

## מדינת ישראל

משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים

מועד הבחינה: קיץ תשע"ז, 2017

סמל השאלון: 838202

נספחים:

א. דף תשובות

ב. לשאלה 1 – קליבה

ג. לשאלה 4 – מצמידים בעלי

שרוול גומי

ד. לשאלה 6 – מסבים רדיאליים

כדוריים

ה. לשאלה 10 – מערכת בוכנות

נוסחאון

תרגום לערבית (2)

## דولة إسرائيل

وزارة التربية والتعليم

نوع الامتحان: بچروت للمدارس الثانوية

موعد الامتحان: صيف 2017

رقم النموذج: 838202

ملاحق:

أ. ورقة إجابات

ب. للسؤال 1 – ملزمة

ج. للسؤال 4 – قوايض ذات أكمام مطاطية

د. للسؤال 6 – روميبلان راديالين كرويان

هـ. للسؤال 10 – منظومة مكابس

ورقة قوانين

## ميكانيكا هندسية – الثاني عشر

وحداتان تعليميتان

تعليمات للممتحن

أ. مدة الامتحان: ثلاث ساعات.

ب. مبنى النموذج وتوزيع الدرجات:

في هذا النموذج ثلاثة فصول:

الفصل الأول: فهم الرسم التكريري (السؤال 1)

الفصل الثاني: متانة المواد وأجزاء الماكينات (الأسئلة 2-7)

الفصل الثالث: فصول في الهندسة والعلوم (الأسئلة 8-11)

عليك الإجابة عن خمسة أسئلة: سؤال واحد من كل

فصل وسؤالين إضافيين بحسب اختيارك.

لكل سؤال 20 درجة.

ج. مواد مساعدة يُسمح باستعمالها: أدوات كتابة وأدوات

رسم، ورقة قوانين مدرسية، آلة حاسبة.

د. تعليمات خاصة:

1. تمعن في النموذج، تعرّف إلى أقسامه ثم أجب عن الأسئلة بحسب الترتيب الذي تراه مناسباً.

2. إذا زاد عدد الأسئلة التي تمكنت من حلّها عن المطلوب، فأنت غير ملزم باختيار الإجابات التي تُفضّل أن تُفحص. المُصحّح سوف يُفحص الامتحان كلّهِ وسيختار أفضل الإجابات بحسب المطلوب في كلّ فصل.

3. في كلّ سؤال دُكرت المُعطيات اللازمة لحلّه. إذا رأيت أنّ مُعطى معيناً غير موجود، أضفه حسب ما تراه مناسباً واستعن به لحل السؤال. أذكر في إجابتك المُعطى الذي أضفته.

4. عند إجابتك عن سؤال حسابي، عليك أن تعرض مراحل الحلّ بالتفصيل وأن تشرّحها باختصار. الحصول على أكبر عدد من الدرجات مشروط بتنفيذ هذا المطلب.

تعليمات للمراقب: في نهاية الامتحان، على كلّ مُمتحّن أن يُرفق الملحق "أ" والملحق "هـ" (إذا أجاب عن السؤال 10) لدفتر امتحانه.

## 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 מכונות (שאלות 2-7)

פרק שלישי: פרקי הנדסה ומדע (שאלות 8-11)

עליך לענות על חמש שאלות: שאלה אחת מכל פרק

ועוד שתי שאלות על-פי בחירתך.

לכל שאלה – 20 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי כתיבה וכלי סרטוט,

נוסחאון בית-ספרי, מחשבון.

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 ה' (אם

ענה על שאלה 10) למחברת הבחינה שלו.

בשאלון זה 13 עמודים, 5 עמודי נספחים ונוסחאון.

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

التوجيهات في هذا النموذج مكتوبة بصيغة المذكر، لكنها موجّهة للمُمتحّنات وللمُمتحّنين على حدّ سواء.

نتمنى لك النجاح!

التّمّة في الصفحة التالية

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

## 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" .  
في كل واحد من البنود "أ" - "ز" مُعطاة أربع إجابات ، فقط واحدة منها صحيحة . أشر إلى  
الإجابة الصحيحة في ورقة الإجابات التي في الملحق "أ" .

في الملحق "ب" مُعطى رسمٌ تركيبيٌ لِمِلْزَمة ومُعطاة قائمة بأجزائها .

أ . التثبيت بواسطة المِلْزَمة يتم بين الأجزاء التالية :

1. جسم المِلْزَمة ( الجزء رقم 1 ) والبرغي ( الجزء رقم 5 ) .
2. جسم المِلْزَمة ( الجزء رقم 1 ) والكُم ( الجزء رقم 6 ) .
3. جسم المِلْزَمة ( الجزء رقم 1 ) وغطاء التثبيت ( الجزء رقم 7 ) .
4. القضيب القصير ( الجزء رقم 8 ) وغطاء التثبيت ( الجزء رقم 7 ) .

ب . ما هي الفتحة الكبرى ( القصوى ) للمِلْزَمة ؟

1. 23 ملم
2. 33 ملم
3. 36 ملم
4. 37 ملم

ج . ما هو شكل البروفيل لتسنيين البرغي ( الجزء رقم 5 ) ؟

1. مربع
2. شبه منحرف
3. أسنان منشار
4. مثلث

ד. מה הוּ תוּאֻקּ המְלּוּב בִּינִי מִבְּצֵי הַתְּשִׁיבָה (הַחֶדֶס קמ 2) וּרֹאשׁ הַבְּרִיגִי (הַחֶדֶס קמ 3) מִן אֲגִל מִנֵּעַ הַתְּשִׁיבָה הַזֵּאת לִמְבָּצֵי מִן רֹאשׁ הַבְּרִיגִי?

1. תוּאֻקּ פֶּרֶא (חֹדֶש)

2. תוּאֻקּ אֲנִזְלָק (הַחֶלֶקֶה)

3. תוּאֻקּ חֲלוּס (מִרוּח)

4. תוּאֻקּ זֻעֻץ (לֶחֶץ)

ה. הַקִּימָה 1 בִּי קִיָּאס הַבְּרִיגִי  $M10 \times 1$  תִּשְׁיֵר אֶל אֵן:

1. עֲמֻק הַתְּשִׁיבָה הוּ 1 מִלִּמ.

2. חֲטוּת הַתְּשִׁיבָה הִיא 1 מִלִּמ.

3. הַקֻּטֵּר הַחֹרְגִי לִלְתְּשִׁיבָה הוּ 1 מִלִּמ.

4. הַקֻּטֵּר הַדֹּחֵלִי לִלְתְּשִׁיבָה הוּ 1 מִלִּמ.

ו. בִּאֵיָּה טְרִיקָה סֻגַּל הַתְּשִׁיבָה בִּינִי הַכֶּמֶ (הַחֶדֶס קמ 6) וְהַגֶּשֶׁם הַמִּלְזָמָה (הַחֶדֶס קמ 1)?

1. בְּטְרִיקָה הַזֻּעֻץ (לֶחֶץ)

2. בְּטְרִיקָה הַקֶּדֶח הַמְּוַחֵד (קֶדֶח אֶחָד)

3. בְּטְרִיקָה הַעֲמוּד הַמְּוַחֵד (גֶּל אֶחָד)

4. בְּאֵיָּה הַטְּרִיקָה הַמְּדַמְּגָה (מִשְׁוֹלֶבֶת)

ז. גִּפְתָּא הַתְּשִׁיבָה (הַחֶדֶס קמ 7) מִשְׁנוּע מִן הַפּוֹלָד SAE 1020 .

מִן אֲגִל זִיָּדָה סִלָּבָה הַמִּשְׁטַח הַמִּשְׁאָר אֵלֶיּה בַּחֶרֶף "א", יִנְבְּגִי אֲגִירָה הַמַּעֲלָגָה הַחֲרָרִית הַתֹּלִיָּה לִגִּפְתָּא הַתְּשִׁיבָה:

1. תְּסִיקָה וְתִרְחִיָּה (חִיסוּם וְהַרְפִּיָּה).

2. תְּסִיקָה וְתִלְדִּין (חִיסוּם וְרִיפּוּי).

3. סִמְנָתָה וְתְּסִיקָה (לִימְנוּט וְחִיסוּם).

4. תְּעִיָּק וְתְּסִיקָה (זִיקוֹן וְחִיסוּם).

ח. אֲכִמֵּל בִּי רֶסֶם הַבְּרִיגִי (הַחֶדֶס קמ 5), הַמְּעֻטִּי בִּי הַמִּלְחָק "א", מֵאֵי:

1. הַחֲטוּט הַנֶּאֱחָסָה בִּי הַמִּשְׁקָט הָאֶמֶי.

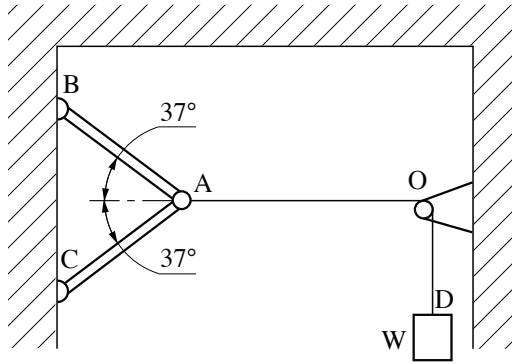
2. הַמִּקְטַע הַחֲזִיָּי בִּי הַמִּשְׁקָט הָעֻלּוּי.

3. מִקְיָאס תְּשִׁיבָה הַבְּרִיגִי מִעִימָתָה הַעֲדִידָה וּמִקְיָאס טוֹל הַתְּשִׁיבָה מִן דוֹן קִימָתָה הַעֲדִידָה.

## الفصل الثاني: متانة المواد وأجزاء الماكينات

### السؤال 2

في الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 2 وصف لمنظومة تحمل ثقالة (משקולת)  $W$ ، وزن الثقالة هو:  $16 \text{ kN}$ . الثقالة مربوطة بالمفصل  $A$  بواسطة الكابل  $AOD$ . العمود  $AB$  موصول بالمفصل  $B$  بزاوية  $37^\circ$ ، والعمود  $AC$  موصول بالمفصل  $C$  بزاوية  $37^\circ$ ، كما هو مبين في الرسم التوضيحي. يمر الكابل فوق بكر (גלגלת) عديمة الاحتكاك في النقطة  $O$ ، وهو أفقي في القطعة  $AO$ . وزن العمودين ووزن الكابل مهملان.



الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 2

أ. سجّل في دفترک الإجابة الصحيحة.  
قوة الشدّ (מתחית) في الكابل  $AOD$  هي:

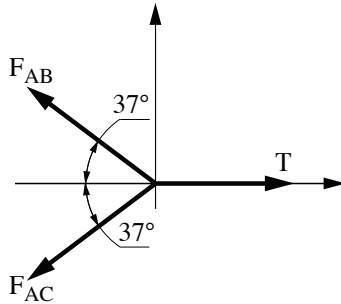
1.  $3,200 \text{ N}$

2.  $16,000 \text{ N}$

3.  $1.6 \text{ kN}$

4.  $320 \text{ kN}$

- ב. פי الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 2 مُعطى مُخَطَّط جسم حرّ (ديانرمت جوف حوفشي) للمفصل A .  
المفصل A هو في حالة توازن .



### الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 2

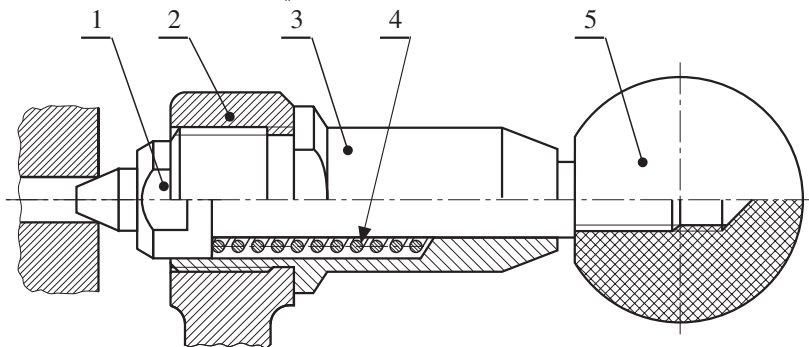
- احسب مقدارَي قوّتي ردّ الفعل،  $F_{AC}$  و  $F_{AB}$ ، اللّتين تعملان على العمودين AB و AC .  
مُعطيات :

$$\cos 37^\circ = 0.8$$

$$\sin 37^\circ = 0.6$$

### السؤال 3

- يَصِفُ الرسم التوضيحيّ للسؤال 3 رَسْم مَقْبُض لَتَثْبِيت قِطْعَةٍ مُصَنَّعَةٍ (لاَوِيّ). رُكِّبَ عَلَى الْمَقْبُض زَنْبَرُكَ (كُفِيّ) (الجزء 4)، قُطْرُ سِلْكِهِ هُوَ : 3 mm وَقُطْرُهُ الْخَارِجِيّ هُوَ : 24 mm . مُعَامِلُ الْمُرُونَةِ (مُودُولُ الْهَالِسْتِيوت) لِقِصِّ (غِزِيرَةِ) الْمَادَّةِ الْمَصْنُوعِ مِنْهَا الزَنْبَرُ هُوَ :  $G = 77,200 \text{ MPa}$  . مِنْ أَجْلِ تَحْرِيرِ الْقِطْعَةِ الْمُصَنَّعَةِ تَمَّ تَشْغِيلُ قُوَّةِ سَحَبٍ (مُشِيكَةِ) تُقْلَصُ الزَنْبَرُكَ بِـ 4 mm . عِدَدُ الْلَفَّاتِ الْفَعَّالَةِ فِي الزَنْبَرُكَ هُوَ 12 .

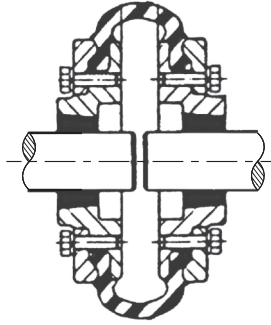


### الرسم التوضيحيّ للسؤال 3

- أ. احسب الثابت الزنبركيّ (كبوله الكوفيّ) .  
ب. احسب مقدار القوة التي تُسَبِّبُ تَقْلُّصَ الزَنْبَرُكَ بِـ 4 mm .  
ج. احسب الجُهد الناتج في الْمَادَّةِ الْمَصْنُوعِ مِنْهَا الزَنْبَرُكَ فِي نِهَائَةِ تَقْلُّصِهِ، إِذَا كَانَ مُعَامِلُ تَصْحِيحِ الْجُهدِ هُوَ :  $K = 1.18$  .  
يتبع في الصفحة 6 ◀

## السؤال 4

في الرسم التوضيحي للسؤال 4 وصف لقابض (كلاتش) ذي كَم مطاطي. سرعة دوران القابض القصوى هي:  $n = 2,600 \text{ rpm}$ ، وعزم الدوران الأقصى الذي يعمل عليه هو:  $M_e = 1,510 \text{ Nm}$ .



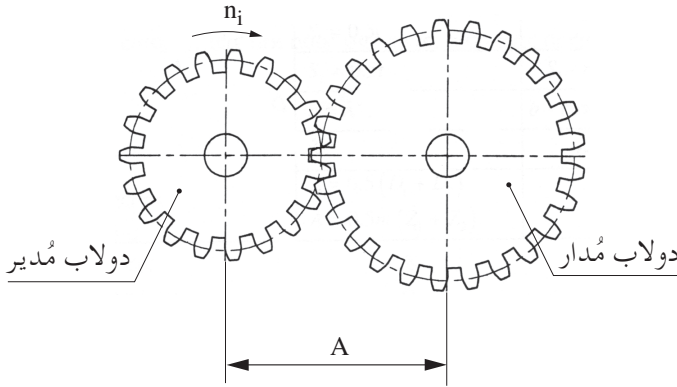
## الرسم التوضيحي للسؤال 4

- أ. اختَر قابضًا ملائمًا لمعطيات السؤال، ثم سجِّل حَجْمه (Size) وقُطْر المحور الأقصى الملائم له. استعِن بالمُلحق "ج".
- ب. احسب القدرة (הספק) التي تُنْقَل بواسطة القابض، بحسب مُعطيات السؤال.
- ج. احسب جُهد القُتْل (מאמץ הפיתול) في محور القابض.
- في البند "د" مُعطاة أربع إجابات، فقط واحدة منها صحيحة. انسُخ إلى دفتركَ الإجابة الصحيحة.
- د. الصِّفَة الأهم التي تُمَيِّز القوابض ذات الأكام المطاطية هي:

1. قساوة (קשיחות) كبيرة
2. مُرونة (גמישות) كبيرة
3. متانة (חוזק) كبيرة
4. صلابة (קשיחות) كبيرة

## السؤال 5

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 5 مُعطى ناقل حركة مُركَّب من دولابَّين مُسنَّنين لهُما أسنان مستقيمة.



الرسم التوضيحيّ للسؤال 5

## مُعطيات :

عدد الأسنان في الدولاب المُدير:  $Z_1 = 25$

عدد الأسنان في الدولاب المُدار:  $Z_2 = 75$

البُعد بين محوري الدولابَّين:  $A = 200 \text{ mm}$

نِجاعة (كفاءة) ناقل الحركة:  $\eta = 0.98$

القدرة في مُدخل ناقل الحركة:  $P_i = 10 \text{ kW}$

سرعة الدوران في مُدخل ناقل الحركة:  $n_i = 1,200 \text{ rpm}$

إحسب ما يلي :

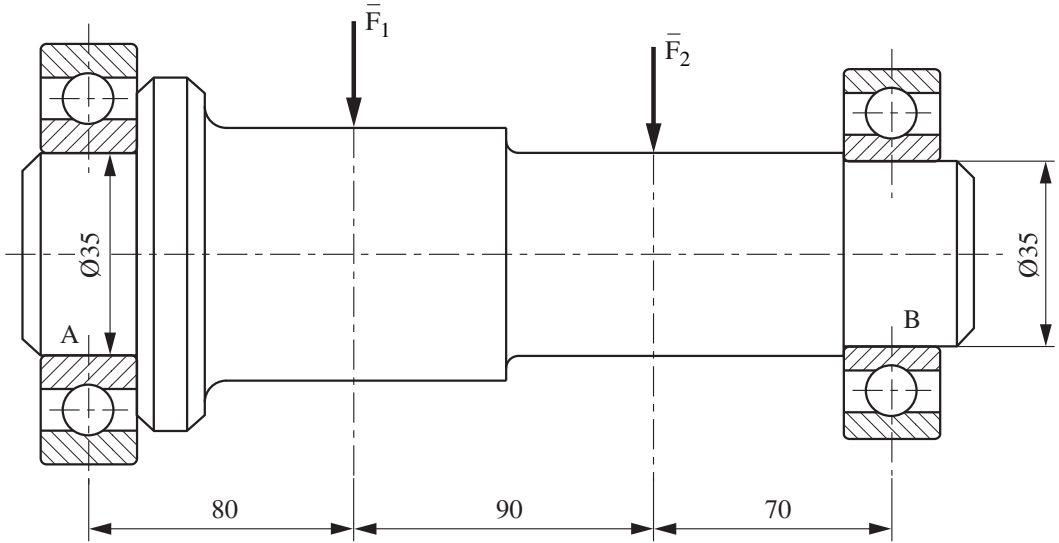
أ. مُعامل (مودول) السنّ (m) للدولاب المُسنَّن.

ب. نسبة نُقل الحركة بين الدولابَّين المُسنَّنين.

ج. عَزْم دوران المحور في مُخرج ناقل الحركة.

## السؤال 6

في الرسم التوضيحي للسؤال 6 وصف لمحور يستند إلى رومبيلين راديالين كرويين. افرض أن الرومبيلين هما ركيزتان موضعتان في النقطتين A و B. على المحور تعمل القوتان:  $\bar{F}_1 = 6 \text{ kN}$  و  $\bar{F}_2 = 3 \text{ kN}$ ، بشكل عمودي على خط تماثل (لاير) المحور وفي الأماكن المشار إليها في الرسم التوضيحي. العمر المطلوب للرومبيلين هو:  $L = 200 \text{ mil. rev}$ .



الرسم التوضيحي للسؤال 6

- أ. احسب ردود الفعل في الرومبيلين.
- ب. افرض أن القوة التي تعمل على الرومبيل في النقطة A هي قوة عمودية مقدارها هو:  $3,750 \text{ N}$ . احسب الأحمال (لومסים) التي على الرومبيل، واختر رومبيلًا مناسبًا للنقطة A. استعن بالمُلحق "د".
- ج. علامة (Designation) الرومبيل المُختار للنقطة B هي: 6207.

سجل مُعطيات الرومبيل التالية:

1. مقياس قطر القذح (d)
2. مقياس القطر الخارجي (D)
3. مقياس العرض (B)
4. الكفاءة الستاتيّة (כושר סטטי) ( $C_0$ )
5. الكفاءة الديناميكية (כושר דינמי) (C)



## السؤال 7

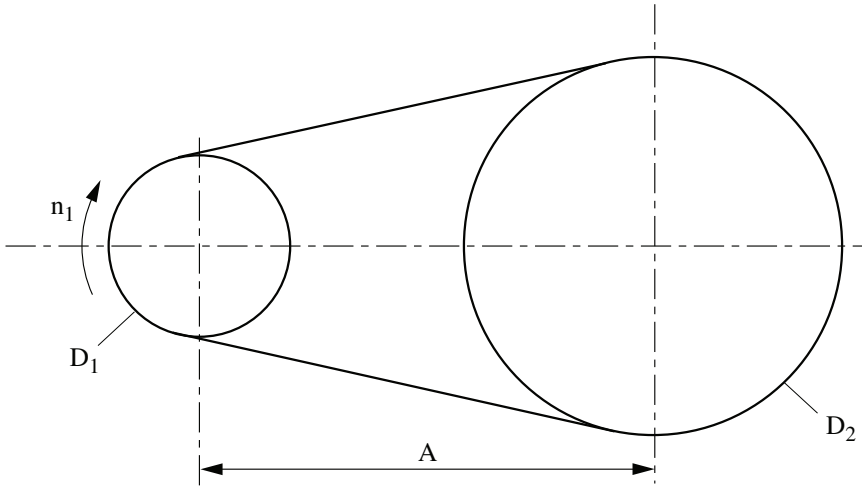
في الرسم التوضيحي للسؤال 7 مُعطى ناقل حركة بِحِزَام مُسَطَّح، يَنْقُلُ قدرة بِمقدار 5 kW .  
مُعطيات :

سرعة دوران العجلة الصغيرة (المُديرة) :  $n_1 = 500 \text{ rpm}$

نسبة نَقْل الحركة :  $i = \frac{1}{3}$

قُطر الدولاب الصغير :  $D_1 = 200 \text{ mm}$

البُعد بَيْن محوري الدولابَين :  $A = 800 \text{ mm}$



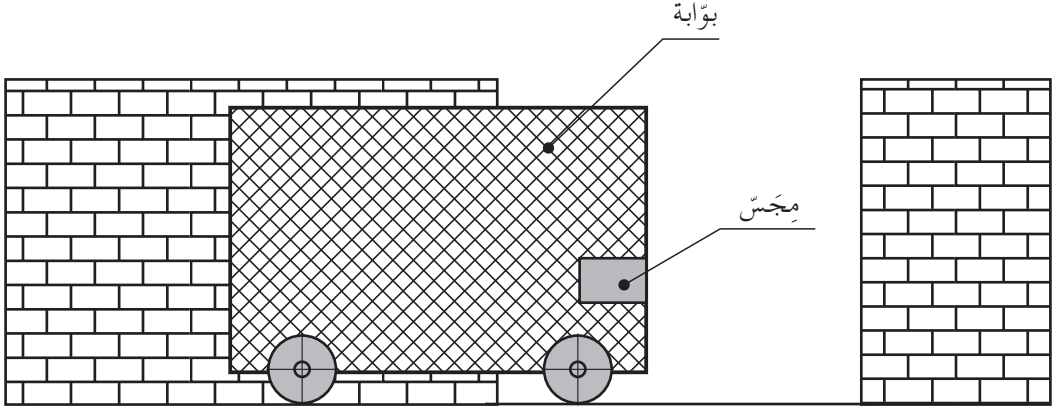
الرسم التوضيحي للسؤال 7

- أ. احسب قُطر الدولاب الكبير،  $D_2$  .
- ب. احسب طول الحزام .
- ج. احسب السرعة الخطية (מהירות קווית) للحزام .
- د. احسب القوة المماسية (כוח משיקי) في الحزام .

## الفصل الثالث : فصول في الهندسة والعلوم

### السؤال 8

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 8 وَصِفْ لبوابة تعمل بواسطة منظومة مُراقَبة تحتوي على مُحَرِّك كهربائيّ (غير ظاهر في الرسم التوضيحيّ) . البوابة تتحرّك على سِكَّة .



### الرسم التوضيحيّ للسؤال 8

#### مُرْكَبَات المنظومة :

- زرّ، PB1 ، يُستعمل لِفَتْح البوابة (غير ظاهر في الرسم التوضيحيّ)
- زرّ، PB2 ، يُستعمل لإغلاق البوابة (غير ظاهر في الرسم التوضيحيّ)
- مَحْسَسٌ للتعرف على الإنسان مع تلاؤم داخليّ عاديّ-مفتوح (N.O.) ، يُغْلَق عندما يظهر إنسان في المنطقة المكشوفة للمَحْسَس
- مُحَرِّك ثنائيّ الاتجاه ، يَفْتَح البوابة أو يُغْلِقها

#### طريقة عمل المنظومة :

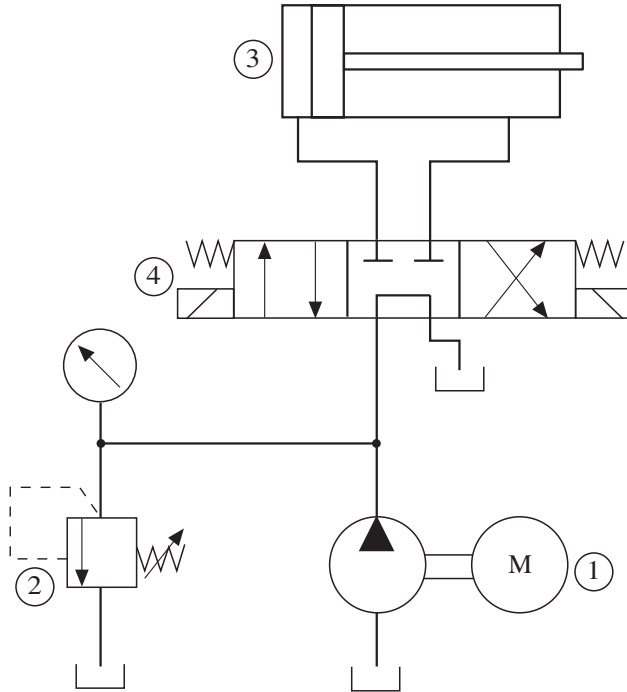
- عندما يكون الزرّان غير مضغوطين، تكون البوابة ثابتة في مكانها .
- عندما نضغط زرّ الفَتْح، البوابة تُفْتَح .
- عندما نضغط زرّ الإغلاق، البوابة تُغْلَق .
- عندما نضغط الزرّين معاً، البوابة لا تتحرّك .
- إذا اكتشف المَحْسَس وجود إنسان في المنطقة المكشوفة له في أثناء إغلاق البوابة، فإنّ حركة البوابة تتوقّف .
- أ . اكتب اسم مُراقِب مُبَرِّمَج (בקר מתוכנת) مناسب للمنظومة، واعرض جدول المداخل والمخارج (הקלט-פלט) للمُراقِب .

ب. إعرض مُخَطَّط سُلَّم للمُراقِب المُبَرِّمَج الذي اختَرْتَه، بحيث يُراقب عمل المنظومة بما يتناسب مع المُتطلَّبات.

ج. إذا وَصَلَتِ البَوَابَةُ عند فَتْحِهَا إلى نِهَآيَةِ السَّكَّةِ واستمرَّ المُشْعَلُ في ضَعْفِ زَرِّ الفَتْحِ، فمن الممكن أن تخرج البَوَابَةُ عن السَّكَّةِ. اقْتَرَحَ تَغْيِيرًا في المِنْظُومَةُ يُؤَدِّي إلى تَوَقُّفِ عَمَلِ المُحَرِّكِ في مِثْلَ هَذِهِ الحَالَةِ.

## السؤال 9

في الرسم التوضيحي للسؤال 9 وَصَفُ لمنظومة هيدروليكية (מערכת הידרולית).



## الرسم التوضيحي للسؤال 9

أ. سَجِّلِ الاسم الكامل لكل واحد من المُرَكَّبَات (1) ، (2) وَ (3) .

ب. الاسم الكامل للمركَّب ④ هو "صَمَام 4/3 ذو مركز نصف مفتوح، يعمل كهربيًا ومُمرِّز زنبركي". سجِّل ما الذي يُمثِّله كلُّ واحد من التفاصيل التالية:

— صَمَام 4/3

— مرکز نصف مفتوح

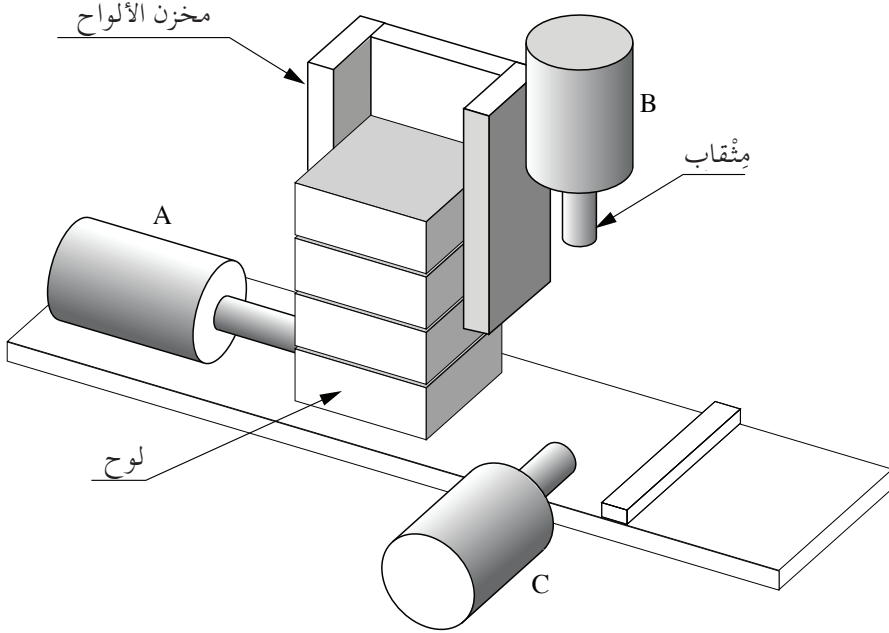
— يعمل کهربائیاً و ممرکز زبرکی

ج. يَصِفُ الرَّسْمَ التَّوْضِيحِيَّ حَالَةً يَتَمُّ فِيهَا تَزْوِيدُ مَلْفَى الصَّمَامِ ④ بِجُهْدٍ تَشْغِيلٍ (مَتَحَ الْفَعْلَةَ).

حَدَّدَ إِنْ كَانَ الْمَكْبَسُ (بِوَكَلَاةِ) سَيَدْخُلُ، سَيُخْرَجُ أَمْ سَيَبْقَى مَكَانَهُ. عُلِّلَ إِبْرَاهِيمُ. يتبع في الصفحة 12 ◀

## السؤال 10

في الرسم التوضيحي للسؤال 10 وصف لمنظومة بنيوماتيّة، تحتوي على ثلاثة مكابس : A ، B و C .  
وظيفة هذه المنظومة هي أن تصنع ثقباً في ألواح بواسطة مثقاب مثبت بالمكبس B . كل لوح معدّ  
للتثقيب يُدفع (ندفع) من مخزن الألواح بواسطة المكبس A .



الرسم التوضيحي للسؤال 10

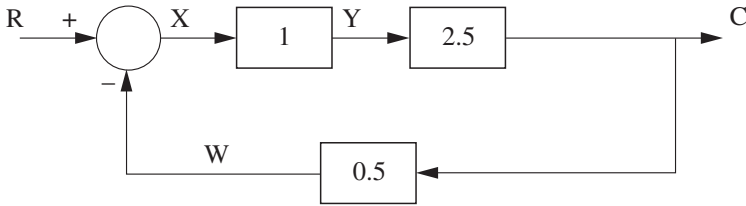
تعمل المنظومة على النحو التالي :

- يخرج المكبس A ويدفع اللوح الأسفل الذي في مخزن الألواح إلى تحت المثقاب الذي على المكبس B .
- ينزل المكبس B فيحدث المثقاب ثقباً في اللوح الذي دُفع .
- يرتفع المكبس B إلى مكانه .
- يعود المكبس A إلى مكانه .
- يخرج المكبس C فيُدفع اللوح المثقوب إلى خارج المنظومة .
- يعود المكبس C إلى مكانه .

- א. סֶגֶל פִּי דפֿטרק דורה העמלִיִּת (מֻחַטֵּט אֶסְהֵם) ללמקבס השלשֶׁת הִי פִּי המנוֹמֶה.
- ב. אֶרְסֵם פִּי המִּלְחָק "ה" נזלם השֶׁחֶם לדורה העמלִיִּת הִי שֶׁגִּלְתָּהּ פִּי אִגְבִּתְּךָ עֵן הַבֵּנֵד "א".  
יִכּוֹן השֶׁחֶם בִּפְרִיקֶה הַכֶּסֶּדֶה (הַתְּעַבִּיֶּה).
- אֶלְצִק לִאֲשֶׁף הַמִּמְתֵּחַ הַחֲשֶׁה בֶּק פִּי המָקַן הַמֻּחַשֵּׁס לֶהָ פִּי המִּלְחָק "ה", וְאַרְפָּהּ לדפֿטרק.

### הַשְּׁאֵל 11

יִצֵּף הַרְסֵם הַתּוֹזִיחִי לַהַשְּׁאֵל 11 מֻחַטֵּט מִסְתַּיִלִּת לִמְנוֹמֶה מְרַאבֶּה.



### הַרְסֵם הַתּוֹזִיחִי לַהַשְּׁאֵל 11

- א. סֶגֶל דֹּאֶלֶת נִקְלַת הַחֶרֶקֶת  $\frac{C}{R}$ .
- ב. כִּם שֶׁתּוֹכֵן קִימֶה C עֵנְדָּמָּה יִכּוֹן  $R = 1$  ?
- ג. סֶגֶל הַקִּיֵּם פִּי הַנִּקְטָא X, Y וְ W עֵנְדָּמָּה יִכּוֹן  $R = 1$ .

נִתְמַנִּי לֶךְ הַנִּיחָא !

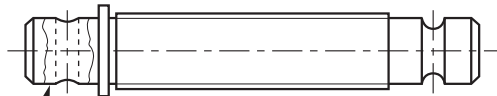
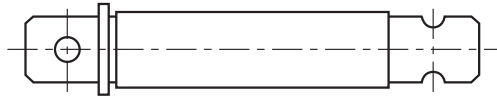
חֲקוֹק הַטִּבֵּעַ מִחֲפֻזֶּה לְדוֹלֶה אִסְרָאֵל.  
הַנִּסְחָ וְהַנִּשְׁר מִמְנוּעָן אִלָּא בְּאִזֵּן מִן מִזְרָא הַתְּרִיבֶּה וְהַתְּעִלִּים.

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

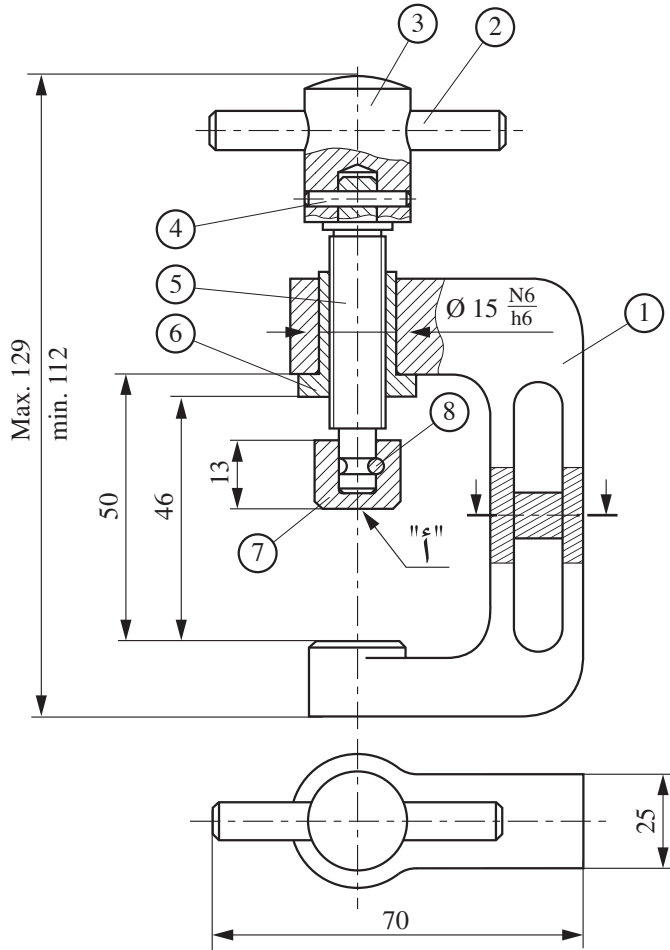
الإجابات عن السؤال 1

|            |   |   |   |   |
|------------|---|---|---|---|
| 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" للسؤال 1 (أكمل الرسم)



أكمل هنا مقطعاً جزئياً



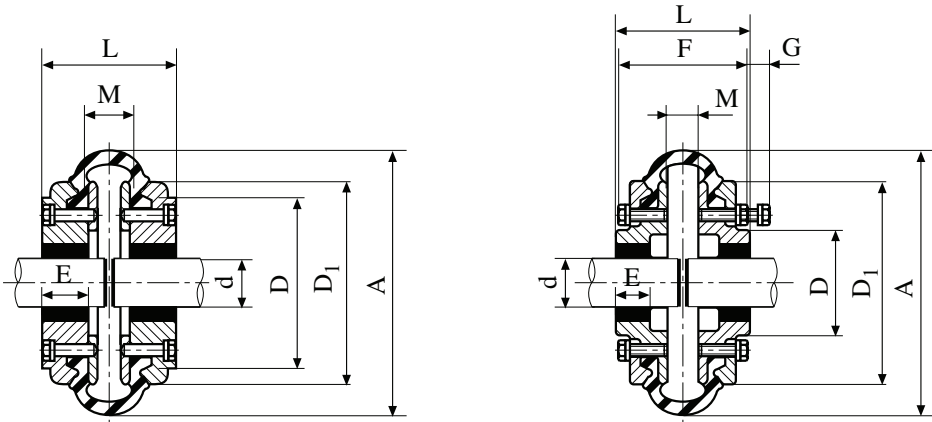
|                               |             |        |           |          |
|-------------------------------|-------------|--------|-----------|----------|
| 8                             | قضيب قصير   | 1      | فولاذ فضة | Ø 3 × 14 |
| 7                             | غطاء تثبيت  | 1      | SAE 1020  |          |
| 6                             | كُم         | 1      | SAE 1060  |          |
| 5                             | برغي        | 1      | SAE 1040  | M 10 × 1 |
| 4                             | قضيب طويل   | 1      | فولاذ فضة | Ø 3 × 20 |
| 3                             | رأس برغي    | 1      | SAE 1040  |          |
| 2                             | مقبض تثبيت  | 1      | SAE 1040  |          |
| 1                             | جسم الملزمة | 1      | SAE 1040  |          |
| رقم الجزء                     | اسم الجزء   | الكمية | المادة    | المقاييس |
| مقياس الرسم: 1:1 الاسم: ملزمة |             |        |           |          |

# נספח ג' (לשאלה 4): מצמידים בעלי שרוול גומי

לשאלון 838202, קיץ תשע"ז

المُلحق "ج" (للسؤال 4): قوابض ذات أكرام مطاطية

للمودج 838202، صيف 2017



| القابض<br>(Size) | السرعة<br>القصى<br>rpm | عزم $M_e$<br>Nm |         | القطر d<br>(الأكرام)<br>للعمود<br>mm | A   | $D_1$ | D   | E   | F   |
|------------------|------------------------|-----------------|---------|--------------------------------------|-----|-------|-----|-----|-----|
|                  |                        | العادي          | الأكرام |                                      |     |       |     |     |     |
| F 40             | 4500                   | 20              | 65      | 25                                   | 104 | 82    | -   | 22  | -   |
| F 50             | 4500                   | 55              | 160     | 32                                   | 133 | 100   | 79  | 25  | -   |
| F 60             | 4000                   | 105             | 320     | 42                                   | 165 | 125   | 103 | 25  | -   |
| F 70             | 3600                   | 160             | 490     | 42                                   | 187 | 144   | 78  | 25  | 100 |
| F 80             | 3100                   | 255             | 760     | 50                                   | 211 | 167   | 96  | 32  | 108 |
| F 90             | 3000                   | 365             | 1100    | 60                                   | 235 | 188   | 110 | 45  | 120 |
| F 100            | 2600                   | 505             | 1510    | 60                                   | 254 | 216   | 125 | 45  | 124 |
| F 110            | 2300                   | 710             | 2100    | 60                                   | 279 | 233   | 134 | 45  | 124 |
| F 120            | 2050                   | 1180            | 3500    | 75                                   | 314 | 264   | 148 | 51  | 134 |
| F 140            | 1800                   | 1880            | 5600    | 90                                   | 359 | 311   | 185 | 89  | 146 |
| F 160            | 1600                   | 3100            | 9400    | 100                                  | 402 | 345   | 200 | 102 | 156 |

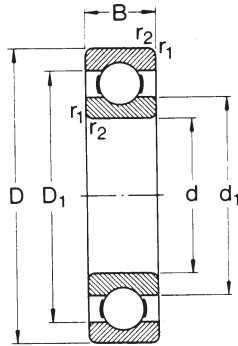


# נספח ד' (לשאלה 6): מסבים רדיאליים כדוריים

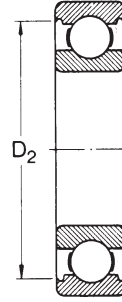
לשאלון 838202 , קיץ תשע"ז

المُلحق "د" (للسؤال 6) : رومبيلان رادياليان كرويّان

للتّموذج 838202 ، صيف 2017



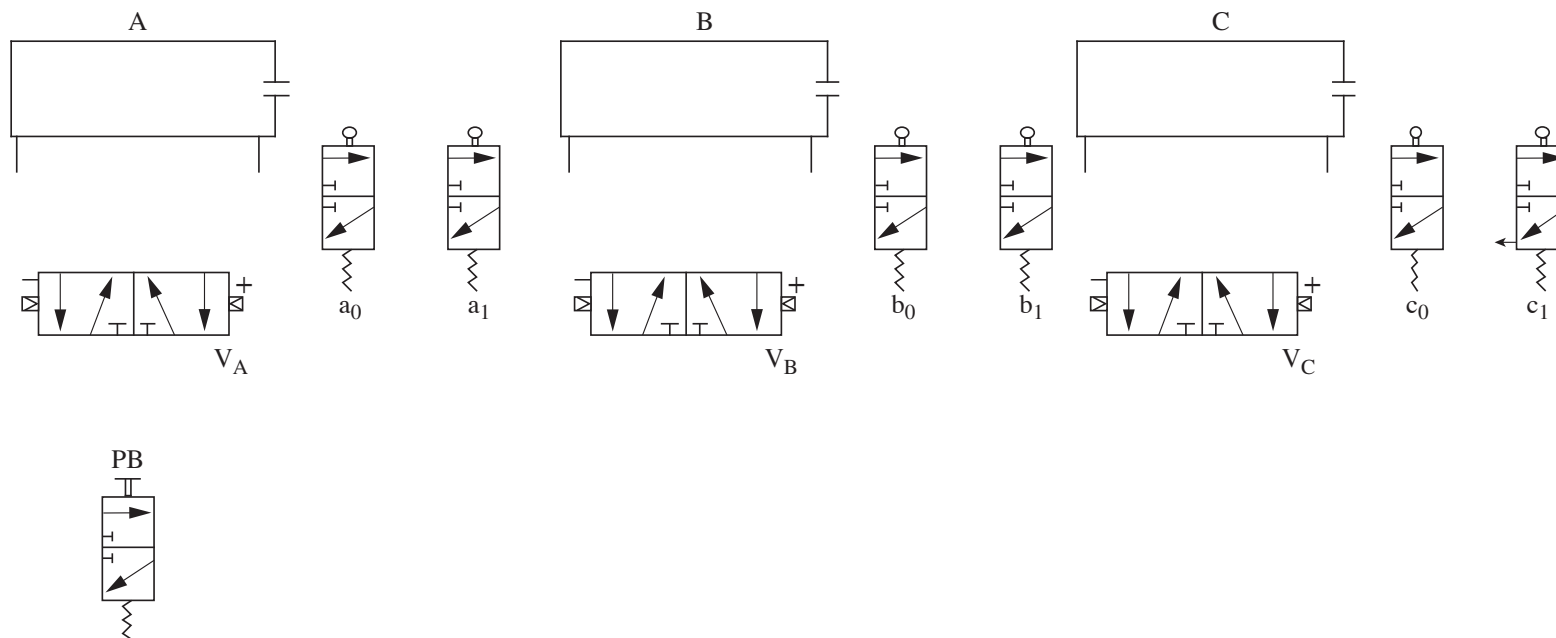
With full outer ring shoulders



With recessed outer ring shoulders

| Principal dimensions |     |    | Basic load ratings |                 | Fatigue load limit<br>$P_u$ | Speed ratings         |        | Mass  | Designation |
|----------------------|-----|----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------|-------|-------------|
| d                    | D   | B  | dynamic<br>C       | static<br>$C_0$ |                             | Lubrication<br>grease | oil    |       |             |
| mm                   |     |    | N                  |                 | N                           | r/min                 |        | kg    |             |
| 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        |
| 45                   | 58  | 7  | 6 050              | 4 300           | 228                         | 9 500                 | 12 000 | 0,040 | 61809       |
|                      | 68  | 12 | 14 000             | 9 800           | 465                         | 9 000                 | 11 000 | 0,14  | 61909       |
|                      | 75  | 10 | 15 600             | 10 800          | 520                         | 9 000                 | 11 000 | 0,17  | 16009       |
|                      | 75  | 16 | 20 800             | 14 600          | 640                         | 9 000                 | 11 000 | 0,25  | 6009        |
|                      | 85  | 19 | 33 200             | 21 600          | 915                         | 7 500                 | 9 000  | 0,41  | 6209        |
|                      | 100 | 25 | 52 700             | 31 500          | 1 340                       | 6 700                 | 8 000  | 0,83  | 6309        |
|                      | 120 | 29 | 76 100             | 45 000          | 1 900                       | 6 000                 | 7 000  | 1,55  | 6409        |
| 50                   | 65  | 7  | 6 240              | 4 750           | 250                         | 9 000                 | 11 000 | 0,052 | 61810       |
|                      | 72  | 12 | 14 600             | 10 400          | 500                         | 8 500                 | 10 000 | 0,14  | 61910       |
|                      | 80  | 10 | 16 300             | 11 400          | 560                         | 8 500                 | 10 000 | 0,18  | 16010       |
|                      | 80  | 16 | 21 600             | 16 000          | 710                         | 8 500                 | 10 000 | 0,26  | 6010        |
|                      | 90  | 20 | 35 100             | 23 200          | 980                         | 7 000                 | 8 500  | 0,46  | 6210        |
|                      | 110 | 27 | 61 800             | 38 000          | 1 600                       | 6 300                 | 7 500  | 1,05  | 6310        |
|                      | 130 | 31 | 87 100             | 52 000          | 2 200                       | 5 300                 | 6 300  | 1,90  | 6410        |
| 55                   | 72  | 9  | 8 320              | 6 200           | 325                         | 8 500                 | 10 000 | 0,083 | 61811       |
|                      | 80  | 13 | 15 900             | 11 400          | 560                         | 8 000                 | 9 500  | 0,19  | 61911       |
|                      | 90  | 11 | 19 500             | 14 000          | 695                         | 7 500                 | 9 000  | 0,26  | 16011       |
|                      | 90  | 18 | 28 100             | 21 200          | 900                         | 7 500                 | 9 000  | 0,39  | 6011        |
|                      | 100 | 21 | 43 600             | 29 000          | 1 250                       | 6 300                 | 7 500  | 0,61  | 6211        |
|                      | 120 | 29 | 71 500             | 45 000          | 1 900                       | 5 600                 | 6 700  | 1,35  | 6311        |
|                      | 140 | 33 | 99 500             | 62 000          | 2 600                       | 5 000                 | 6 000  | 2,30  | 6411        |

מקום ללصقة המمتחן  
 Papanicolaou



I

II



يُمنع نقل ورقة القوانين هذه  
إلى مُمتَحِنٍ آخر

אין להעביר את הנוסחאות  
לנבחן אחר

## נוסחאות במכניקה הנדסית (14 עמודים)

## ورقة قوانين في الميكانيكا الهندسية (14 صفحة)

### 1. מתיחה – לחיצה

|                    |                          |   |              |                                          |
|--------------------|--------------------------|---|--------------|------------------------------------------|
| [MPa]              | מאמץ גבול הכניעה         | – | $\sigma_y$   | $\frac{\sigma_y}{s} = [\sigma_t]$        |
|                    | מקדם בטיחות              | – | s            |                                          |
| [MPa]              | מאמץ מותר                | – | $[\sigma_t]$ | $\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$ |
| [MPa]              | מאמץ                     | – | $\sigma_t$   | $\sigma_t = \varepsilon E$               |
| [N]                | כוח                      | – | F            | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$       |
| [mm <sup>2</sup> ] | שטח החתך למתיחה          | – | A            | $\Delta L = \frac{FL}{EA}$               |
| [mm]               | אורך החלק הנתון למאמץ    | – | L            |                                          |
| [mm]               | התארכות החלק הנתון למאמץ | – | $\Delta L$   |                                          |
| [MPa]              | מודול אלסטיות            | – | E            |                                          |

### 2. גזירה ומעיכה

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

### 3. פיתול ותנועה סיבובית

|                    |   |                                 |
|--------------------|---|---------------------------------|
| $v$                | - | מהירות היקפית של מעגל           |
| [m/sec]            |   | מסתובב                          |
| $F$                | - | כוח                             |
| [N]                |   |                                 |
| $M$                | - | מומנט סיבוב                     |
| [Nmm]              |   |                                 |
| $L$                | - | זרוע הסיבוב                     |
| [mm]               |   |                                 |
| $\tau$             | - | מאמץ הפיתול בחתך המפותל         |
| [MPa]              |   |                                 |
| $[\tau]$           | - | מאמץ הפיתול המותר               |
| [MPa]              |   |                                 |
| $M_t$              | - | מומנט הפיתול                    |
| [Nmm]              |   |                                 |
| $Z_o$              | - | מומנט התנגדות (מודול חתך) קוטבי |
| [mm <sup>3</sup> ] |   |                                 |
| $I_o$              | - | מומנט התמד קוטבי                |
| [mm <sup>4</sup> ] |   |                                 |
| $d$                | - | קוטר ; קוטר פנימי               |
| [mm]               |   |                                 |
| $P$                | - | הספק                            |
| [kW]               |   |                                 |
| $n$                | - | מהירות סיבוב                    |
| [rpm]              |   |                                 |
| $D$                | - | קוטר חיצוני                     |
| [mm]               |   |                                 |
| $\varphi$          | - | 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

|                    |   |                            |
|--------------------|---|----------------------------|
| $\sigma_b$         | - | מאמץ כפיפה, ביחס לציר x    |
| [MPa]              |   |                            |
| $M_b$              | - | מומנט כפיפה                |
| [Nmm]              |   |                            |
| $Z_x$              | - | מומנט התנגדות (מודול החתך) |
| [mm <sup>3</sup> ] |   |                            |
| $d$                | - | 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:

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

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

המשך בעמוד 3

التتمة في الصفحة 3

|   |   |                            |      |
|---|---|----------------------------|------|
| 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:

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

## 5. קריסה

|            |   |                                                |                    |
|------------|---|------------------------------------------------|--------------------|
| $F_{cr}$   | - | הכוח המינימלי שיגרום לקריסה,<br>לפי שיטת אוילר | [N]                |
| E          | - | מודול האלסטיות של החומר                        | [MPa]              |
| $I_{\min}$ | - | מומנט ההתמד הצירי המינימלי<br>של חתך המוט      | [mm <sup>4</sup> ] |
| L          | - | אורך המוט                                      | [mm]               |
| $\mu$      | - | מקדם האורך התלוי בשיטת הריתום של<br>המוט:      |                    |

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

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

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

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

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:  $\mu = 2/3$

|            |   |                                |                    |
|------------|---|--------------------------------|--------------------|
| $\lambda$  | - | תמירות המוט                    |                    |
| $i_{\min}$ | - | רדיוס ההתמד (אינרציה) המינימלי | [mm]               |
| A          | - | שטח החתך                       | [mm <sup>2</sup> ] |
| $[F]_p$    | - | הכוח המותר בקריסה              | [N]                |
| K          | - | מקדם הבטיחות בקריסה            |                    |

$\lambda_c = 100$  - פלדה דלת-פחמן

$\lambda_c = 80$  - פלדת פחמן

כאשר:  $\lambda < \lambda_c$  , 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

|                                                                                     |                                   |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| $\tau = \frac{F}{A_s} = \frac{4F}{\pi d^2 \cdot n \cdot i}$                         | d - קוטר המסמרה/הפין              | (mm)               |
| $\sigma_{lc} = \frac{F}{A_{lc}} = \frac{F}{d \cdot t \cdot i_1} \leq [\sigma_{lc}]$ | i - מספר שטחי הגזירה              |                    |
| $[\sigma_{lc}] = 2[\sigma_t]$                                                       | t - אורך הקטע הנמעך               | [mm]               |
|                                                                                     | i <sub>1</sub> - מספר שטחי המעיכה |                    |
|                                                                                     | n - מספר המסמרות/הפינים           |                    |
|                                                                                     | A <sub>s</sub> - השטח הנגזר       | [mm <sup>2</sup> ] |
|                                                                                     | A <sub>lc</sub> - השטח הנמעך      | [mm <sup>2</sup> ] |

7. שגמים

|                              |                                                      |
|------------------------------|------------------------------------------------------|
| F - כוח                      | מאמץ מעיכה:                                          |
| h - גובה השגם                | $\sigma_{lc \max.} = \frac{F}{0.5 h \times \ell_1}$  |
| $\ell_1$ - אורך יעיל של השגם | מאמץ גזירה:                                          |
| b - רוחב השגם                | $\tau_s = \frac{F_t}{b \times \ell_1} \leq [\tau_s]$ |
|                              | $[\tau_s] = 0.6[\sigma_t]$                           |

## 8. מסבים

אורך חיים של מסבי גלגול:

למסב כדורים:

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

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

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

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

$$c_o \approx 1.8 p_o$$

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

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<sub>h</sub> - אורך החיים של מסב בשעות [h]

P<sub>o</sub> - העומס הסטטי על המסב [N]

C<sub>o</sub> - 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 [MPa ·  $\frac{m}{s}$ ]

## 9. קפיצים

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

לקפיץ בורגי בעל חתך עגול:

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

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

לקפיץ בורגי בעל חתך מלבני

או לקפיץ עלה הרתום בצד אחד:

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

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

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

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

לקפיץ מוט פיתול:

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

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

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

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

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]

$\Delta f$  - מידת שקיעת הקפיץ [mm]

C - קבוע הקפיץ [N/mm]

$\ell$  - אורך הקפיץ (עלה) [mm]

b - רוחב הקפיץ (עלה) [mm]

t - עובי הקפיץ (עלה) [mm]

E - מודול האלסטיות [MPa]

I - מומנט התמד צירי של החתך [mm<sup>4</sup>]

W - עבודה [Nmm]

s - מקדם בטיחות

$\sigma_b$  - מאמץ כפיפה [MPa]

$\sigma_y$  - 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) [mm<sup>3</sup>]

$U_{e \ell}$  - אנרגיה אלסטית בקפיץ [Joule]

L - אורך המוט [mm]

$M_t$  - מומנט פיתול [Nm]

$I_o$  - מומנט התמד קוטבי [mm<sup>4</sup>]

$\varphi_{\text{rad}}$  - זווית הפיתול [רדיאנים]

המשך בעמוד 7

التتمة في الصفحة 7



**10. ברגים**

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

$$\tan \varphi = \mu$$

בורגי הידוק:

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

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

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

בתברג ריבועי:

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

בורגי הנעה:

$$M_t = 0.1 \cdot Q \cdot d$$

$\sigma_y$  - מאמץ בגבול הכניעה [MPa]

$[\sigma_t]$  - מאמץ מותר למתיחה [MPa]

$\sigma_e$  - מאמץ שקול בבורג [MPa]

$Q$  - כוח צירי בבורג [N]

$A_i$  - שטח החתך של הבורג [mm<sup>2</sup>]

$s$  - מקדם בטיחות

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

$\gamma$  - זווית המעלה [deg]

$\varphi$  - זווית חיכוך [deg]

$\mu$  - 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

$\mu$  - 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]

$\sigma_e$  - מאמץ מורכב [Nm]

$Z_b$  - מומנט התנגדות

[mm<sup>3</sup>] (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

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

i - יחס התמסורת

[rpm] n, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub> - מהירות סיבוב של גלגל

z, z<sub>1</sub>, z<sub>2</sub> - מספר השיניים בגלגל

[mm] m - מודול השן

$$D = mz = \frac{1}{\pi} z$$

[mm] D - קוטר מעגל החלוקה

[mm] D<sub>i</sub> - קוטר מעגל העיקרים

$$D_e = m(z + 2)$$

[mm] D<sub>e</sub> - קוטר מעגל הראשים

$$D_i = m(z - 2.4)$$

[mm] D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> - קוטר הגלגל

$$A_1 = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

λ - מקדם רוחב הגלגל

[mm] b - רוחב הגלגל

$$\lambda = \frac{b}{m}$$

[mm] A - המרחק בין צירי הגלגלים

[mm] h - גובה השן

[mm] t - פסיעת הגלגל (השיניים)

[mm] h<sub>1</sub> - גובה ראש השן

$$h = h_1 + h_2$$

[mm] h<sub>2</sub> - גובה עיקר השן

$$h_1 = m$$

f - מקדם עומס־יתר

$$h_2 = 1.2 m$$

q - מקדם מספר השיניים

[MPa] [σ] - מאמץ מותר לכפיפה

$$m = 490 \sqrt[3]{\frac{P \cdot f \cdot q}{n \cdot z \cdot \lambda \cdot [\sigma]}}$$

[N] F<sub>t</sub> - כוח היקפי לגלגל שיניים

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

[N] F - כוח שילוב בין גלגלי השיניים

[deg] α - זווית הלחץ

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

z<sub>min</sub> - מספר שיניים מינימלי (שן תקנית)

[kW] P - הספק מועבר על־ידי הגלגלים

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

[Nm] M<sub>t</sub> - מומנט מועבר

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

המשך בעמוד 10

التتمة في الصفحة 10

בגל כוכב:

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

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

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

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

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<sup>2</sup>]

L - אורך השן הנמעת [mm]

#### 14. רצועות

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

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

$$S_1 = k_e \cdot F_t$$

$$S_2 = S_1 - F_t$$

$F_t$  - 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]

$\eta$  - 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]

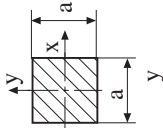
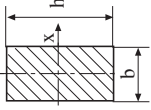
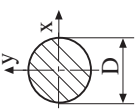
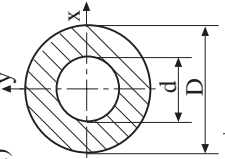
$$P_E = k_d \cdot P \cdot \eta$$

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

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

#### המשך בעמוד 11

التتمة في الصفحة 11

| מומנט התמדה<br>קוטבי,<br>[mm <sup>4</sup> ]I <sub>o</sub> | מומנט התמדה,<br>[mm <sup>4</sup> ]I                             | מומנט התנגדות<br>לפיתול, [mm <sup>3</sup> ]Z <sub>o</sub><br>(מודול החתך) | מומנט התנגדות<br>לכפיפה, [mm <sup>3</sup> ]Z<br>(מודול החתך)              | A, שטח,<br>[mm <sup>2</sup> ]A | היקף<br>[mm]  |                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | $I_x = I_y = \frac{a^4}{12}$                                    |                                                                           | $Z_x = Z_y = \frac{a^3}{6}$                                               | $a^2$                          | 4 a           |   |
|                                                           | $I_x = \frac{bh^3}{12}$<br>$I_y = \frac{hb^3}{12}$              |                                                                           | $Z_x = \frac{bh^2}{6}$<br>$Z_y = \frac{hb^2}{6}$                          | b · 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

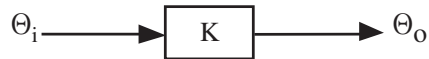
### 1. הגבר סטטי:

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

### 2. תמסורת של מלבן בודד:

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

- $\Theta_o$  - אות מוצא (תגובה)
- $\Theta_i$  - אות מבוא (אילוצ)
- $G$  - פונקציית תמסורת



### 3. תמסורת של שני מלבנים בטור:

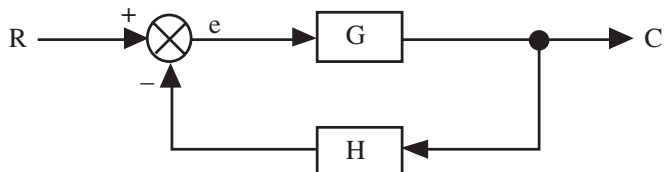
$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G_1 G_2$$



### 4. תמסורת, T, בחוג סגור (עם משוב H):

- $R$  - ערך רצוי
- $C$  - ערך מצוי

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



## 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

$$[Pa]$$

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

### 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

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

$\Delta P$  - הפרש לחץ על-פני משאבה

$$\left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$\eta$  - 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:**

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

$N_{\text{mech}}$  - הספק מכני  $[W]$

$F$  - כוח הפועל על גוף נע  $[N]$

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

**בהצלחה!**  
نتمنى لك النجاح!