GuyAI
מבית GOOL בגרויות

סוג הבחינה: בחינת גמר ממלכתית
מועד הבחינה: אביב 2026 מועד ב'
סמל השאלון: 97001
קובץ: תשובות סופיות

יסודות המכניקה

הנדסת מכונות · הנדסאים

הוראות

א. משך הבחינה: ארבע שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון שמונה שאלות פתוחות: חלק א': מכניקה טכנית - יש לענות על שתי שאלות מתוך ארבע (שאלות 1-4). חלק ב': גרפיקה הנדסית - יש לענות על שאלה אחת מתוך שתיים (שאלות 5-6). שימו לב: יש לסרטט את ההיטלים על גבי דף ההיטלים המצורף. אין לסרטט היטלים במחברת הבחינה! חלק ג': תורת החומרים - יש לענות על שאלה אחת מתוך שתיים (שאלות 7-8). סך הכול: 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: 1. מחשבון מדעי (אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית). 2. שלושה ספרי לימוד. 3. קלסר אחד עם חומר לימודי. 4. כלי סרטוט.

ד. הוראות מיוחדות: 1. יש למלא את הפרטים בראש עמוד זה ולצרף את השאלון, כולל נספח למחברת הבחינה. 2. יש לקרוא בעיון את ההנחיות בדף השער ואת כל שאלות הבחינה ולוודא שהן מובנות. 3. יש להשאיר את העמוד הראשון במחברת הבחינה ריק. בסיום הבחינה יש לרשום בעמוד זה את מספרי התשובות לבדיקה. התשובות תיבדקנה לפי סדר כתיבתן בעמוד זה. 4. יש לכתוב את התשובות במחברת הבחינה בעט בלבד ובכתב יד ברור. 5. בחלק ב' יש לסרטט על דף ההיטלים בשאלון בלבד. אפשר לסרטט בעיפרון או בעט. 6. יש להתחיל כל תשובה בעמוד חדש ולציין את מספר השאלה ואת מספר הסעיף. אין צורך להעתיק את השאלה עצמה. 7. טיוטה יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום את המילה "טיוטה" בראש העמוד ולהעביר עליה קו כדי שלא תיבדק. 8. יש להציג פתרון מלא ומנומק הכולל חישובים לפי הצורך. הצגת תשובה סופית ללא שלבי הפתרון לא תזכה בניקוד. 9. אם לדעתכם חסר בשאלה נתון, יש לציין זאת ולהוסיף נתון מתאים שיאפשר להמשיך בפתרון השאלה. נמקו את בחירתכם.

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

בהצלחה!

תשובות סופיות

שאלה 1

א. בנקודה C פועלים ארבעה כוחות: מתיחות הכבל $T = m \cdot g = 5886\,\text{N}$ אופקית שמאלה (אל התוף D), מתיחות הכבל $T = 5886\,\text{N}$ אנכית למטה (אל המשקולת), הכוח במוט AC לאורך המוט (35° מהאנך, כלפי A) והכוח במוט BC לאורך המוט (35° מהאנך, כלפי B).

ב. $$\sum F_x = 0:\ -T - F_{AC}\sin 35^\circ + F_{BC}\sin 35^\circ = 0$$
$$\sum F_y = 0:\ -T + F_{AC}\cos 35^\circ + F_{BC}\cos 35^\circ = 0$$
כאשר $T = m\cdot g = 5886\,\text{N}$.

ג. $F_{BC} \approx 8724\,\text{N}$ - המוט BC נמתח; $F_{AC} \approx -1538\,\text{N}$ - המוט AC נלחץ בכוח של כ-$1538\,\text{N}$.

שאלה 2

א. על המוט פועלים: משקל $W = 100\,\text{N}$ אנכית למטה באמצע המוט (225 מ"מ מ-A); כוח הקפיץ F_s אנכית למטה ב-B (הקפיץ מתוח); תגובת הגלגל N_D ב-D, מאונכת למוט (60° מעל האופק, שמאלה ולמעלה); ותגובת הסמך הנייח ב-A בשני רכיבים, A_x ו-A_y.

ב. $$\sum F_x = 0:\ A_x - N_D\sin 30^\circ = 0$$
$$\sum F_y = 0:\ A_y - W - F_s + N_D\cos 30^\circ = 0$$
$$\sum M_A = 0:\ N_D\cdot 450 - W\cdot 225\cos 30^\circ - F_s\cdot 300\cos 30^\circ = 0$$

ג. $F_s = 54\,\text{N}$ (הקפיץ מתוח ומושך את B כלפי מטה).

ד. $N_D \approx 74.5\,\text{N}$, מאונך למוט, 60° מעל האופק (שמאלה ולמעלה). $A_x \approx 37.2\,\text{N}$ ימינה, $A_y \approx 89.5\,\text{N}$ למעלה; $R_A \approx 96.9\,\text{N}$ בזווית 67.4° מעל האופק, ימינה ולמעלה.

שאלה 3

$$X_C \approx 115.2\,\text{mm}\ ,\ Y_C \approx 96.6\,\text{mm}$$

שאלה 4

א. $V_0 \approx 9.15\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (כ-$32.9\ \frac{\text{km}}{\text{h}}$), בזווית 20° מעל האופק.

ב. $h_{max} \approx 0.50\,\text{m}$ מעל נקודת הקפיצה, כלומר כ-$3.50\,\text{m}$ מעל הגדה הנגדית.

ג. $t \approx 1.16\,\text{s}$

ד. לא. במהירות $9.15\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ טווח הקפיצה בין גדות באותו גובה הוא רק כ-$5.48\,\text{m}$, פחות מ-$10\,\text{m}$. המהירות המינימלית במקרה זה: $V_0 \approx 12.35\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

שאלה 5

א. היטל הפנים מסורטט כחתך A-A. מקווקווים: הבסיס מאורך 20 עד 60 (גובה 0 עד 10) והלוח הזקוף (אורך 50 עד 60) מגובה 0 עד 35 ומגובה 45 עד 50. בלוח הזקוף נשארת רצועת הקדח (גובה 35 עד 45) בלי קווקוו, עם קווים מלאים בגובה 35 ו-45 וקו ציר בגובה 40. בבסיס מוסיפים קווים אנכיים מלאים באורך 10 ו-20. הצלע נשארת בלי קווקוו (צלע שנחתכת לאורכה). מעל ההיטל כותבים A-A.

ב. בהיטל העל, על רצועת הלוח הזקוף (אורך 50 עד 60), מוסיפים: שני קווים מלאים במרחק 5 מכל קצה של הרוחב (השיפועים $5 \times 45^\circ$), שני קווים מקווקווים במרחק 15 מכל קצה (הצד הפנימי של הקדחים; הצד החיצוני, במרחק 5, מתלכד עם קו השיפוע), שני קווי ציר של הקדחים במרחק 10 מכל קצה וציר סימטריה באמצע הרוחב.

ג. בהיטל הצד מוסיפים ברצועת הבסיס (גובה 0 עד 10) ארבעה קווים אנכיים מלאים, ברוחב 10, 15, 35 ו-40 (המדרגות של המגרעת), וקווי ציר: לכל קדח קו אופקי וקו אנכי שנחתכים במרכזו (גובה 40, רוחב 10 ו-40), וציר סימטריה אנכי ברוחב 25.

ד. בהיטל הפנים (החתך): 60, 50, 10 (עובי הבסיס), 10 (עובי הלוח הזקוף), 20 (גובה הצלע), 20 (אורך הצלע). בהיטל העל: 50, 30 ו-20 (רוחבי המגרעת), 10 ו-20 (עומקי המגרעת), 10 (עובי הצלע). בהיטל הצד: 30 (בין הקדחים), 10 (מהקצה העליון לציר הקדחים), $2 \times \varnothing 10$, $5 \times 45^\circ$.

שאלה 6

א. היטל העל הוא מלבן 60×50. בתוכו: פתח מרובע 30×30 (אורך 10 עד 40, רוחב 10 עד 40) בקו מלא; על שתי הדפנות (רוחב 0 עד 10 ו-40 עד 50) קווים מלאים באורך 15 ו-30; שני קווים מקווקווים ברוחב 15 ו-35, מאורך 40 עד 60 (החריץ); וציר סימטריה ברוחב 25.

ב. חתך א-א במישור הסימטריה. המתאר: קו תחתון 60; קצה שמאלי בגובה 5; מדרון 45° עד (15, 20); אופקי עד אורך 30; אנכי עד גובה 35; אופקי עד אורך 60; קצה ימני לכל הגובה. בתוכו קו אנכי מלא באורך 10 (גובה 0 עד 15), קו אנכי מלא באורך 40 (לכל הגובה), וקווים אופקיים בגובה 20 ו-30 מאורך 40 עד 60. מקווקווים: הלוח הקדמי (טרפז, אורך 0 עד 10) והגוש האחורי מגובה 0 עד 20 ומגובה 30 עד 35. הפתח והחריץ נשארים בלי קווקוו. קו ציר של החריץ בגובה 25.

ג. היטל הצד הוא מלבן 50×35 (מבט מצד החזית הנמוכה). בתוכו: קו אופקי מלא בגובה 5 לכל הרוחב; קו אופקי מלא בגובה 15 ברוחב 10 עד 40; קווים אופקיים מלאים בגובה 20 על שתי הדפנות (רוחב 0 עד 10 ו-40 עד 50); קווים אנכיים מלאים ברוחב 10 ו-40 מגובה 15 עד 35, ומקווקווים מגובה 0 עד 15; החריץ האובלי בקו מלא (רוחב 15 עד 35, גובה 20 עד 30, $R5$); קווי ציר של החריץ וציר סימטריה ברוחב 25.

ד. בהיטל הפנים (החתך): 60, 35, 5, 20, 15, 30 ו-10 (מהקצה העליון לציר החריץ). בהיטל העל: 50, 10 (עובי הדופן), 30 (רוחב הפתח), 30 (אורך הפתח) ו-20 (עובי הגוש האחורי). בהיטל הצד: $R5$ ו-10 (בין מרכזי הקשתות). קווי ציר: ציר הסימטריה ברוחב 25 בהיטל העל ובהיטל הצד, ציר החריץ בגובה 25 בחתך ובהיטל הצד, וצירי הקשתות בהיטל הצד.

שאלה 7

א. שיתוך כימי: תגובה ישירה של המתכת עם גז יבש או עם נוזל שאינו מוליך (בעיקר חמצן בטמפרטורה גבוהה), בלי אלקטרוליט ובלי זרם חשמלי; נוצרת שכבת תחמוצת (קשקשת) על פני השטח. שיתוך אלקטרוכימי: נוצר בנוכחות אלקטרוליט (מים, לחות, תמיסת מלח), כשנוצר תא גלווני: באנודה המתכת מתחמצנת ומתמוססת, האלקטרונים זורמים במתכת אל הקתודה, ושם מתרחש חיזור. ההבדלים: הסביבה (יבשה לעומת אלקטרוליט), המנגנון (תגובה ישירה לעומת תא עם זרם), הטמפרטורה (בדרך כלל גבוהה לעומת רגילה), המקום (שכבה אחידה על כל השטח לעומת פגיעה מרוכזת באזורי האנודה).

ב. שיתוך כימי: טמפרטורה גבוהה (הדיפוזיה דרך שכבת התחמוצת מהירה יותר); ריכוז גבוה של גז תוקפני (חמצן, תרכובות גופרית, אדי מים); שכבת תחמוצת נקבובית או סדוקה, וחימום וקירור לסירוגין שסודקים אותה. שיתוך אלקטרוכימי: הפרש פוטנציאלים גדול בין המתכות; אנודה קטנה מול קתודה גדולה; אלקטרוליט מוליך (מלחים, מי ים) וחומצי; ריכוז חמצן גבוה וטמפרטורה גבוהה; מאמצים ואי-אחידות במתכת.

ג. (1) כן. ייווצר שיתוך גלווני (שיתוך אלקטרוכימי בין שתי מתכות שונות): לפי הטבלה לאלומיניום $-1.66\,\mathrm{V}$ ולנחושת $+0.34\,\mathrm{V}$, הפרש של $2.0\,\mathrm{V}$. בנוכחות לחות האלומיניום הוא האנודה. השיתוך ייווצר במשטחי המגע בין האלומיניום לנחושת: בגוף המסמרת בתוך החור שבלוח הנחושת, בראש התחתון של המסמרת שנשען על הלוח, ובשפה של הכנף התחתונה של הזוויתן, במקום שבו היא יושבת על הלוח.

(2) ייפגעו חלקי האלומיניום, שהם האנודה, ובעיקר מסמרת האלומיניום: השטח שלה קטן מאוד לעומת לוח הנחושת (קתודה גדולה), ולכן צפיפות הזרם בה גבוהה והיא נאכלת מהר. היא מחזיקה את החיבור, ולכן השיתוך שלה מפרק את המבנה. לוח הנחושת לא ייפגע.

(3) מבודדים חשמלית את האלומיניום מהנחושת: אטם מבודד (גומי או פלסטיק) בין הכנף התחתונה של הזוויתן ללוח, תותב מבודד סביב גוף המסמרת בתוך החור, ודסקית מבודדת בין הראש התחתון של המסמרת ללוח. אוטמים את השפות בחומר איטום וצובעים את החיבור, כדי שלא ייכנס אלקטרוליט. אפשרות נוספת: ציפוי הנחושת (למשל בבדיל) כדי להקטין את הפרש הפוטנציאלים.

שאלה 8

א. מהירות קירור קריטית: קצב הקירור הנמוך ביותר מטמפרטורת האוסטניט שבו כל האוסטניט הופך למרטנזיט (העקומה לא חוצה את "האף" של דיאגרמת TTT). כושר חיסום: היכולת של פלדה להתקשות בחיסום לעומק, כלומר ליצור מרטנזיט גם במקומות שמתקררים לאט. קוטר קריטי: הקוטר הגדול ביותר של מוט עגול שאחרי חיסום בנוזל קירור נתון מתקבל במרכזו מבנה של 50% מרטנזיט. הקשר: ככל שמהירות הקירור הקריטית נמוכה יותר, כושר החיסום גבוה יותר והקוטר הקריטי גדול יותר.

ב. יסודות מסג (כרום, מוליבדן, מנגן, ניקל ועוד, חוץ מקובלט) מקטינים את מהירות הקירור הקריטית, ולכן מגדילים את כושר החיסום ואת הקוטר הקריטי. הסיבה: הם מומסים באוסטניט ומאטים את הדיפוזיה שדרושה להתפרקות שלו לפריט ופרליט, ולכן העקומות בדיאגרמת TTT זזות ימינה, לזמנים ארוכים יותר.

ג. מרטנזיט הוא תמיסה מוצקה רוויה-על של פחמן בברזל, בסריג טטרגונלי ממורכז גוף; זהו מבנה קשה מאוד ושביר, בצורת מחטים. הוא נוצר מאוסטניט בקירור מהיר, בהתמרה ללא דיפוזיה, בתזוזת גזירה של הסריג, כשאטומי הפחמן נלכדים בתוכו. התנאים: חימום לתחום האוסטניט (30 עד 50 מעלות מעל A_3 בפלדה תת-אוטקטואידית) והחזקה; קירור מהיר ממהירות הקירור הקריטית עד מתחת ל- M_s (ורצוי עד M_f); וכמות פחמן מספיקה (מעל כ-0.3%) כדי לקבל קשיות גבוהה.

ד. (1) 1. ההרפיה בוצעה 24 שעות אחרי החיסום, במקום מיד אחריו: כל הזמן הזה החלק נשאר מרטנזיטי, שביר ועם מאמצים פנימיים גבוהים, וקיים סיכון לסדקים ולעיוותים. 2. טמפרטורת ההרפיה, 850 מעלות, גבוהה מקו A_1 (723 מעלות) ואף מקו A_3 של פלדה עם 0.4% פחמן: זו טמפרטורת אוסטניט (טמפרטורת החימום לחיסום), לא הרפיה. הרפיה נעשית מתחת ל-723 מעלות: 150 עד 200 מעלות (הרפיה נמוכה), 350 עד 400 מעלות (בינונית) או 550 עד 650 מעלות (גבוהה, לפלדות מבנה). 3. חימום מעל A_3 והשהיה ואחריהם קירור איטי בתנור הם בדיוק תהליך ריפוי מלא, ולכן התהליך שבוצע אינו הרפיה אלא ריפוי.

(2) החימום ל-850 מעלות מבטל את החיסום: המרטנזיט חוזר לאוסטניט, והקירור האיטי בתנור יוצר פריט ופרליט גס, המבנה של ריפוי מלא. החלק יהיה רך: קשיות נמוכה, חוזק מתיחה וגבול זרימה נמוכים, ומשיכות (פלסטיות) גבוהה - התכונות של פלדה SAE 1040 במצב מרופא. השאלון אינו נותן ערכים מספריים לתכונות האלה, ולכן התשובה איכותית. המטרה (העלאת החוזק) לא הושגה, ובנוסף ייתכן שבזמן ההמתנה כבר נוצרו בחלק סדקים.

כל מבחני מה"ט עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/mahat