3}{16} \approx 0.2 D^3$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0.1 D^3$	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	
$I_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx 0.1 (D^4 - d^4)$	$I_x = I_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64} \approx 0.05 (D^4 - d^4)$	$Z_o = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{16} \approx \frac{0.2 (D^4 - d^4)}{D}$	$Z_x = Z_y = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32} \approx \frac{0.1 (D^4 - d^4)}{D}$	$\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$	$\pi(D + d)$	

נוסחאות בבקרה

1. הגבר סטטי:

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

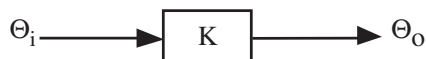
2. תמסורת של מלבן בודד:

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

Θ_o - אות מוצא (תגובה)

Θ_i - אות מבוא (אילוץ)

G - פונקציית תמסורת



3. תמסורת של שני מלבנים בטור:

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

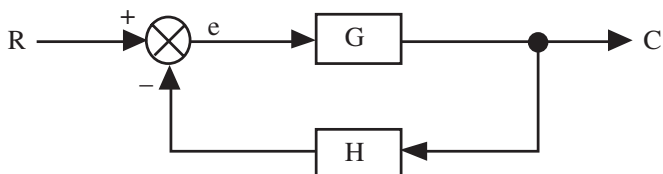


4. תמסורת, T , בחוג סגור (עם משוב H):

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

R - ערך רצוי

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!