

מכניקה הנדסית ט'

(לטכנאי מכונות)

הוראות לנבחנים

- א. משך הבחינה: ארבע שעות ו-45 דקות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות. עליכם לענות על ארבע שאלות מן השאלון כולו, לפי בחירתכם. לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס, כלי סרטוט, מחשבון בעל תצוגה של אותיות וספרות בלבד.
- ד. הוראות מיוחדות:
- בטרם תתחילו לענות על השאלות, קראו בעיון את השאלון כולו וודאו שההנחיות בדף השער מובנות לכם היטב.
 - ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 - בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם ופתרו בעזרתו את השאלה. ציינו בתשובה את הנתון שהוספתם.
 - בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 - בנספח ג' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,
אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה חמישה פרקים ובהם עשר שאלות.

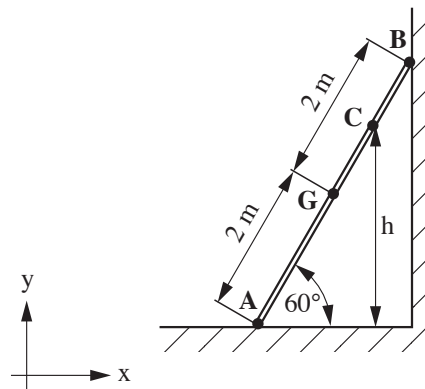
עליכם לענות על ארבע שאלות, על-פי בחירתכם, מן השאלון כולו (לכל שאלה – 25 נקודות. סך-הכול – 100 נקודות).

פרק ראשון: סטטיקה וחוזק חומרים במכונות

שאלה 1

באיור שלפניכם מתואר סולם שאורכו 4 m ומשקלו 150 N . מרכז הכובד של הסולם בנקודה G. הסולם נשען על קיר חלק (ללא חיכוך) בנקודה B, ועל הרצפה בנקודה A. בין הסולם לרצפה קיים חיכוך. מקדם החיכוך בין הסולם לרצפה הוא $\mu = 0.4$. הסולם יוצר זווית של 60° בינו ובין הרצפה.

אדם שמשקלו $W = 700 \text{ N}$ עומד על הסולם בנקודה C.



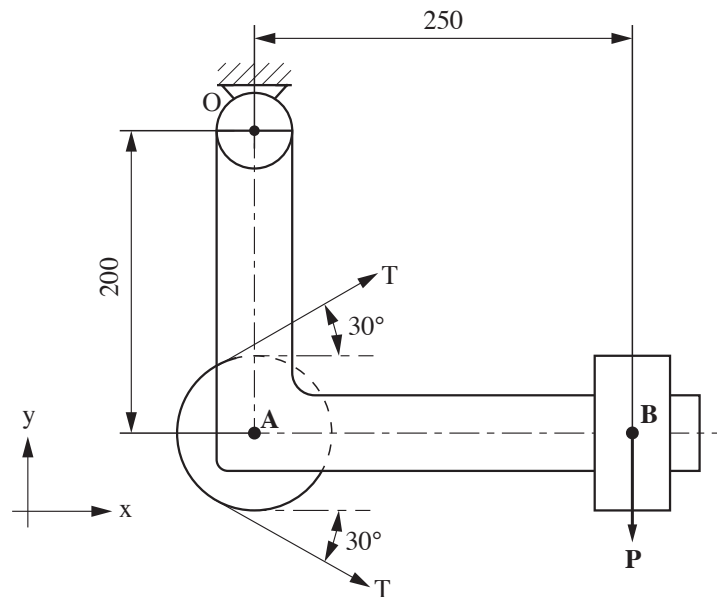
איור לשאלה 1

- 7 נק') א. סרטטו במחברתכם דיאגרמת גוף חופשי של הסולם.
- 10 נק') ב. מצאו את הכוחות שהקיר והרצפה מפעילים על הסולם במצב של סף החלקה.
- 8 נק') ג. ידוע שכאשר האדם נמצא בגובה h, הסולם מגיע למצב של סף החלקה. חשבו את h.

שאלה 2

באיור א' לשאלה מתואר מתקן המיועד לוויסות כוח מתיחה T ברצועה. הזרוע OAB קשורה לגלגלת באמצעות ציר A , ותלויה על פין בסמוך לתקרה בנקודה O . כל המידות נתונות באיור במילימטרים.

נתון: $T = 200 \text{ N}$

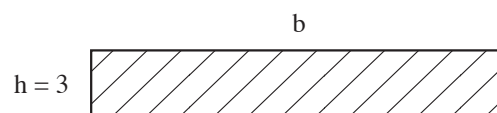


איור א' לשאלה 2

- (10 נק') א. סרטטו במחברתכם דיאגרמת גוף חופשי של הגלגלת, ומצאו את הכוח שהציר A מפעיל עליה.
- (10 נק') ב. סרטטו במחברתכם דיאגרמת גוף חופשי של הזרוע OAB , ומצאו את כוח התגובה השקול שהפין O מפעיל על הזרוע, ואת הכוח P הפועל על הזרוע בנקודה B .

באיור ב' לשאלה נתון חתך הרצועה b – מלבן שגובהו $h = 3 \text{ mm}$ ורוחבו לא ידוע. המאמץ המותר למתיחה של חומר הרצועה – $[\sigma_t] = 3.3 \text{ MPa}$.

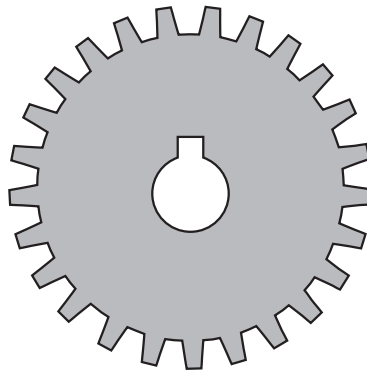
- (5 נק') ג. מצאו את רוחב הרצועה b .



איור ב' לשאלה 2

פרק שני: פרקי מכונות**שאלה 3**

באיור לשאלה מתואר גלגל שיניים המסתובב במהירות של $n = 1450 \text{ rpm}$ ומעביר הספק של $P = 24 \text{ kW}$.
גלגל השיניים מעביר מומנט אל ציר שקוטרו $d = 25 \text{ mm}$ באמצעות שגם פריזמטי נמוך שאורכו $\ell = 20 \text{ mm}$.

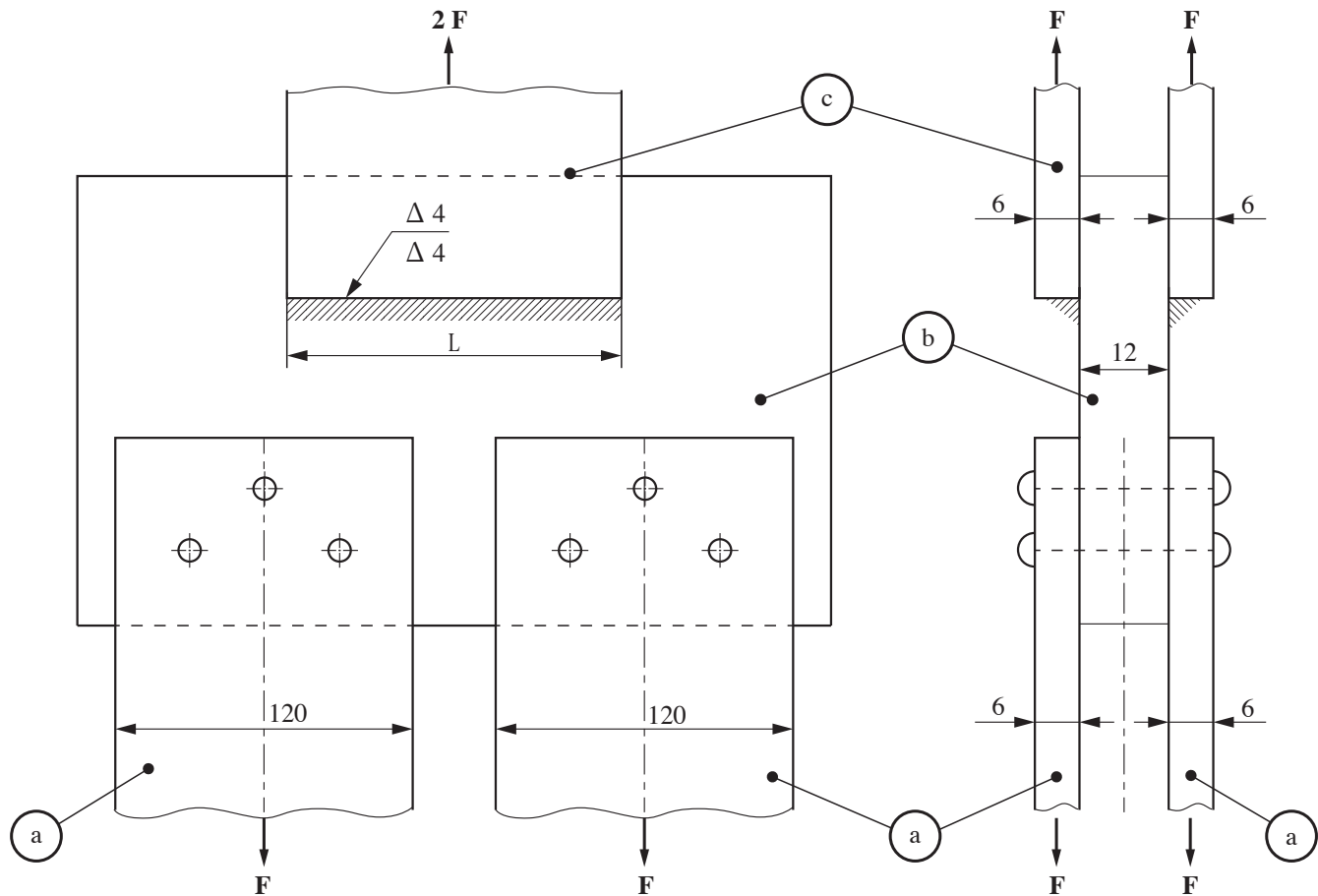
**איור לשאלה 3**

- א. (5 נק') חשבו את המומנט המועבר על ידי גלגל השיניים.
- ב. (5 נק') בחרו שגם מתאים מטבלת השגמים המצורפת בנספח א'.
- ג. (8 נק') חשבו את מאמץ הגזירה המתפתח בשגם.
- ד. (7 נק') חשבו את מאמץ המעיכה המתפתח בשגם.

שאלה 4

באיור לשאלה מתואר מבנה שבו ארבעה לוחות a מחוברים ללוח b באמצעות מסמרות, ושני לוחות c מחוברים ללוח b בריתוך.

על כל זוג של לוחות a פועל הכוח F . עובי הלוחות נתון באיור. כל המידות באיור נתונות במילימטרים.



איור לשאלה 4

נתונים:

- הכוח המופעל על זוג של לוחות a $F = 25 \text{ kN}$
- המאמץ המותר בתפר הרייתוך $[\tau_w] = 70 \text{ MPa}$
- מאמץ הגזירה המותר של חומר המסמרות $[\tau] = 90 \text{ MPa}$
- מאמץ המעיכה המותר של חומר המסמרות $[\sigma_{\ell c}] = 180 \text{ MPa}$
- מאמץ המתיחה המותר של חומר הלוחות $[\sigma] = 100 \text{ MPa}$
- קוטרי המסמרות: $d[\text{mm}]$: 6 ; 8 ; 10 ; 12

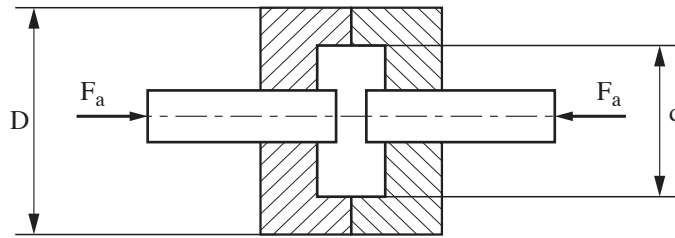
12 נק') א. בהסתמך על חוקי החוזק לגזירה ולמעיכה, חשבו את הקוטר המזערי עבור המסמרות המחברות בין לוחות a ללוח c. בחרו במסמרה המתאימה מבין המסמרות הנתונות.

8 נק') ב. האם הלוחות a יעמדו במאמץ המתיחה? נמקו באמצעות חישוב.

5 נק') ג. חשבו את האורך המזערי L של תפר הרייתוך.

שאלה 5

באיור לשאלה מתואר מצמד חיכוך מישורי (שטוח). המצמד נלחץ על ידי כוח צירי של $F_a = 650 \text{ N}$.



איור לשאלה 5

נתונים:

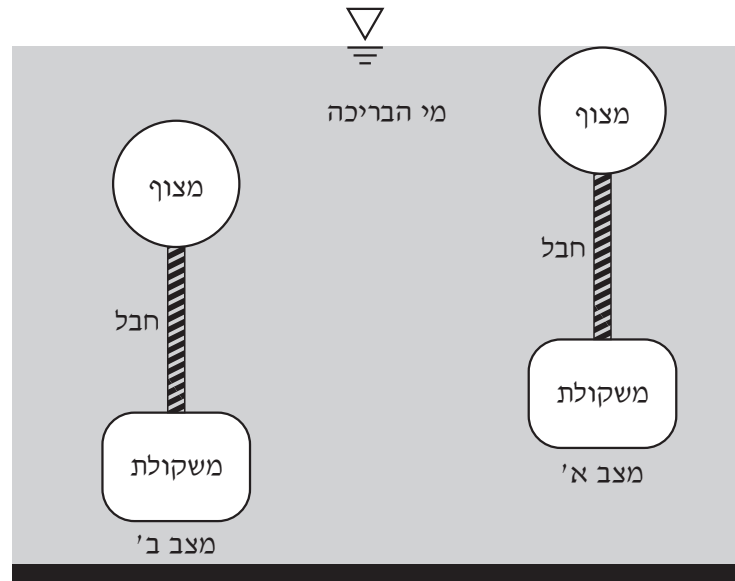
- חישוב המצמד יהיה לפי בלאי אחיד $p \cdot v = \text{const}$
- יחס הקטרים המומלץ $\psi = \frac{d}{D} = 0.6$
- לחץ השטח המותר $[p] = 0.4 \text{ MPa}$
- מקדם החיכוך בין המשטחים במצמד $\mu = 0.12$
- מקדם תנאי העבודה של המצמד $f = 1.2$

- א. (6 נק') חשבו את הקוטר הפנימי (d) ואת הקוטר החיצוני (D) של המצמד.
- ב. (6 נק') חשבו את המומנט האפקטיבי של המצמד.
- ג. (6 נק') חשבו את ההספק המרבי המועבר על ידי המצמד, אם הוא מסתובב במהירות של 900 rpm.
- ד. (7 נק') אם נקטין את כוח הלחיצה ל- $F_a = 450 \text{ N}$ (ולא נשנה את הקטרים שחושבו בסעיף א'), כיצד ישתנו התוצאות של הסעיפים ב' ו-ג'? הסבירו ללא חישוב.

פרק שלישי: מערכות הידראוליות

שאלה 6

באיור לשאלה מתואר מצוף בתוך בריכה מלאה מים. לתחתית המצוף קשורה משקולת באמצעות חבל בעל משקל זניח. המשקולת והמצוף מרחפים במים כך שכל המצוף טבול במים והמשקולת אינה נוגעת בתחתית הבריכה.



איור לשאלה 6

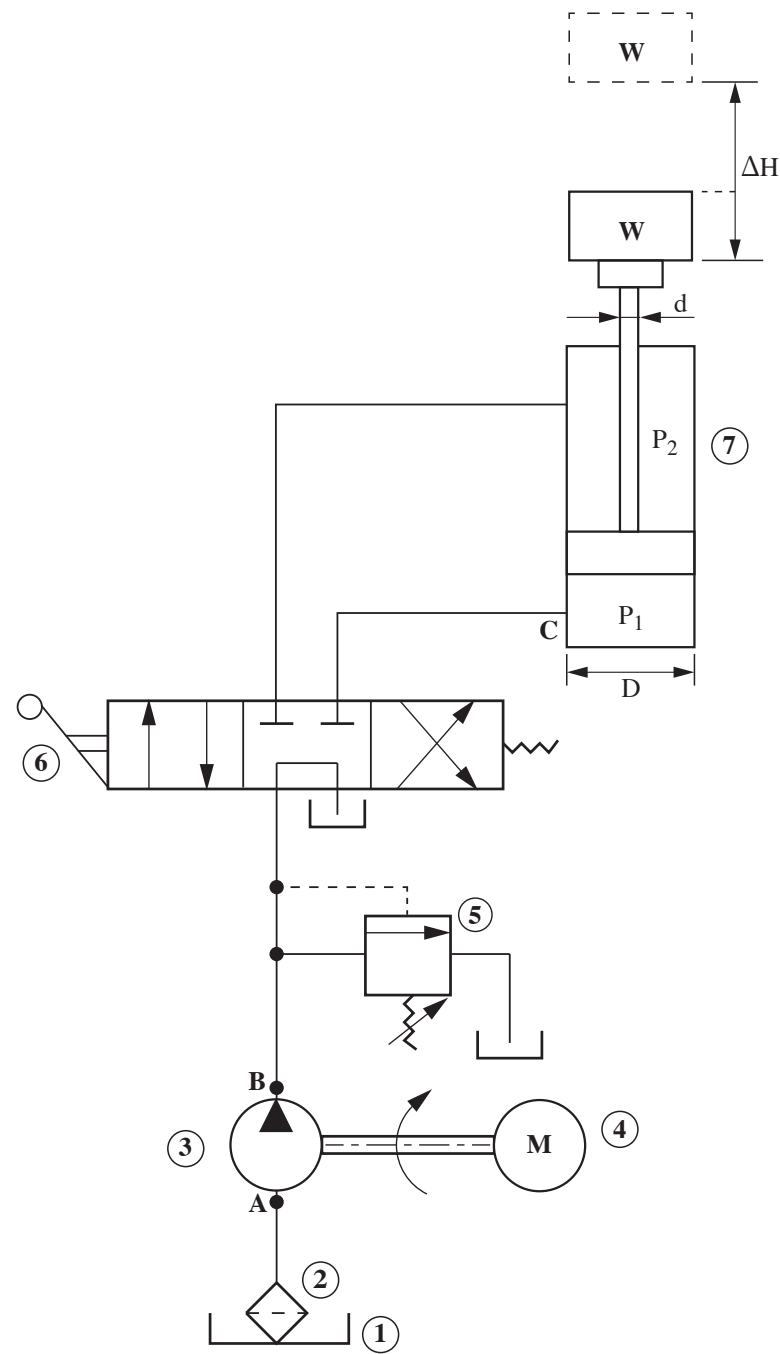
נתונים:

- נפח המצוף $V_{\text{מצוף}} = 2 \text{ m}^3$
- נפח המשקולת $V_{\text{קובייה}} = 0.2 \text{ m}^3$
- המשקל הסגולי של המים $\gamma_{\text{מים}} = 10,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- המשקל הסגולי של המצוף $\gamma_{\text{מצוף}} = 2,500 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

- 8 נק' א. סרטטו דג"ח של המצוף, וחשבו את המתיחות בחבל המקשר בין המצוף למשקולת.
- 8 נק' ב. סרטטו דג"ח של המשקולת, וחשבו את משקלה.
- 4 נק' ג. חשבו את המשקל הסגולי של החומר שממנו עשויה המשקולת (משקולת ז).
- 5 נק' ד. הזיזו את המשקולת והמצוף ממצב א' למצב ב' ושחררו אותם. קבעו אם המערכת תעלה בחזרה למצב הקודם, תישאר במקום החדש או תשקע עוד יותר. נמקו את תשובתכם.

שאלה 7

באיור לשאלה מתוארת מערכת הידראולית המשמשת להרמת משקולת W לגובה ΔH במהירות קבועה.



איור לשאלה 7

נתונים:

$D = 40 \text{ mm}$	- קוטר הבוכנה
$d = 20 \text{ mm}$	- קוטר מוט הבוכנה
$\Delta H = 300 \text{ mm}$	- תזוזת המשקולת W
$p_1 = 2.5 \text{ MPa}$	- הלחץ בצד הבוכנה
$p_2 = 0.4 \text{ MPa}$	- הלחץ הנגדי בצד מוט הבוכנה
$\Delta t_1 = 10 \text{ sec}$	- זמן עליית המשקולת
$\Delta p_{BC} = 0.6 \text{ MPa}$	- מפל הלחץ בקטע הצינור BC
$p_A = -0.02 \text{ MPa}$	- הלחץ בכניסה למשאבה

(6 נק') א. חשבו את משקל המשקולת W.

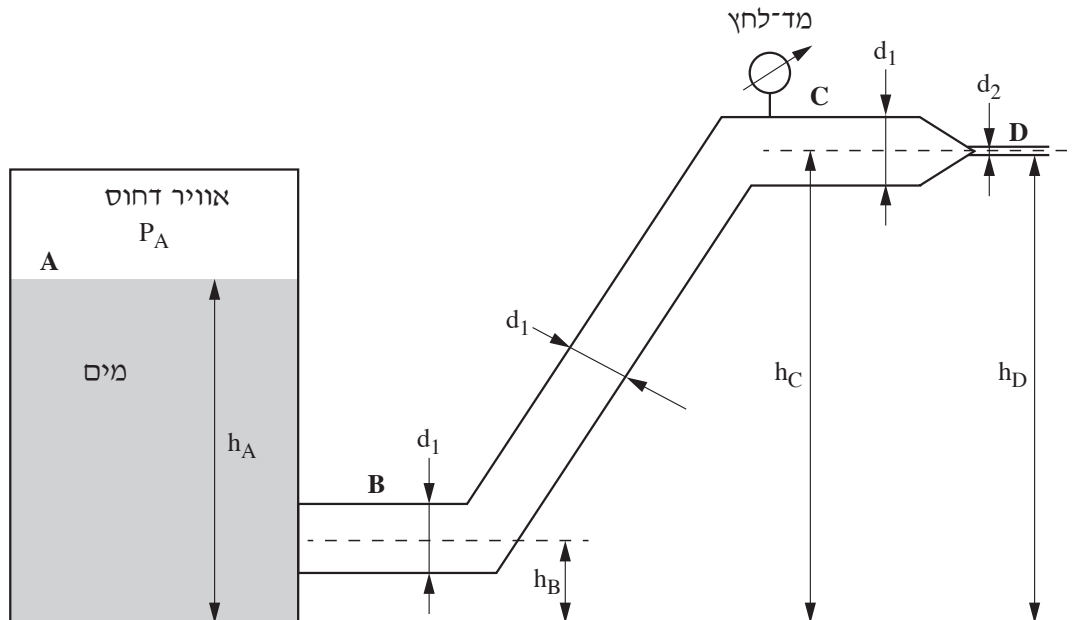
(6 נק') ב. חשבו את ספיקת המשאבה ביחידות $\left(\frac{L}{\text{min}}\right)$.

(9 נק') ג. חשבו את ההספק המושקע במשאבה P_{in} , אם נצילות המשאבה היא $\eta_p = 0.85$.

(4 נק') ד. עקב תקלה עולה הלחץ במערכת. מבין הרכיבים 1-7 שבמערכת (ראו איור לשאלה), איזה רכיב יכול להגביל את עליית הלחץ? מה שם הרכיב? הסבירו כיצד רכיב זה מונע את עליית הלחץ במערכת.

שאלה 8

באיור לשאלה מתואר מכל סגור המכיל מים ואוויר דחוס בלחץ P_A . המים זורמים מהמכל דרך צינור, ונפלטים דרך נחיר בצורת סילון חופשי לאטמוספירה. במערכת מותקן מד-לחץ על קטע C של הצינור. ההפסדים במערכת זניחים.



איור לשאלה 8

נתונים:

- המשקל הסגולי של המים $\gamma_{\text{מים}} = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$
- גובה מפלס המים במכל $h_A = 2 \text{ m}$
- גובה קטע C של הצינור והנחיר D $h_C = h_D = 6 \text{ m}$
- לחץ האוויר במכל (לחץ מנומטרי) $p_A = 0.5 \text{ bar}$
- הצמיגות הדינמית של המים $\mu = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
- צפיפות המים $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- תאוצת הכובד $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- קוטר הצינור $d_1 = 50 \text{ mm}$
- קוטר הנחיר ביציאה $d_2 = 20 \text{ mm}$

10 נק' א. חשבו את ספיקת המים הנפלטים מהצינור.

8 נק' ב. חשבו את קריאת מד-הלחץ.

4 נק' ג. חשבו את מספר ריינולדס בקטע C של הצינור, וקבעו אם הזרימה היא למינרית או טורבולנטית.

3 נק' ד. האם, לדעתכם, מהירות הזרימה בקטע B של הצינור גבוהה ממהירות הזרימה בקטע C של הצינור, נמוכה ממנה או שווה לה? נמקו את תשובתכם.

פרק רביעי: חומרים ועיבודם

שאלה 9

נתון דגם פלדה בעל חתך מלבני שמידותיו: $\ell = 180 \text{ mm}$, $a = 3 \text{ mm}$, $b = 4 \text{ mm}$. הדגם נמתח על ידי כוח של $F = 120 \text{ N}$, ומתארך ב- $\Delta\ell = 0.9 \text{ mm}$.

- (8 נק') א. חשבו את מודול האלסטיות של דגם הפלדה, אם ידוע שהחומר נמצא במצב אלסטי במצב חופשי.
- (7 נק') ב. מגדילים את העומס עד $F = 3500 \text{ N}$, והדגם התארך ממצב חופשי ב- $\Delta\ell = 0.55 \text{ mm}$. האם החומר עדיין נמצא בתחום האלסטי?
- (5 נק') ג. הסבירו את המושג "קשיות של החומר".
האם אפשר לשנות ערך של קשיות על ידי טיפול תרמי? נמקו את תשובתכם.
- (5 נק') ד. שתי השיטות הנפוצות לבדיקת קשיות הן: ברינל ורוקוול.
הסבירו כיצד מתבצעת כל אחת מהבדיקות האלה.

פרק חמישי: אנגלית טכנית

שאלה 10

קראו את הקטע בנספח ב' לשאלון זה, וענו במחברת על כל הסעיפים (לכל סעיף – 2.5 נק').
מותר לענות בעברית על כל הסעיפים.

Questions

- | | |
|-------------------------|--|
| a. (Paragraph A) | What are the new car types? |
| b. (Paragraph B1) | What are TWO environmentally friendly characteristics of fully electric cars? |
| c. (Paragraph B1) | List THREE running characteristics of fully electric cars. |
| d. (Paragraph B2) | List FIVE downsides of fully electric cars. |
| e. (Paragraph C) | What is the main difference between hybrids and other car types? |
| f. (Paragraphs D, E, F) | From the description of hybrids, which type is the most similar to the fully electric car? |
| g. (Paragraphs D, E, F) | Which type(s) of hybrids can run on both engines? |
| h. (Paragraphs D, E, F) | Which type(s) of hybrids can be charged from an external source? |
| i. (Paragraphs D, E, F) | Which type of hybrids offers the greatest variety of designs? |
| j. (Paragraph F) | Why is the plug-in hybrid car not ideal? State THREE points. |

בהצלחה!

לשאלון 710001, אביב תשפ"ד

* הערך d_7 מתאים לקוטר מינימלי של חלק אותו אפשר להעביר קונצנטרית מעל השגם

The Modern Cars

- A. The first thing we ask upon seeing a new car is what kind of engine does it have. For many years that was not an issue, since all cars had either a combustion engine fueled by gasoline or diesel. However, in the past twenty years, when this question is asked, the answers are electric or hybrid.
- B. Fully electric cars use no fossil fuel. Their source of power is a battery, and its motor is electric. Let us list the benefits.
1. Electric cars are environmentally friendly, they emit much less carbon-monoxide and other harmful particles. The energy expenses and the costs of running these cars are considerably lower than those of a comparable traditional vehicle. Another important issue for our country is the fact that these cars do not rely on fossil fuel to run. We do not have a domestic surplus of such fuels, and these cars help us to conserve energy. To emphasize these issues, when the War in the Ukraine started, many European countries found themselves threatened with possible fuel shortages. If they had more electric cars, it could have improved this situation. Electric engine efficiency is much greater than that of the traditional engine. Electric cars run smoothly and quietly, they have no internal source of vibrations and do not smell of gasoline. Their batteries run for several hundreds of kilometers in between chargings which is a similar distance to that of a regular car in between fuelings.
 2. So, where is the catch? The electric car's initial cost is much higher than the cost of a comparable conventional one. After a few years of running, it'll be in need of a new battery – a very expensive purchase looming ahead. The battery itself is a potential source of pollution. As for now, there are no effective ways for recycling old batteries, so they must be disposed of with all their poisonous content. Also, they offer long, but not long enough, runs between recharging. The recharging time is hours, not minutes, and charging stations are scarce.
- C. Hybrid cars have both electric and gasoline engines. In all of them, electricity comes from a high-voltage battery pack (separate from the car's conventional 12-volt battery) that's replenished by capturing energy from deceleration that is typically lost to heat generated by the brakes in conventional cars. Presently, there are three types of designs which achieve different aims, from maximum fuel economy keeping the car's cost as low as possible. Let us describe them:
- D. The most common design is parallel hybrid, in which both engines are connected to a common transmission and can propel the car together or separately. The parallel hybrid cars can work with any kind of transmission – automatic, manual, or CVT (Continuously Variable Transmission). They are equipped with different fuel tank and battery capacity, to meet every possible client's wishes.
- E. The second hybrid type is series. The car is propelled by an electric engine only. The gasoline one is not connected to the transmission and serves as a charger for the battery. The series hybrids behave like fully electric cars with a benefit of zero idle charging time. Is there a "but"? Yes, there is. The driver can not intervene in the charging process, so the common situation is such that when the car moves at a steady moderate speed, its gasoline engine is revved up.
- F. The third hybrid type is a plug-in. This car can run on both electric and gasoline engines, separately or together. Its battery is charged when braking, when running on gasoline engine (driver's choice!), and from an external source. So, is this car ideal? Unfortunately, not at present time. It is very expensive and heavy. Lithium batteries do not perform well in our hot climate. The ability to charge the battery when running is close to zero. The battery is not big enough to offer a long run (only tens instead of hundreds of kilometers, as in fully electric).

נספח ג': מילון מונחים (2 עמודים)

לשאלון 710001, אביב תשפ"ד

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
nominal power	Номинальная мощность	القدرة الاسميّة / الاعتباريّة	הספק נומינלי
inelastic/plastic collision	Абсолютно неупругий удар	اصطدام غير مرن	התנגשות פלסטית
fatigue	Усталость (материалов)	إجهاد / إعياء	התעייפות
slider	Ползунок	زلاّقة	זחלן
fatigue strength limit	Максимально допустимое напряжение для усталостных деформаций	قوّة الإجهاد / الإعياء الحدّيّة	חוזק גבולי להתעייפות
specific heat	Удельная теплоемкость	الحرارة النوعيّة	חום סגולי
windings	Витки	رَبْط / غِلاف	כריכה/כריכות
contact pressure	Напряжение смятия	ضغط مساحة	לחץ מגע
yield stress	Предел текучести	إجهاد الخضوع	מאמץ כניעה
periodical symmetric stress	Переменные напряжения (часто циклические)	دورة الجهد التناظريّ	מאמץ מחזורי סימטרי
jack	Домкрат	مِرْفَاع	מִגְבָּה
compressor	Компрессор	ضاغط	מדחס
angular velocity	Угловая скорость	السرعة الزاويّة	מהירות זוויתית
relative velocity	Относительная скорость	السرعة النسبيّة	מהירות יחסית
absolute velocity	Абсолютная скорость	السرعة المُطلَقَة	מהירות מוחלטת
translational velocity	Цикличная скорость	سرعة الإزاحة	מהירות מועתקת
modulus of elasticity	Модуль Юнга (модуль упругости)	مُعَامِل المرونة	מודול אלסטיות
cooling cycle	Холодильный цикл	دورة التبريد	מחזור קירור
disengaging clutch/coupling	Предохранительная муфта	قابض حدّيّ	מצמד גבולי
friction clutch/coupling	Фрикционная муфта	قابض احتكاك	מצמד חיכוך
coefficient of safety	Коэффициент безопасности	مُعَامِل الأمان	מקדם בטיחות
coefficient of performance	Коэффициент проводимости	مُعَامِل الأداء	מקדם ביצוע
conduction coefficient	Коэффициент теплопроводности	مُعَامِل الانتقال	מקדם הולכה
convection coefficient	Коэффициент конвекции	مُعَامِل الحمل	מקדם הסעה

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
friction coefficient	Коэффициент трения	مُعَامِل الاحتكاك	מקדם חיכוך
thermal efficiency	Тепловая эффективность	الكفاءة الحرارية	נצילות תרמית
spring constant	Жесткость пружины	ثابت الزنبرك / ثابت الرقاص	קבוע קפיץ
coulisse	Кулиса	كَوَالِيس	קוליסה
buckling	Потеря устойчивости	انهيار	קריסה
heat flow	Тепловой поток	دفق / تدفق حراري	שטף חום
wire	Провод	سلك	תיל