

משרד החינוך  
המנהל הפדגוגי  
אגף בכיר בחינוך  
**מחברת בחינה**

לנבחנים ולנבחנות שלום,  
נא לקרוא את ההוראות בעמוד זה ולמלא אותן בדיוקנות. אי-מילוי ההוראות עלול לגרום לתקלות ואף להביא לידי פסילת הבחינה.  
הבחינה נועדה לבדוק הישגים אישיים, ולכן יש לעבוד עבודה עצמית בלבד. בזמן הבחינה אין להיעזר בזולת ואין לתת או לקבל חומר בכתב או בעל פה.  
אין להכניס לחדר הבחינה חומר עזר – ספרים, מחברות, רשימות – פרט ל"חומר עזר מותר בשימוש" המפורט בגוף השאלון או בהוראות מוקדמות של המשרד. כמו כן **אין להכניס לחדר הבחינה טלפונים או מחשבים ניידים**. שימוש בחומר עזר שאינו מותר יוביל לפסילת הבחינה.  
כל חומר עזר שאינו מותר בשימוש, יש למסור למשגיח לפני תחילת הבחינה.  
לאחר סיום כתיבת הבחינה יש למסור את המחברת למשגיח ולעזוב בשקט את חדר הבחינה.

**יש להקפיד על טוהר הבחינות !**

### הוראות לבחינה

- יש לוודא כי במדבקות הנבחן שקיבלת מודפסים הפרטים האישיים שלך, ובמדבקות השאלון שקיבלת מודפסים פרטי השאלון המיועד לך.
- אם לא קיבלת מדבקה, יש למלא בכתב יד את הפרטים במקום המיועד למדבקת הנבחן.
- אסור לכתוב בשולי המחברת (החלק המקווקו) משום שחלק זה לא ייסרק.
- לטייטה ישמשו אך ורק דפי מחברת הבחינה שיועדו לכך.
- אין לתלוש או להוסיף דפים**. מחברת שתוגש לא שלמה תעורר חשד לאי-קיום טוהר הבחינות.
- אין לכתוב שם בתוך המחברת, משום שהבחינה נבדקת בעילום שם.
- אין להוסיף או לשנות שום פרט במדבקות, כדי למנוע עיכוב בזיהוי המחברת וברישים הציונים.

### בהצלחה !

|                                                                                           |                                                                                                                                                      |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <p>12      17</p> <p>סמל שאלון</p> <p>رقم النموذج</p> <p>שם השאלון</p> <p>اسم النموذج</p> | <p>18      21</p> <p>מועד</p> <p>موعد</p> <p>37      32      31      23</p> <p>סמל בי"ס</p> <p>סמל תעודת זהות</p> <p>رقم المدرسة      رقم الهوية</p> | <p>מדבקות נבחן</p> <p>ملصقة ممتحن</p> |
| <p>יש להדביק כאן ↑ מדבקת שאלון</p> <p>يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة نموذج امتحان</p>              | <p>יש להדביק כאן ↑ מדבקת נבחן (ללא שם)</p> <p>يجب هنا ↑ إلصاق ملصقة ممتحن (بدون اسم)</p>                                                             |                                       |

\* הוראות בשפה הערבית מעבר לדף  
\* التعلیمات باللغة العربية على ظهر الصفحة

יש לסמן במשבצת ☐ אם ניתן שאלון נוסף  
يجب الإشارة في المربع إذا أُعطي نموذج امتحان إضافي

## وزارة التربية والتعليم

### القسم الكبير للامتحانات

### الإدارة التربوية

### دفتر امتحان

تحية للممتحنين وللممتحنات !

الرجاء قراءة التعليمات في هذه الصفحة والعمل وفقاً لها بدقة. عدم تنفيذ التعليمات قد يؤدي إلى عواقب مختلفة وحتى إلى إلغاء الامتحان. أُعدّ الامتحان لفحص تحصيلاتك الشخصية، لذلك يجب العمل بشكل ذاتي فقط. أثناء الامتحان، لا يُسمح طلب المساعدة من الغير ويُمنع إعطاء أو أخذ مواد مكتوبة أو شفوية.

لا يُسمح إدخال مواد مساعدة - كتب، دفاتر، قوائم - إلى غرفة الامتحان، باستثناء "مواد مساعدة يُسمح استعمالها" المفصلة في نموذج الامتحان أو في تعليمات مسبقة من الوزارة. كما لا يُسمح إدخال هواتف أو حواسيب محمولة إلى غرفة الامتحان. استعمال مواد مساعدة غير مسموح بها يؤدي إلى إلغاء الامتحان.

يجب تسليم كل مادة مساعدة لا يُسمح استعمالها للمراقب قبل بدء الامتحان. بعد الانتهاء من كتابة الامتحان، يجب تسليم الدفتر للمراقب، ومغادرة غرفة الامتحان بهدوء.

**يجب التقيد بنزاهة الامتحانات !**

### تعليمات للامتحان

1. يجب التأكد بأن تفاصيلك الشخصية مطبوعة على ملصقات الممتحن التي حصلت عليها، وبأن تفاصيل نموذج الامتحان المعد لك مطبوعة على ملصقات نموذج الامتحان التي حصلت عليها.
2. في حال عدم حصولك على ملصقة، يجب ملء التفاصيل في المكان المعد لملصقة الممتحن، بخط يد.
3. لا يُسمح الكتابة في هوامش الدفتر (في المنطقة المخططة)، لأنه لن يتم مسح ضوئي لهذه المنطقة.
4. للمسودة تُستعمل أوراق دفتر الامتحان المعدة لذلك فقط.
5. يُمنع نزع أو إضافة أوراق. الدفتر الذي يُسلم ناقصاً يُشير الشك بعدم الالتزام بنزاهة الامتحانات.
6. لا يُسمح كتابة الاسم داخل الدفتر، لأن الامتحان يُفحص بدون ذكر اسم.
7. لا يُسمح إضافة أو تغيير أية تفاصيل في الملصقات، وذلك لمنع عواقب في تشخيص الدفتر وفي تسجيل العلامات.

نتمنى لكم النجاح!



## دولة إسرائيل

وزارة التربية والتعليم

نوع الامتحان: بچروت للمدارس الثانوية

موעד الامتحان: صيف 2019

رقم النموذج: 838381

ملحق: ورقة قوانين

## מכניקה הנדסית

### תعليمات للممتحن

א. מֵדֵה הַאִמְתָּחַן: תּוֹלָת שָׁעוֹת.

ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:

ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:

ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:  
ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:  
ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:  
ב. מִבְנֵי הַנְּמוּדָג וְתוֹזִיג הַדְּרָגוֹת:

ג. מוֹאֵד מְסַעֵדָה יֻסְמַח אִסְתַּמְעָלָהּ: אֲדוֹת כְּתָבָה, אֲדוֹת רֶסֶם וְאַלֶּה חֲסֹבָה.

ד. תַּעֲלִימֹת חֲסֵבָה: לֹא יוֹכֵד.

ה. תַּעֲלִימֹת עֹמֶה:

1. אֲכִיב עַן עֵדֵד הַאִשְׁלָה הַמְּטֻלֵּב בַּי הַנְּמוּדָג. הַמְּטֻחֵחַ  
סוֹף יִקְרָא וְיֻטְחַח הָעֵדֵד הַמְּטֻלֵּב **פֻּקֵּט מִן הָאִיבָאֵת**,  
בְּחִסָּב תְּרִיב כְּתָבָתָהּ בַּי דִּפְתֵּר, וְלֹן יֻטְחַח הָאִיבָאֵת  
הָאַחֲרִי.

2. יֻסְתַּמְעַל הַזֶּה הַנְּמוּדָג דִּפְתֵּרָה לַאִמְתָּחַן. אִכְתֵּב בִּיבֵי כָּמִיב  
אִיבָאֵתֵךְ, בַּי הָאִמָּכֵן הַפֹּאֲרָעָה, עַלִּי הָאִסְטֵר אוֹ בַּי הַמְּרִיבָּת  
הַמּוֹכּוּדָה בַּגָּנָב כָּלִי שְׁאֹל.  
בַּי נְהִיָּה הַדִּפְתֵּר תּוֹכֵד שִׁפְחָת פֹּאֲרָעָה יֻמָּכֵן אִסְתַּמְעָלָהּ  
כְּאוֹרָק מְסוּדָה.

יֻמָּכֵנִי תַּחֲסִיבֵשׁ הַזֶּה הָאוֹרָק לְכָלִי מֵאֵתִיד אֵן תִּכְתֵּב  
כְּמְסוּדָה (רֹאשׁוֹס אִפְלָאֵם, חֲסֹבָאֵת וּמֵאֵתִיד זֶלֶק).  
כְּתָבָה מְסוּדָת עַלִּי אוֹרָק חֲאֵרְגִיָּה לִיִּסֵּת מִן דִּפְתֵּר  
הַאִמְתָּחַן קֵד תֻּדְּוִי אֶלִּי אִלְגֵּאֵ הַאִמְתָּחַן.

בַּי הַזֶּה הַנְּמוּדָג 22 שִׁפְחָה ו־14 שִׁפְחָה לַמְּלַחֵק.

הַהֲנַחֲיוֹת בַּשִּׁאֲלוֹן זֶה מִנוֹסְחוֹת בַּלְשׁוֹן זָכֵר, אֵדֵךְ מְכוּוֹנוֹת הֵן לִנְבַּחֲנוֹת וְהֵן לִנְבַּחֲנוֹת.

הַתּוֹחִיבָהּ בַּי הַזֶּה הַנְּמוּדָג מְכֻתֹּבָה בְּסִיגָה מְזֻכֶּרֶת, לְכֻתָּהּ מוֹגֵהָ לַמְּטֻחָת וְלַמְּטֻחֵחִין עַלִּי חֵדֵךְ שׁוֹאֵה.

נִתְמַתִּי לֶךְ הַנִּיבָח!

הַתְּמָהּ בַּי הַשִּׁפְחָה הַתּוֹלִיָּה

## מדינת ישראל

משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות לבתי-ספר על-יסודיים

מועד הבחינה: קיץ תשע"ט, 2019

סמל השאלון: 838381

נספח: נוסחאות

תרגום לערבית (2)

## מכניקה הנדסית

### 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. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, סה"כ – 100 נקודות.

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

ד. הוראות מיוחדות: אין.

ה. הוראות כלליות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.

2. שאלון זה משמש כמחברת בחינה. כתוב בו את כל תשובותיך, במקום הריק, בשורות או במשבצות שליד כל שאלה. בסוף המחברת יש עמודים ריקים שניתן להשתמש בהם כדפי טיוטה.

תוכל להקצות עמודים אלו לכל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ לשאלון זה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 22 עמודים ו-14 עמודי נספח.

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

התوجيهات في هذا النموذج مكتوبة بصيغة المذكر، لكنها موجهة للممتحنات وللممتحنين على حد سواء.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

## الأسئلة

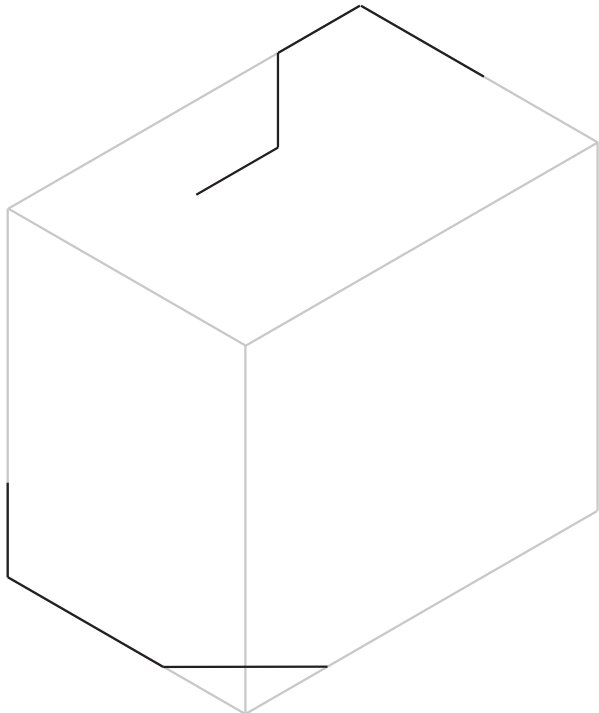
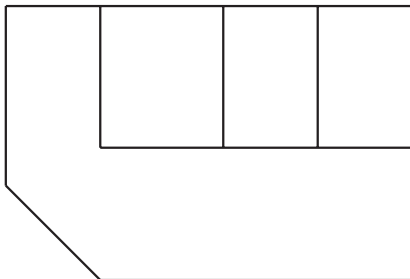
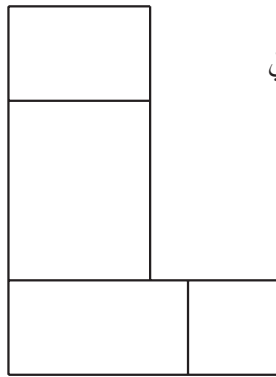
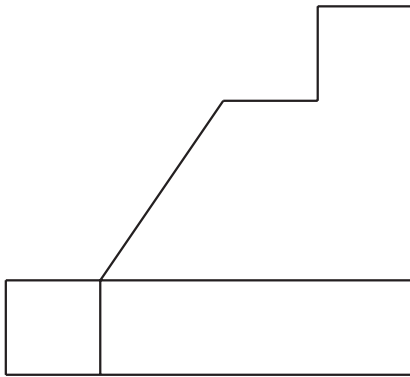
في هذا النموذج ثلاثة فصول .

عليك الإجابة عن سؤال واحد من كل فصل ، وعن سؤالين إضافيين بحسب اختيارك .  
 مجموع الأسئلة التي عليك الإجابة عنها هو خمسة أسئلة ( لكل سؤال 20 درجة ) .

### الفصل الأول : الرسم الفني

#### السؤال 1

في الرسم التوضيحي للسؤال 1 مُعطاة ثلاثة  
 مساقط كاملة لجسم مُعَيَّن، ومسقط إيزومتري  
 جزئي لهذا الجسم .  
 أكمل الوصف الإيزومتري للجسم .

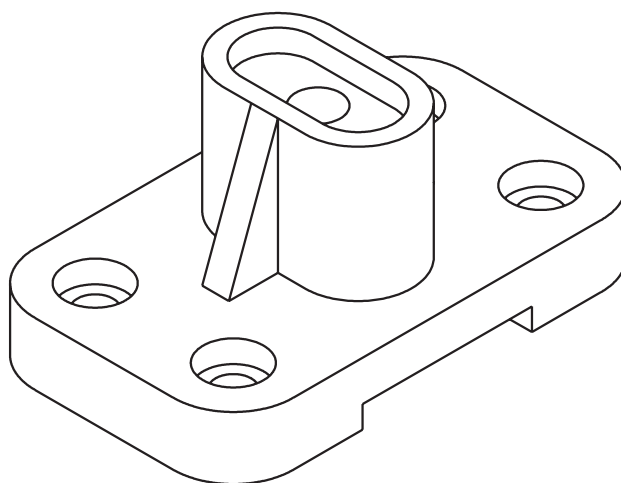
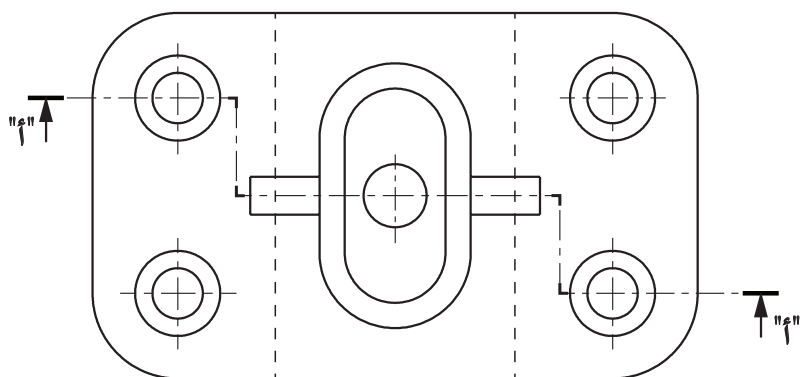
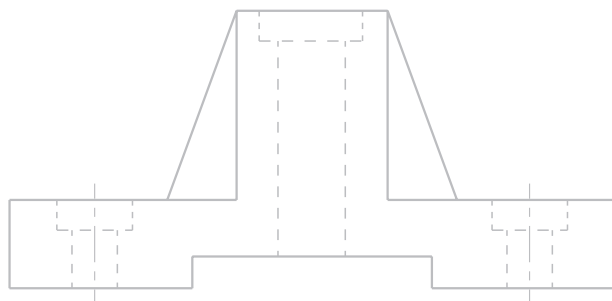


الرسم التوضيحي للسؤال 1



## السؤال 2

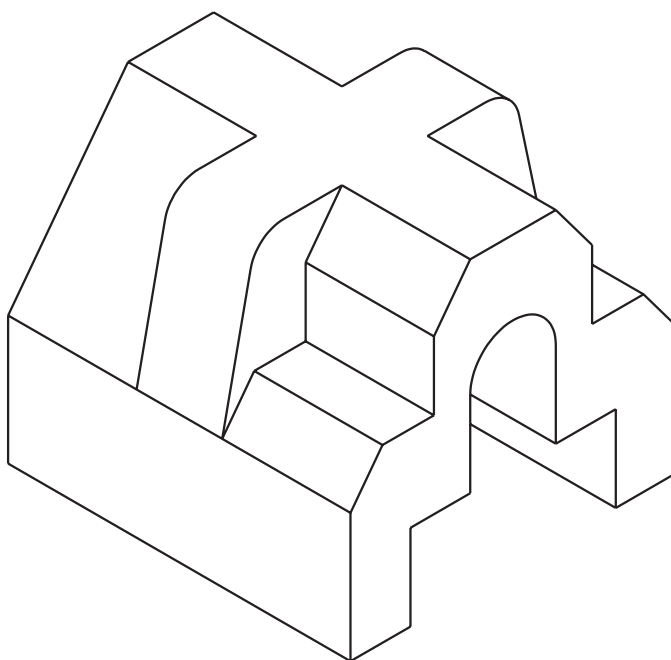
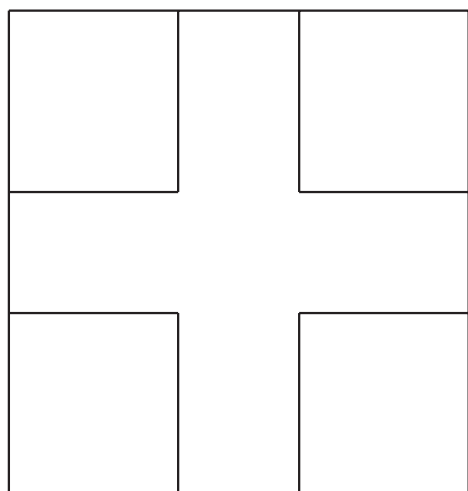
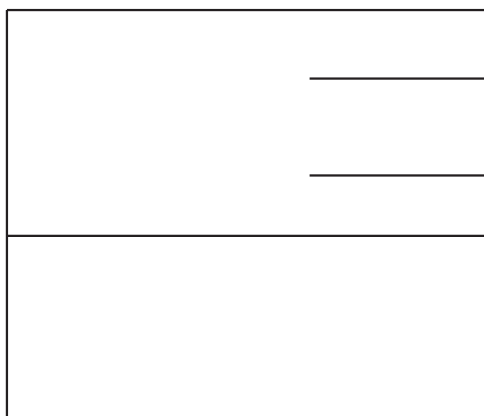
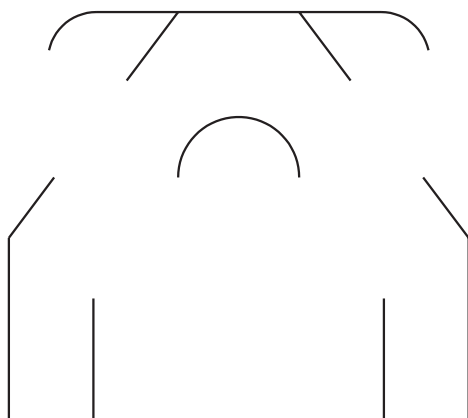
في الرسم التوضيحي للسؤال 2 معطى مسقط علويّ كامل، ومسقط إيزومتريّ كامل ومسقط أمامي جزئيّ لجسم مُعَيَّن. أكمل المسقط الأمامي لمقطع مدرّج "أ" – "أ"، بحسب المسار المُشار إليه في المسقط العلويّ.



الرسم التوضيحيّ للسؤال 2

## السؤال 3

في الرسم التوضيحي للسؤال 3 مُعطى مسقط إيزومتريّ كامل لجسم مُعَيَّن فيه شقّ داخليّ يمرّ على طوله كلّهُ .  
أَكْمِل الخُطوط الناقصة والمخفية في المسقط الأمامي، في المسقط الجانبيّ وفي المسقط العلويّ للجسم .



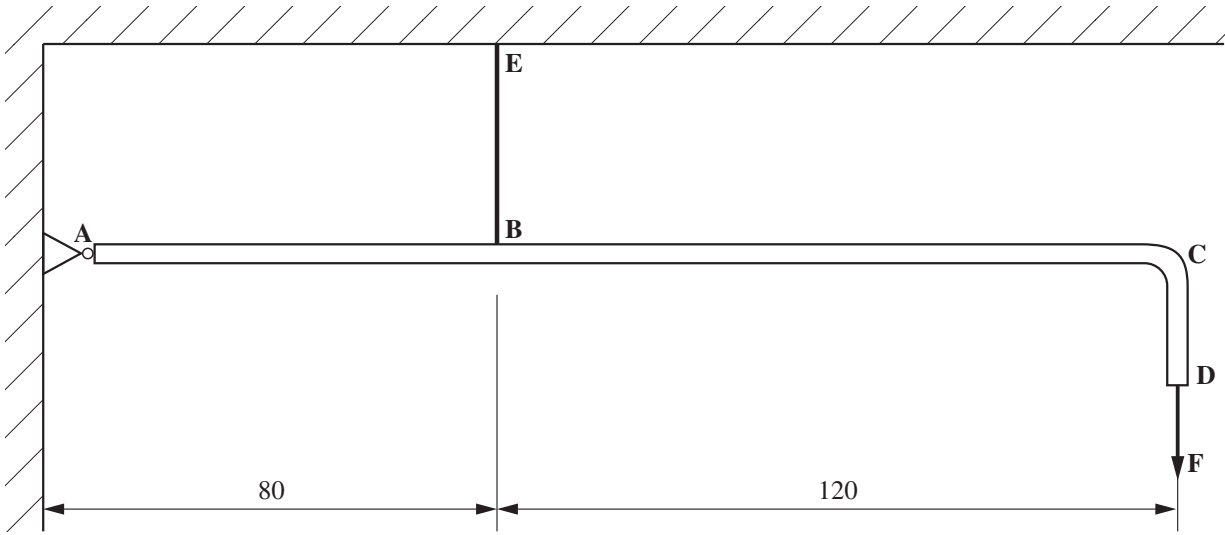
الرسم التوضيحيّ للسؤال 3



## الفصل الثاني : متانة المواد وأجزاء الماكينات

### السؤال 4

في الرسم التوضيحيّ للسؤال 4 يظهر قضيب مثنّي . القضيب موصول بالحائط في النقطة A بواسطة حمال ثابت . كابل عموديّ الذي يخرج من السقف، من النقطة E ، موصول بالقضيب في النقطة B . في النقطة D تؤثر على القضيب قوة عمودية مقدارها  $F = 8,000 \text{ N}$  . وزن القضيب المثنّي والكابل لا يُؤخذان بالحسبان . القياسات في الرسم التوضيحيّ مُعطاة بالمليمترات .



الرسم التوضيحيّ للسؤال 4

(6 درجات) أ. ارسم مخطط جسم حرّ للقضيب المثنّي .



(8 درجات) ب. احسب مقدار قوّة الشدّ في الكابل EB .

[illegible]

(6 درجات) ج. احسب قوى ردّ الفعل في الحمّال A .

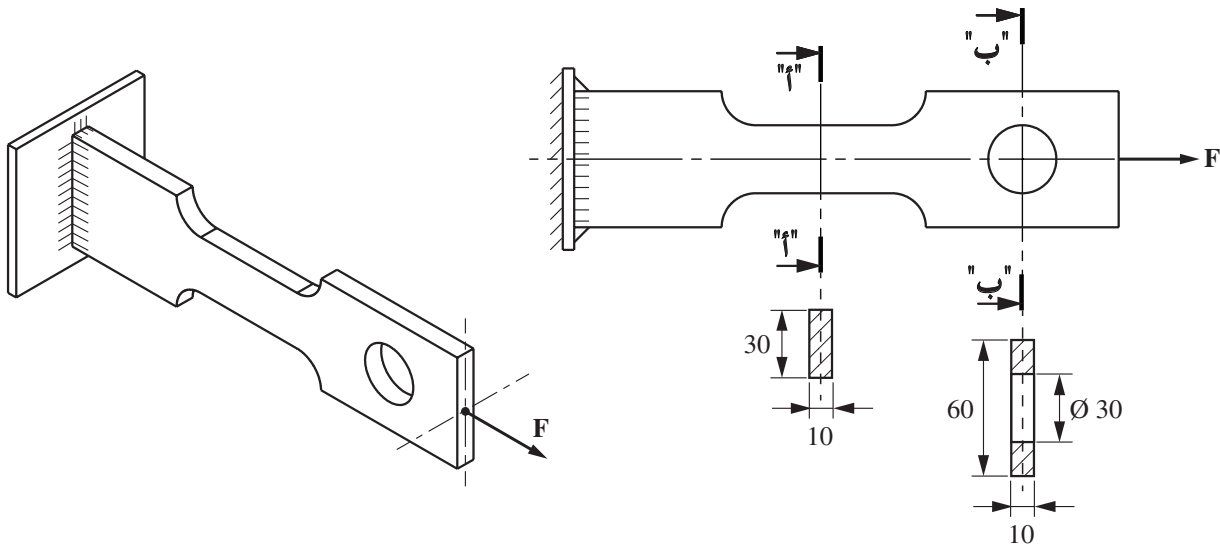
[illegible]



## السؤال 5

في الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 5 يظهر قضيب فولاد، ملحوم بحائط، ذو مقطع مستطيل يشتمل على قذح. يتم شدّ القضيب بواسطة قوّة مقدارها  $F = 30,000 \text{ N}$  كما هو مُبيّن في الرسم التوضيحيّ.

جميع القياسات في الرسم مُعطاة بالمليمترات.



### الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 5

أ. احسب جُهد الشدّ الذي يتكوّن في المقطع "أ" - "أ". (5 درجات)

[illegible]

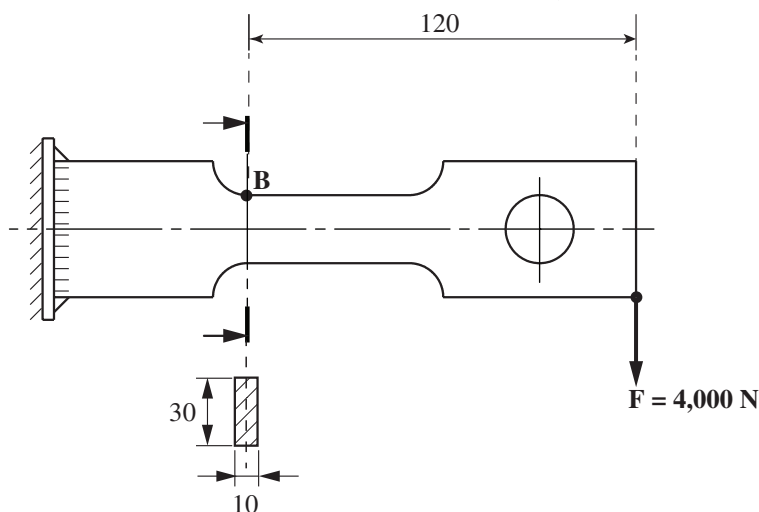
(5 درجات) ب. احسب جُهد الشدّ الذي يتكوّن في المقطع "ب" - "ب" .

[illegible]

ج. (درجتان) الجُهد المسموح به لشدّ الفولاذ هو  $[\sigma_t] = 120 \text{ MPa}$  . هل يصمد القضيب أمام الجهود؟ علّل إجابتك .

[illegible]

في الرسم التوضيحي "ب" للسؤال يطهر قضيب فولاذ شبيه بالقضيب الموصوف في الرسم التوضيحي "أ"، إلا أنه تُوَثِّرَ على هذا القضيب قوَّة مقدارها  $F = 4,000 \text{ N}$ ، عموديَّة نحو الأسفل، كما هو مُبيَّن في الرسم التوضيحي. جميع القياسات في الرسم مُعطاة بالمليمترات. أهمل الوزن الذاتي للقضيب.



الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 5

(8 درجات) د. احسب الجُهد الذي يتكوّن في النقطة B.

[illegible]

## السؤال 6

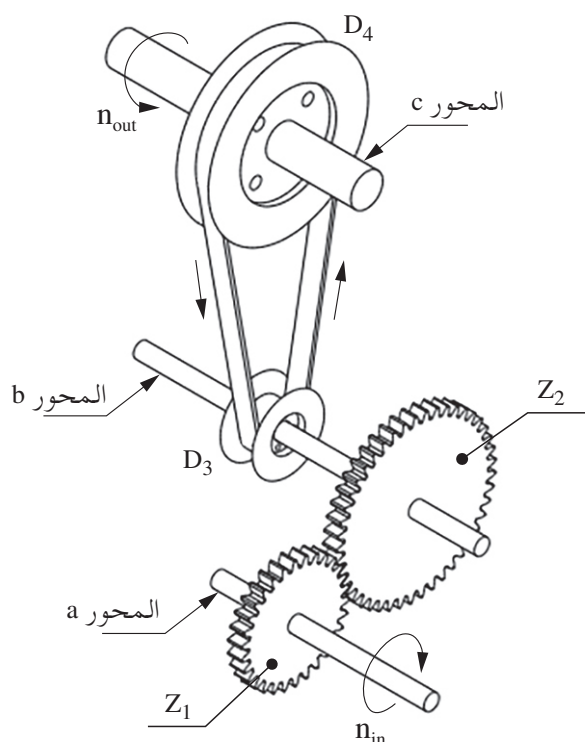
6 يظهر ناقل حركة مُكوّن من عجلتين مُسنّنتين (العجلتين 1 و 2) ومن عجلتيّ حزام (גדלי רצועה) (العجلتين 3 و 4).

المحور a هو محور دخول ناقل الحركة.

المحور c هو محور خروج ناقل الحركة.

مُعْطَى أَنْ :

- سرعة دوران محور الدخول a :  $n_{in} = 3,600 \text{ RPM}$
- القدرة التي تُزَوَّد بها المنظومة :  $P_{in} = 10 \text{ kW}$
- جودة (دلايلوت) ناقل الحركة :  $\eta = 100\%$
- عدد أسنان العجلتين المُسَنَّتين :  $Z_2 = 72 \quad Z_1 = 24$
- قُطْرَا عجلتي الحزام :  $D_4 = 120 \text{ mm} \quad D_3 = 60 \text{ mm}$



### الرسم التوضيحي للسؤال 6

٥ درجات) أ. احسب نسبة نقل الحركة لناقل الحركة.

[illegible]

ب. احسب سرعة دوران محور الخروج  $c$  ،  $n_{out}$  . (6 درجات)

[illegible]

ج. احسب العزم في محور الدخول  $M_{in}$  ، a

[illegible]

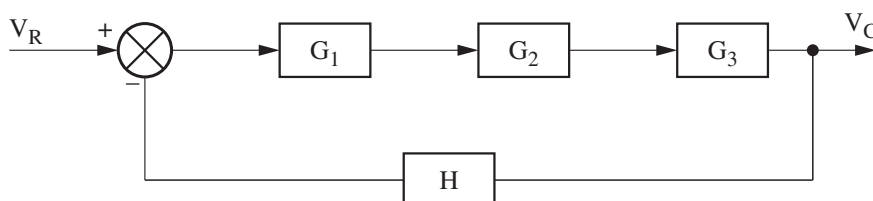
د. احسب العزم في محور الخروج  $c$  ،  $M_{out}$  . (4 درجات)

[illegible]

## الفصل الثالث: فصول في الهندسة والعلوم - مراقبة

## السؤال 7

في الرسم التوضيحي للسؤال 7 معطى مخطط مستطيلات لمنظومة مراقبة جُهد مُؤَلّد كهرباء.



## الرسم التوضيحي للسؤال 7

(10 درجات) أ. اكتب دالة التحويل  $\frac{V_C}{V_R}$ .

[illegible]

فيما يلي تكبيرات المُرَكَّبات في المنظومة:  $H = 1$ ,  $G_1 = 2$ ,  $G_2 = 3$ ,  $G_3 = 4$

الجهود المُحَبَّذ هو  $V_R = 50 \text{ V}$ .

(10 درجات) ب. احسب جُهد الخروج لهذه المنظومة،  $V_C$ .

[illegible]

### السؤال 8

أربعة مولّدات كهرباء (D – A) تُزوّد مستشفى بالطاقة . فيما يلي قدرة كلّ مولّد :

– المولّد A : 80 kW

– المولّد B : 140 kW

– المولّد C : 160 kW

– المولّد D : 260 kW

يمكن تشغيل المولّدات بتركيّبات مختلفة . ليس من الضروريّ أن تعمل جميع المولّدات في نفس الوقت .  
 في المستشفى يوجد مولّد احتياطيّ E ، وهو يُشغّل عندما تكون القدرة الإجماليّة للمولّدات **أقلّ من** 390 kW .

نُشير إلى المتغيّرات المنطقية :

– المولّد A يشتغل :  $A = 1$

– المولّد B يشتغل :  $B = 1$

– المولّد C يشتغل :  $C = 1$

– المولّد D يشتغل :  $D = 1$

– المولّد الاحتياطيّ E يشتغل :  $E = 1$

| 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 |   |

| C , D \ A , B |    |    |    |    |
|---------------|----|----|----|----|
|               | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00            |    |    |    |    |
| 01            |    |    |    |    |
| 11            |    |    |    |    |
| 10            |    |    |    |    |

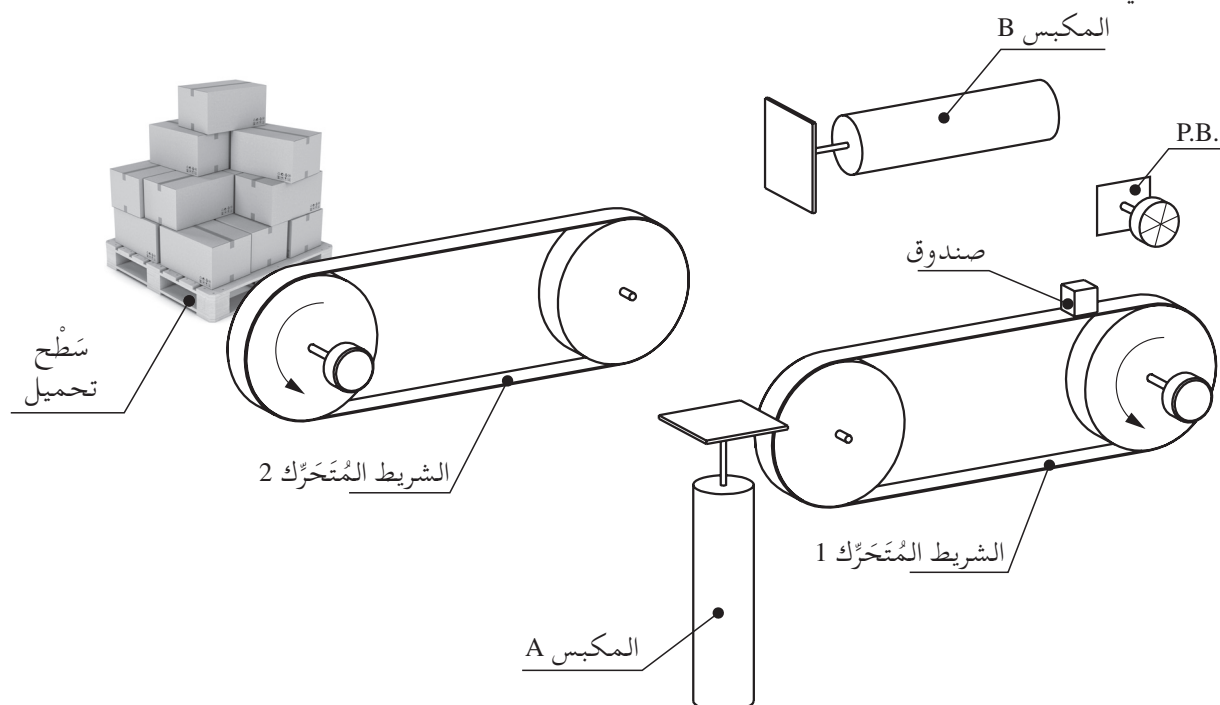
ج. اكتب الدالة E الأكثر اختصاراً التي تحصل عليها بناءً على البند "ب". (4 درجات)

[illegible]

## السؤال 9

في الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 9 تظهر منظومة تنقل صندوقاً، بواسطة الشريط المُتَحَرِّك 1 والشريط المُتَحَرِّك 2 والمكبسَين A و B ، إلى سَطْح تحميل . الشريطان يشتغلان طوال الوقت .

في كلِّ دورة عمل يَضَع أحد العمّال صندوقاً **واحدًا** على الشريط المُتَحَرِّك 1 . عندما يصل الصندوق إلى المكبس A يضغط أحد العمّال على الزرّ P.B. . يُشغَل الزرّ P.B. منظومة بنِغوماتيّة تتحكّم في عمل المكبسَين فقط . بسبب ضرورات الأمن والأمان، المكبس A يجب أن يعود إلى وضعه الأوّلي ( المُبَيّن في الرسم التوضيحي ) **قبل** أن يعود المكبس B أيضًا إلى وضعه الأوّلي .



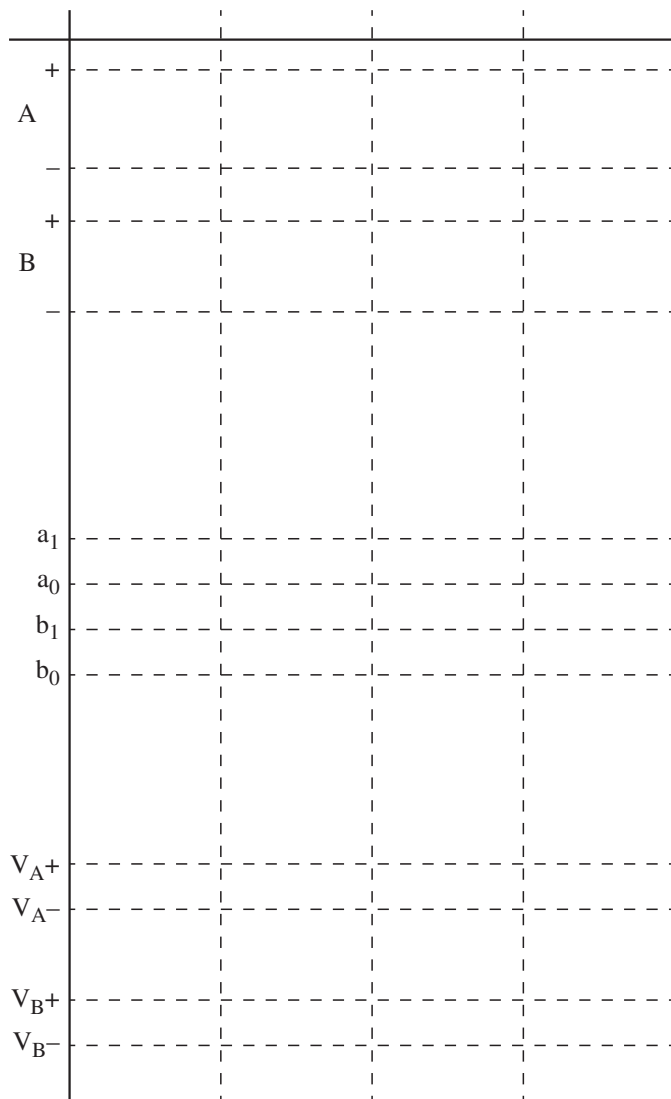
### الرسم التوضيحي "أ" للسؤال 9

أ. اكتب دورة العمليات (مُخَطَّط أسهم) التي تصف عمل المنظومة. تطرّق إلى عمل المكبّسَيْن A و B وإلى الزرّ P.B. فقط.

[illegible]

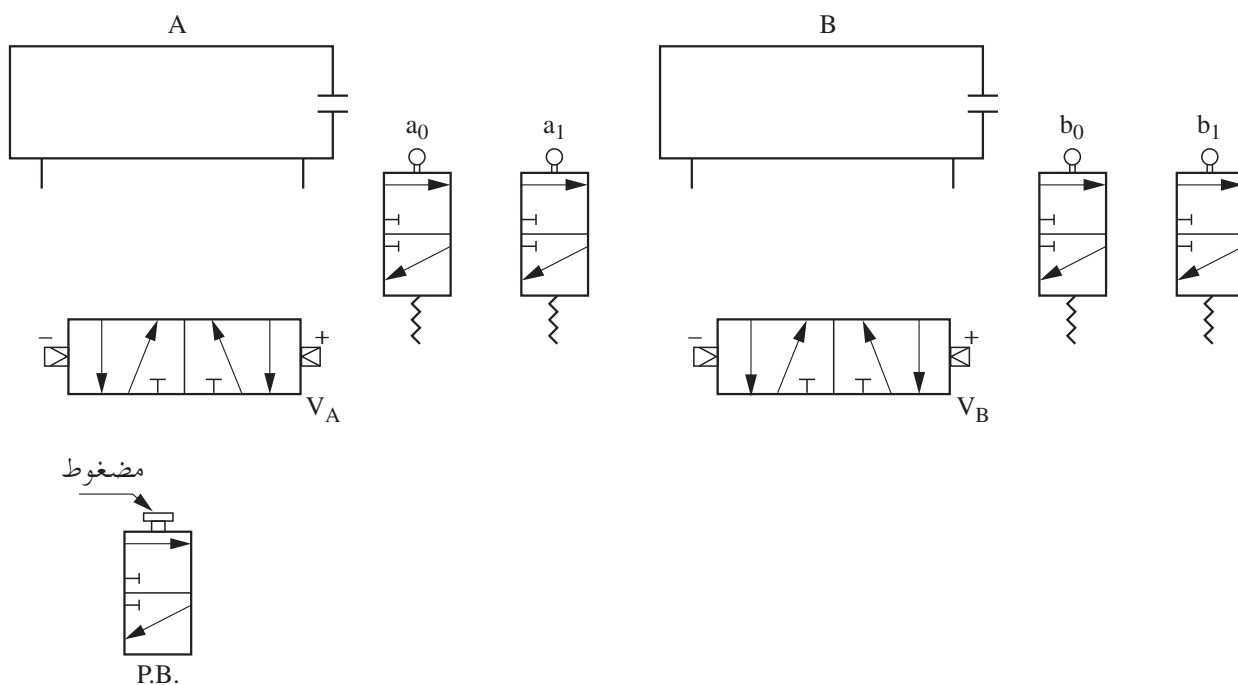


(8 درجات) ب. أكمل في الرسم التوضيحي التالي مخطط زمن - حركة لدورة العمليات التي كتبتها في إجابتك عن البند "أ".



الرسم التوضيحي "ب" للسؤال 9

(6 درجات) ج. أكمل في الرسم التوضيحيّ التالي نظامَ التَّحَكُّمِ لدورةِ عمليّات المنظومة.



الرسم التوضيحيّ "ج" للسؤال 9

نتمنى لك النجاح!

حقوق الطبع محفوظة لدولة إسرائيل.  
النسخ والنشر ممنوعان إلا بإذن من وزارة التربية والتعليم.



مسودة

## مسوّدة

مسودة



מדבקת משגיח

ملصقة مراقب

"אתך בכל מקום, גם בבגרות.  
בהצלחה, מועצת התלמידים והנוער הארצית"  
"معك في كل مكان، وفي البجروت أيضاً.  
بالنجاح، مجلس الطلاب والشبيبة القطري"

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         | – $\sigma_y$   | $\frac{\sigma_y}{s}$                     |
|                    | מקדם בטיחות              | – $s$          |                                          |
| [MPa]              | מאמץ מותר                | – $[\sigma_t]$ | $\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$ |
| [MPa]              | מאמץ                     | – $\sigma_t$   |                                          |
| [N]                | כוח                      | – $F$          | $\sigma_t = \varepsilon E$               |
| [mm <sup>2</sup> ] | שטח החתך למתיחה          | – $A$          | $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$       |
| [mm]               | אורך החלק הנתון למאמץ    | – $L$          |                                          |
| [mm]               | התארכות החלק הנתון למאמץ | – $\Delta L$   | $\Delta L = \frac{FL}{EA}$               |
| [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        | – $\tau_s$          |                                                                 |
| [N]                | כוח הגזירה         | – $F$               | $[\tau_s] = 0.6[\sigma_t]$                                      |
|                    | מספר השכבות        | – $i$               | גזירה רצויה:                                                    |
| [mm]               | עובי הגזירה        | – $t$               | $A = i t L$                                                     |
| [mm]               | אורך החיתוך (היקף) | – $L$               | מעיקה:                                                          |
| [mm]               | השטח למעיכה        | – $A_{\ell c}$      | $\sigma_{\ell c} = \frac{F}{A_{\ell c}} \leq [\sigma_{\ell c}]$ |
| [mm]               | אורך השטח למעיכה   | – $\ell$            |                                                                 |
| [MPa]              | מאמץ מעיקה         | – $\sigma_{\ell c}$ | $[\sigma_{\ell c}] = 2[\sigma_t]$                               |

### 3. פיתול ותנועה סיבובית

|                    |   |                                 |
|--------------------|---|---------------------------------|
| $v$                | - | מהירות היקפית של מעגל           |
| [m/sec]            |   | מסתובב                          |
| $F$                | - | כוח                             |
| [N]                |   |                                 |
| $M$                | - | מומנט סיבוב                     |
| [Nmm]              |   |                                 |
| $L$                | - | זרוע הסיבוב                     |
| [mm]               |   |                                 |
| $\tau$             | - | 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, לפי שיטת אוילר | [N]                |
| E          | - | מודול האלסטיות של החומר                     | [MPa]              |
| $I_{\min}$ | - | מומנט ההתמד הצירי המינימלי של חתך המוט      | [mm <sup>4</sup> ] |
| L          | - | אורך המוט                                   | [mm]               |
| $\mu$      | - | מקדם האורך התלוי בשיטת הריתום של 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:  $a = 589 \text{ MPa}$

$b = 3.82 \text{ MPa}$

## המשך בעמוד 4

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 המערכה |                    |
|                                                                                     | 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

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

## 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

$L_h$  - 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]

$\ell$  - 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:

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

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

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

(מודול החתך) לכפיפה [mm<sup>3</sup>]

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

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

### 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

λ - מקדם רוחב הגלגל

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

[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, I<br>[mm <sup>4</sup> ]                            | מומנט התנגדות<br>לפיתול, [mm <sup>3</sup> ]Z <sub>o</sub><br>(מודול החתך) | מומנט התנגדות<br>לכפיפה, [mm <sup>3</sup> ]Z <sub>y</sub><br>(מודול החתך) | A, שטח<br>[mm <sup>2</sup> ] | 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)

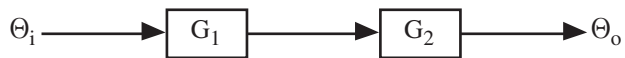
$\Theta_i$  - אות מבוא (אילוצ)

$G$  - פונקציית תמסורת



### 3. תמסורת של שני מלבנים בטור:

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

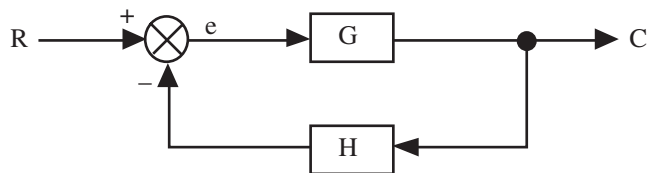


### 4. תמסורת, $T$ , בחוג סגור (עם משוב $H$ ):

$R$  - ערך רצוי

$C$  - ערך מצוי

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



המשך בעמוד 13

التتمة في الصفحة 13

### 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!**