

סוג הבחינה: גמר לבתי-ספר לטכנאים ולהנדסאים

מועד הבחינה: אביב תשע"ה, 2015

סמל השאלון: 710003

נספחים: א. דיאגרמת T-s

ב. דיאגרמת מולייר (p-h) לקרר R 134a

ג. נוסחאות בתרמודינמיקה

ד. Appendix D (לשאלה 9)

ה. מילון מונחים

מכניקה הנדסית להנדסאים

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: ארבע שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות. עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, על-פי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך-הכול – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר כתוב בכתב יד או מודפס על נייר, כלי סרטוט ומחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא בעיון את כל השאלון וודא שההנחיות בדף השער מובנות לך היטב.
 2. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון.
 3. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 4. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך ופתור בעזרתו את השאלה. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
 5. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 6. המידות בסרטוטים נתונות במ"מ, אלא אם כן צוין אחרת.
 7. לנוחותך, לשאלון זה מצורף מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכל להיעזר בו בעת הצורך.

הוראות למשגיח:

בתום הבחינה יש לוודא כי התלמידים צירפו את הנספחים א', ב' ו-ד' למחברת הבחינה שלהם.

בשאלון זה 11 עמודים ו-7 עמודי נספחים.

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

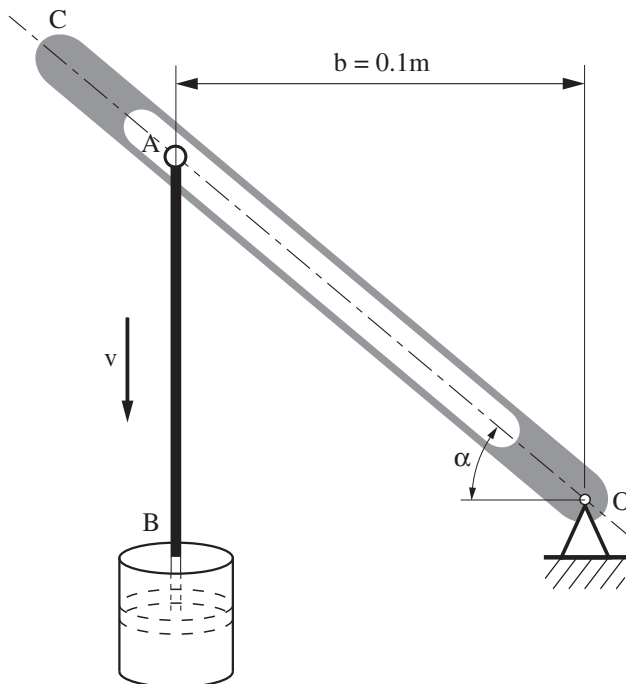
השאלות

בשאלון זה ארבעה פרקים ובהם תשע שאלות.
עליך לענות על שאלה אחת מכל אחד משלושת הפרקים הראשונים, ועל שתי שאלות נוספות, לפי בחירתך, מכל השאלון. בסך-הכול עליך לענות על חמש שאלות.
לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך-הכול – 100 נקודות.

פרק ראשון: קינמטיקה ודינמיקה

שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר מוט, AB, של בוכנה הנעה אנכית מטה במהירות קבועה: $v = 0.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
הזחלן A שבקצה העליון של המוט AB נע בתוך קוליסה OC. בעקבות זאת, סובבת הקוליסה סביב הנקודה O. המרחק, b, שבין הנקודה O ובין קו התנועה של המוט AB נתון באיור.

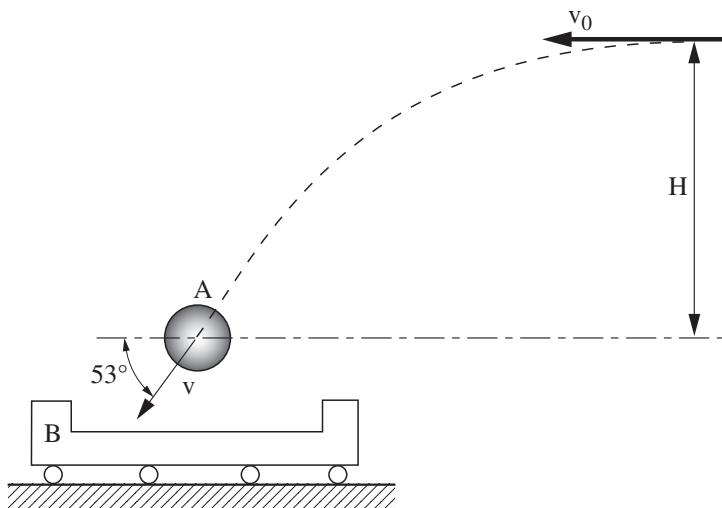


איור לשאלה 1

- א. סרטט דיאגרמת מהירויות של הזחלן A. הראה בדיאגרמה את מהירותו המוחלטת, את מהירותו המועתקת, את מהירותו היחסית ואת כיוונה של המהירות הזוויתית של הקוליסה.
- ב. בטא את המהירות היחסית של הזחלן ואת המהירות המועתקת שלו כפונקציה של α .
- ג. בטא את המהירות הזוויתית של הקוליסה כפונקציה של α .
- ד. נתון: $\alpha = 37^\circ$. חשב את ערכה של המהירות הזוויתית של הקוליסה במצב זה.

שאלה 2

באיור לשאלה 2 מתואר כדור A הנזרק אופקית מגובה H במהירות v_0 . רגע לפני שהכדור מתנגש בעגלה B מהירותו היא: $v = 20 \frac{m}{s}$, והוא נע בזווית של 53° , כמסומן באיור. לפני ההתנגשות העגלה נמצאת במנוחה וההתנגשות בין הכדור לעגלה היא התנגשות פלסטית, המתרחשת בפרק זמן השואף לאפס. מסת הכדור: $m_A = 0.5 \text{ kg}$, מסת העגלה: $m_B = 1 \text{ kg}$. תאוצת הכובד: $g = 10 \frac{m}{s^2}$.



איור לשאלה 2

- א. חשב את הגובה H ואת המהירות v_0 .
- ב. 1. חשב את מהירותה של העגלה עם הכדור בתוכה מיד אחרי ההתנגשות.
2. חשב את חלק האנרגיה שאבד בהתנגשות, באחוזים.

פרק שני: חלקי מכונות

שאלה 3

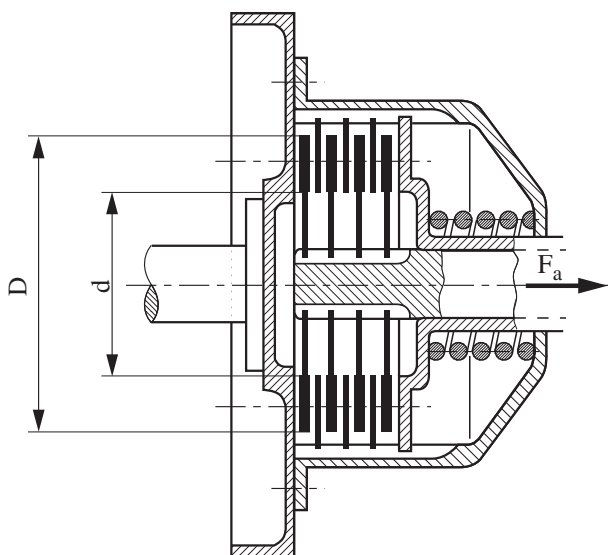
באיור לשאלה 3 מתואר מצמד חיכוך רב-דסקות המשמש כמצמד גבולי. הנח שלמצמד בלאי קבוע ($pv = \text{const}$). המצמד מתנתק ומפסיק העברת מומנט כשהעומס החיצוני גדול ב-50% מעומס העבודה הנומינלי. המצמד מעביר הספק נומינלי של 18 kW כאשר הוא מסתובב 1,500 rpm. כוח ההצמדה הצירי במצמד מתקבל באמצעות הקפיץ הספירלי שנתוניו רשומים להלן:

נתוני המצמד:

- מספר שטחי המגע בין דסקות המצמד: $n = 11$
- הקוטר החיצוני של שטח המגע בין דסקות המצמד: $D = 180 \text{ mm}$
- הקוטר הפנימי של שטח המגע בין דסקות המצמד: $d = 140 \text{ mm}$
- מקדם החיכוך בין דסקות המצמד: $\mu = 0.2$
- לחץ המגע המותר על דסקות המצמד: $[p] = 0.15 \text{ MPa}$

נתוני הקפיץ:

- קוטר התיל: $d = 6 \text{ mm}$
- הקוטר הממוצע: $D = 40 \text{ mm}$
- מודול האלסטיות של חומר הקפיץ: $G = 8.1 \times 10^4 \text{ MPa}$
- מספר הכריכות הפעילות: $n = 5$
- האורך במצב חופשי: $H_0 = 75 \text{ mm}$

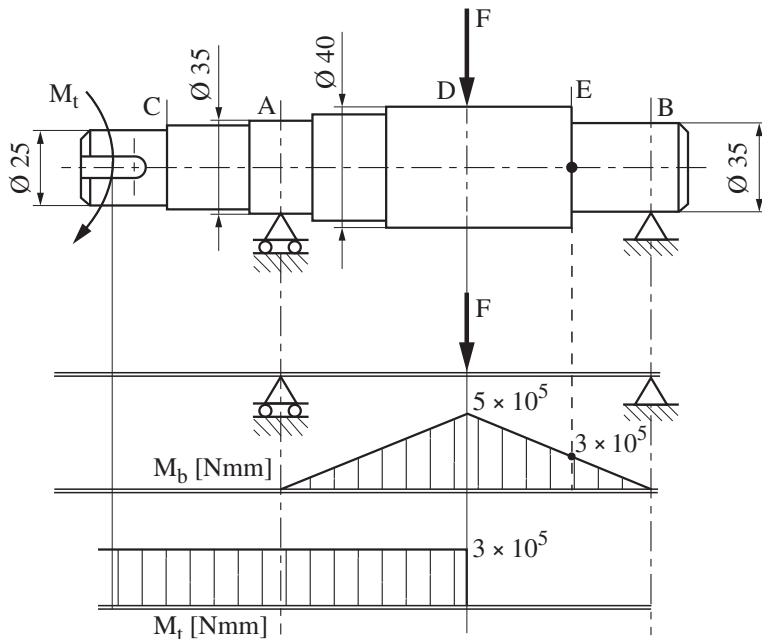


איור לשאלה 3

- א. חשב את הכוח הצירי, F_a , הדרוש לכיווץ הקפיץ כדי שהמצמד יפסיק את העברת המומנט.
- ב. בדוק אם דסקות המצמד עומדות בתנאי החוזק ללחץ מגע.
- ג. חשב את האורך המרבי של הקפיץ, לאחר כיווצו, אשר מבטיח את קיומו של הכוח הצירי, F_a , שחישבת בסעיף א'.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר גל מסתובב הממוסב במישורים A ו-B. על הגל פועל כוח מרכזי F במישור D ומומנט פיתול M_t . מתחת לתיאור הסכמתי של הגל נתונים המהלכים של מומנטי הכפיפה והמהלכים של מומנטי הפיתול, לאורך הגל. הגל מיוצר בעיבוד שבבי מפלדה SAE 1050 בעלת מאמץ כניעה של: $\sigma_y = 420 \text{ MPa}$. מקדמי הבטיחות הנדרשים לעבודת הגל: לעומס סטטי: $[S] = 3$, להתעייפות: $[S_e] = 1.5$. אין להתחשב בריכוזי מאמצים.



איור לשאלה 4

- א. חשב את מקדם הבטיחות לעומס סטטי של הגל בחתך C, וקבע אם הגל עומד בתנאי החוזק. הזנח את החלשת הגל בגלל תעלת השגם שבקטע השמאלי של הגל ($\phi 25$).
- ב. חשב את מקדם הבטיחות לעומס סטטי של הגל בחתך D, וקבע אם הגל עומד בתנאי החוזק.
- ג. חשב את מקדם הבטיחות להתעייפות, בחתך E, לאורך חיים אינסופי. הנח שמאמץ הכפיפה הוא מאמץ מחזורי סימטרי. החוזק הגבולי להתעייפות בחתך זה הוא: $\sigma_e = 125 \text{ MPa}$.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מְגִנָּה עם בורג. לבורג המגבה תבריג ימני בצד אחד ותבריג שמאלי בצידו השני.

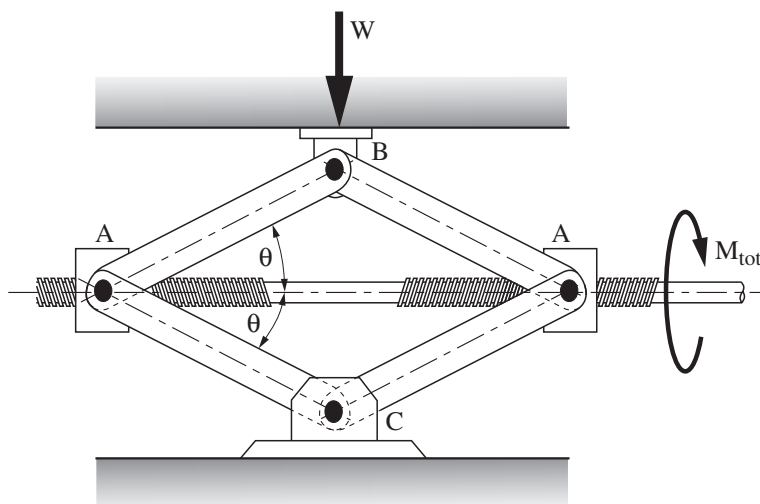
שני התבריגים הם תבריגים ריבועיים בעלי קוטר חיצוני של 16 mm ופסיעה של 4 mm .
במהלך ההרמה, הזווית θ משתנה וערכה נע בין: $\theta_{\min} = 20^\circ$ לבין: $\theta_{\max} = 60^\circ$.
בעת הפעלת המומנט, M_{tot} , בקצה הימני של הבורג, מופעל כוח צירי בבורג שערכו:
 $Q = 10 \text{ kN}$.

נתונים:

המאמץ הגבולי לכניעה של חומר הבורג: $\sigma_y = 660 \text{ MPa}$

מקדם הבטיחות הנדרש עבור הבורג: $S = 5$

מקדם החיכוך בין משטחי התבריגים: $\mu = 0.1$



איור לשאלה 5

- א. חשב את המומנט, M_{tot} , שיש להפעיל בקצה הבורג כדי לקבל את הכוח הצירי, Q .
- ב. בדוק אם הבורג עומד בתנאי החוזק.
- ג. חשב את המשקל המרבי, W , שאפשר להרים באמצעות מגבה זה.
- ד. האם קיימת סכנת קריסה בבורג המגבה? נמק את תשובתך.

פרק שלישי: תרמודינמיקה

שאלה 6

תחנת כוח עובדת לפי מחזור רנקין סטנדרטי. הקיטור נכנס לטורבינה בלחץ: $P_3 = 3.5 \text{ MPa}$ ובטמפרטורה: $T_3 = 350^\circ\text{C}$. לחץ היציאה של הקיטור מהטורבינה הוא: $P_4 = 5 \times 10^{-2} \text{ MPa}$.

א. סרטט את התהליך המתרחש בטורבינה על דיאגרמת T-s שבנספח א', וקבע מהי איכות הקיטור ביציאה מהטורבינה (X_4)?

ב. השלם את כל המחזור על דיאגרמת T-s שבנספח א', וחשב מהי העבודה נטו, ליחידת מסה $\left(W_{\text{net}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \right)$, המתקבלת מן המחזור. הזנח את עבודת המשאבה.

ג. חשב את הנצילות התרמית של המחזור.

ד. לחץ היציאה של הקיטור מן הטורבינה קטן ל- $5 \times 10^{-3} \text{ MPa}$. במצב זה איכות הקיטור ביציאה מן הטורבינה היא $X_4 = 0.775$, והנצילות התרמית: $\eta = 36.4\%$. ציין את יתרונו ואת חסרונו של לחץ היציאה המקורי מן הטורבינה ($5 \times 10^{-2} \text{ MPa}$) בהשוואה ללחץ היציאה הנמוך ($5 \times 10^{-3} \text{ MPa}$), בהתייחס לאיכות הקיטור ולנצילות המחזור.

הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח א' והדק אותו למחברתך.

שאלה 7

תנור בישול ביתי שמידותיו $90 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ מתוכנן לשמור על טמפרטורה של 260°C , כאשר טמפרטורת הסביבה היא 22°C . קירות התנור, שעוביים 2.25 cm , מבודדים באמצעות

צמר סלעים בעל מקדם הולכה $k = 0.052 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$. מקדם ההסעה הפנימי הוא: $h_i = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$.

מקדם ההסעה החיצוני הוא: $h_o = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$.

א. חשב את איבוד החום מתוך התנור לסביבה, דרך כל דופנותיו.

ב. חשב את הטמפרטורה של המשטח החיצוני של התנור.

ג. חשב מה צריך להיות עובי הקיר של התנור כדי שהטמפרטורה של המשטח החיצוני של התנור לא תעלה על 38°C .

שאלה 8

- הקרר במחזור קירור אידאלי הוא פריאון R 134a. לחץ הכניסה למדחס הוא: $p_1 = 0.15 \text{ MPa}$. לחץ היציאה מהמדחס הוא: $p_2 = 0.8 \text{ MPa}$. ספיקת המסה של הקרר היא: $\dot{m} = 0.05 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$.
- א. הצג את מחזור הקירור בדיאגרמת מולייר שבנספח ב', וחשב מהו ההספק של סילוק החום מן החלל המקורר.
- ב. חשב את ההספק הנצרך על-ידי המדחס.
- ג. מהו מקדם הביצוע (COP) של המחזור?
- ד. כיצד ישתנה מקדם הביצוע אם לחץ הכניסה למדחס יורד ולחץ היציאה לא ישתנה? נמק את תשובתך.
- הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח ב' והדק אותו למחברתך.**

פרק רביעי: אנגלית טכנית

שאלה 9

Read the following text and answer the questions on Appendix D .

Robotics – Flexible Automation System

Robots are an integral part of flexible automation systems. A flexible automation system is one which is readily convertible to alternate tasks through programming. The system's operation can be altered by changing only the software, and not the machinery or tooling.

For example, replacing the three manipulators (Figure a) with one programmable robot arm (Figure b) will result with a flexible assembly system. Figure b shows an arrangement in which one robot performs all three assembly operations. The assembly line has been changed into an assembly cell. The conveyors, the parts feeder, and the area for completed parts, have been arranged to accommodate the limits of the robot's reach.

Spot welding is one of the oldest robotic welding applications on the market, but it is also one that has remained common in several industries, including the automotive industry. Robotics companies have an extensive line of spot welding robots, and now they have added the spot welder to increase speed, accuracy and strength, but it also has flexibility, which makes it handy for companies that are looking to save money.

One of the greatest benefits of the robot is its flexibility. The robot has a flexible reach and seven degrees of freedom, which allows it to have an enlarged range of motion. This type of reach can come in handy when spot welding large parts or parts on two separate sizes of the production line. And, because of these reasons, the robot is ideal for flexible, high-density layouts, it helps manufacturers to reduce cycle times

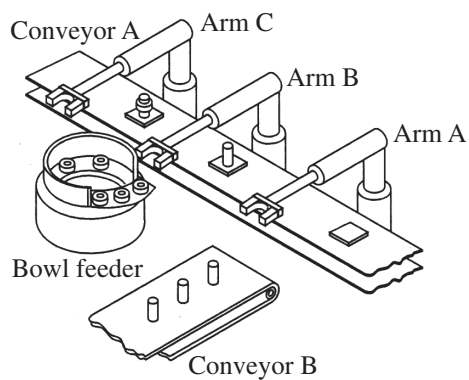


Figure a
The use of three manipulators

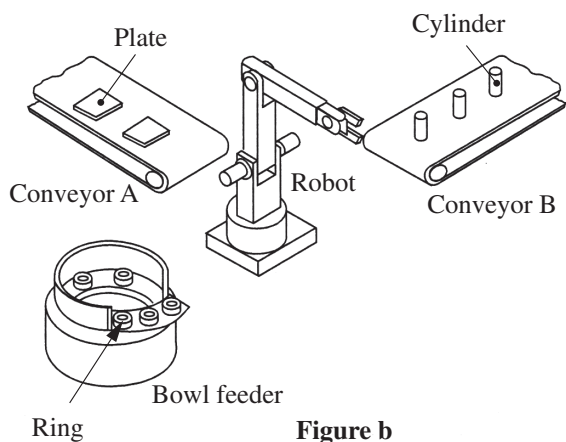
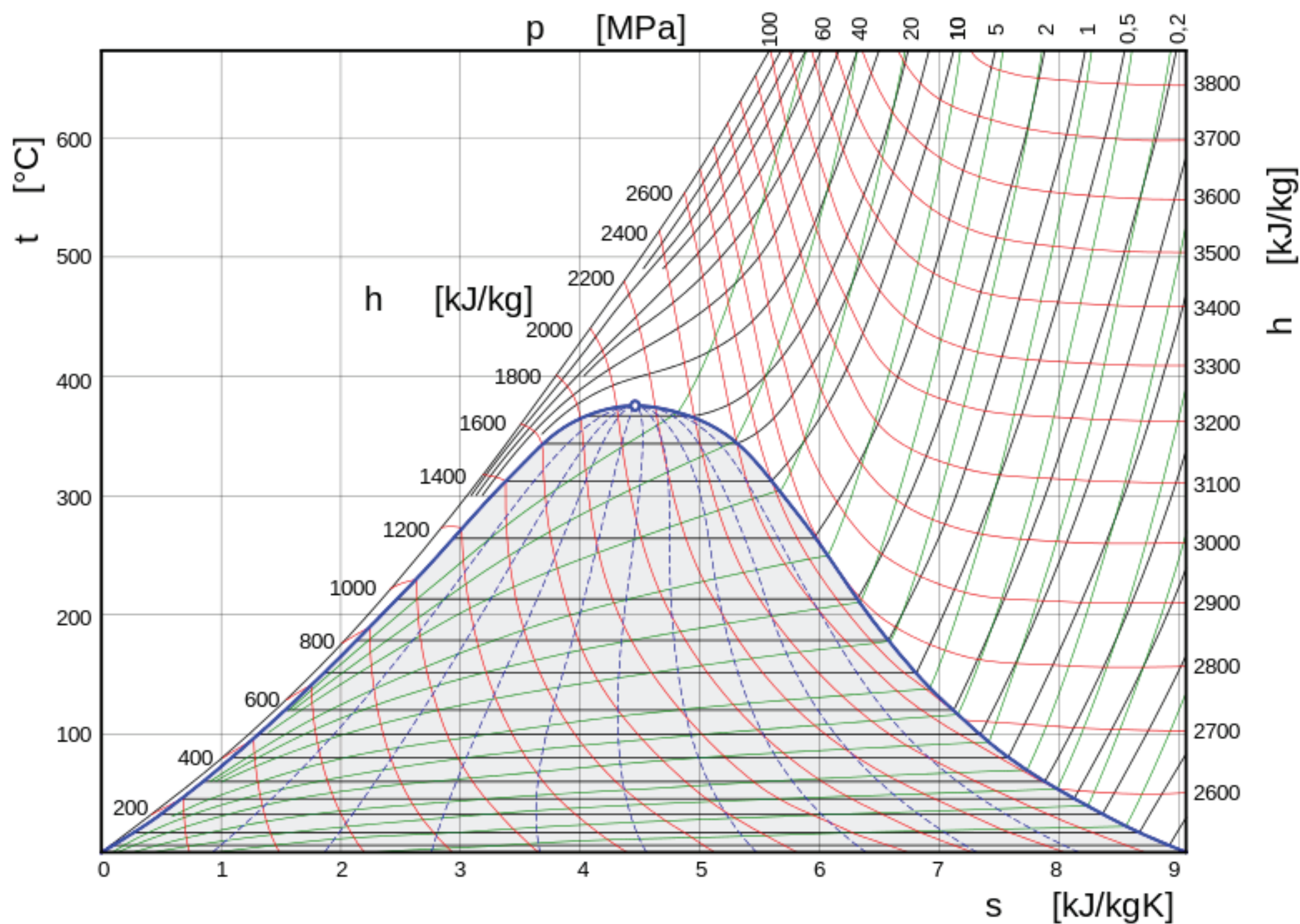
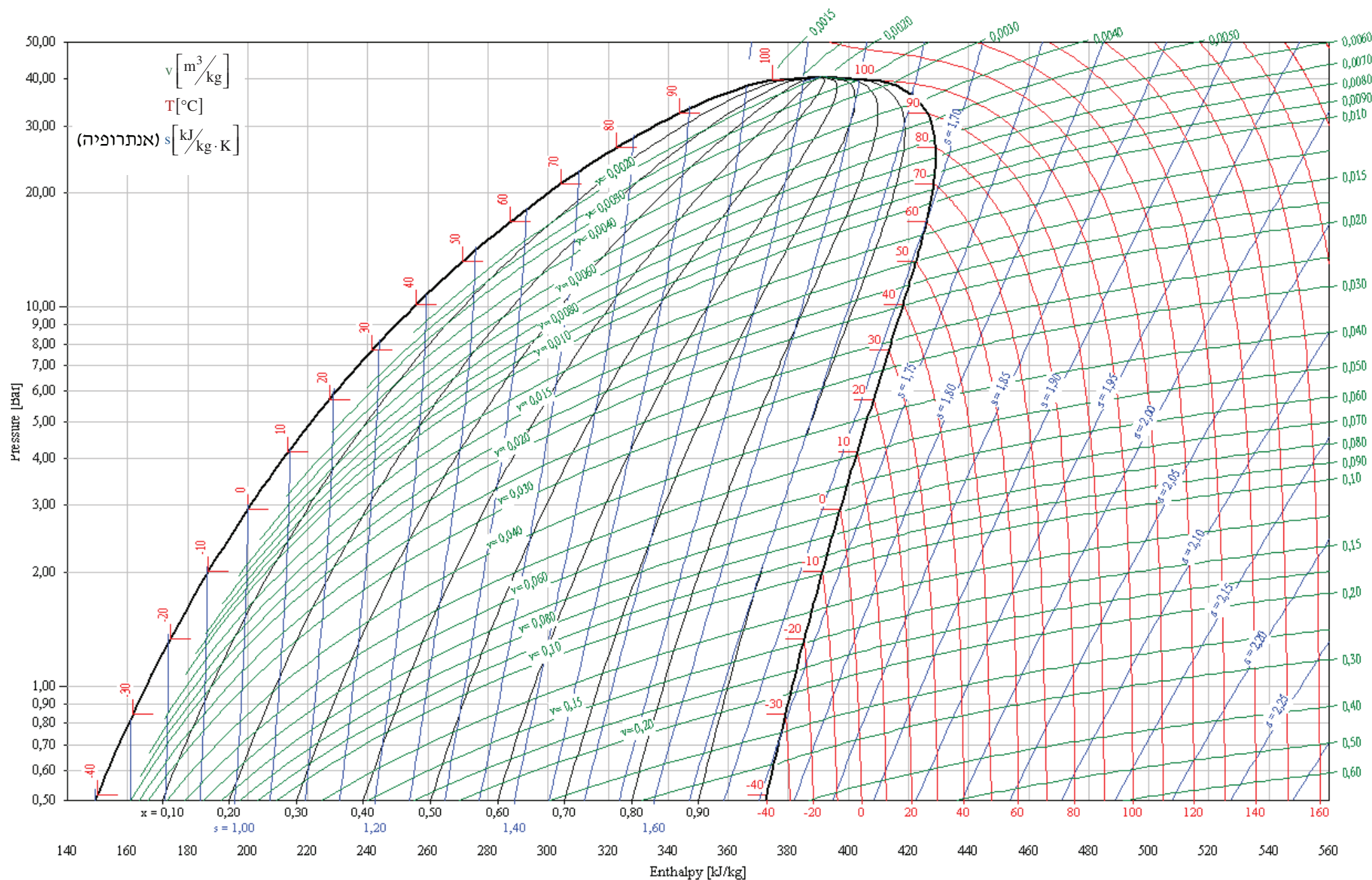


Figure b
The use of one programmable robot arm

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך.





נספח ג': נוסחאות בתרמודינמיקה

לשאלון 710003, אביב תשע"ה

תהליכים הפיכים בגז משוכלל, $p v = R T$

תהליך	אפיון	עבודה, W	חום, q	שינוי באנרגיה פנימית, Δu
איזוברי	$p = \text{const.}$	$p \Delta v = R \Delta T$	$c_p \Delta T$	$c_v \Delta T$
איזותרמי	$T = \text{const.}$	$RT \ln \left(\frac{v_2}{v_1} \right) = RT \ln \left(\frac{p_1}{p_2} \right)$		0
אדיאבטי	$q = 0$	$\frac{(p_1 v_1 - p_2 v_2)}{(\gamma - 1)}$	0	$c_v \Delta T = -w$
איזוכורי	$v = \text{const.}$	0		$c_v \Delta T$

תהליך אדיאבטי הפיך (איזנטרופי):

$$p v^\gamma = \text{const.} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^\gamma$$

$$p T^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{const.} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$T v^{\gamma-1} = \text{const.} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{\gamma-1}$$

מחזור אוטו ומחזור דיזל:

נצילות מחזור אוטו: $\eta_{\text{Otto}} = 1 - \frac{1}{r_v^{\gamma-1}}$
נצילות מחזור דיזל:

$$\eta_{\text{Diesel}} = 1 - \frac{(r_c^\gamma - 1)}{\gamma r_v^{\gamma-1} (r_c - 1)}$$

לחץ אפקטיבי ממוצע: $mep = \frac{W_{\text{net}}}{v_1 - v_2}$

מערכות קירור:

ספיקה נפחית של מדחס: $\dot{V}_{tc} = \frac{\pi d^2}{4} L \cdot z \cdot n$

$$\dot{V}_{ac} = \dot{V}_{tc} \cdot \eta_v$$

הספק של מדחס: $N_{ac} = \frac{\dot{m}_{ac} \Delta h}{\eta_{oc}}$

d - קוטר צילינדר

L - אורך צילינדר

z - מספר צילינדרים

n - מהירות סיבוב, rpm

תפוקת קירור: $\dot{Q}_{\text{קירור}} = \dot{m}_{ac} \Delta h$

מקדם ביצוע: $COP = \frac{\dot{Q}_{\text{קירור}}}{N_{ac}}$

מעבר חום:

$$R = \frac{1}{A} \frac{b}{k}$$

התנגדות תרמית בהולכה:

b – עובי ב־m

A – שטח ב־m²

k – מוליכות תרמית ב־ $\frac{W}{mK}$

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R}$$

כמות החום, ליחידת זמן, העוברת דרך שכבה אחת:

כמות החום, ליחידת זמן, העוברת בין משטחים מקבילים בקרינה:

$$\dot{Q}_R = \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) A$$

T – טמפרטורה

ε – מקדם בליעה (אמיסיביות)

σ – מקדם סטפן-בולצמן

$$R_c = \frac{1}{A \cdot h}$$

התנגדות תרמית בהסעה:

h – מקדם הסעה ב־ $\frac{W}{m^2K}$

Read the text in question 9 and perform the following activities:

Activity A (6 points)

Enter the proper words used in the text in the sentences below:

1. You can replace three _____ with one programable _____.
2. Spot welding is quite common in the _____ industry.
3. Robots help reducing _____ of manufacturing lines.

Activity B (4 points)

Write the opposite term to the following words as appear in the text:

1. Reduce _____
2. Youngest _____
3. Hardware _____
4. Spend _____

Activity C (10 points)

Answer in your own words the following questions:

- (5 points) 1. What is a flexible automation system?

- (5 points) 2. What are the three major advantages of spot welding robots?

הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך וצרף את הנספח למחברתך.

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
nominal power	Номинальная мощность	القدرة الاسمية / الاعتبارية	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	قوة الإجهاد / الإعياء الحدية	חוזק גבולי להתעייפות
winding/s	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 التناظري	מאמץ מחזורי סימטרי
jack	Домкрат	مِرْفَاع	מִגְבֵּה
compressor	Компрессор	ضاغط	מדחס
angular velocity	Угловая скорость	السرعة الزاوية	מהירות זוויתית
relative velocity	Относительная скорость	السرعة النسبية	מהירות יחסית
absolute velocity	Абсолютная скорость	السرعة المطلقة	מהירות מוחלטת

תרגום המונח			המונח
אנגלית	רוסית	ערבית	
translation 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 حديّ	מצמד גבולי
friction clutch/coupling	Фрикционная муфта	قابض احتكاك	מצמד חיכוך
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
friction coefficient	Коэффициент трения	مُعَامِل الاحتكاك	מקדם חיכוך
thermal efficiency	Тепловая эффективность	الكفاءة الحرارية	נצילות תרמית
coulisse	Кулиса	كُوَالِيس	קוליסה
buckling	Потеря устойчивости	انهيار	קריסה
wire	Провод	سلك	תיל