

מדעי ההנדסה

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבעה פרקים.

עליך לענות על שאלה אחת מבין השאלות שבפרק הראשון, על שתי שאלות מבין השאלות שבפרק השני, על שאלה אחת מבין השאלות שבפרק השלישי ועל שאלת החובה מן הפרק הרביעי. בסך הכול, עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, בסך הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר, כתוב על נייר, ובלבד שאינו מועבר בין הנבחנים ו/או כל אדם אחר.

ד. הוראות מיוחדות:

1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא את מספר התשובות הנדרש בלבד, על-פי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
2. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא אותן בעיון ונָדָא שההנחיות בדף זה מובנות לך היטב.
3. אם לדעתך חסר נתון בשאלה או בסרטוט, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
4. ענה על השאלות על-פי הסדר הנראה לך.
5. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתוב "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 13 עמודים.

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

המשך מעבר לדף

בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון (20 נקודות)

ענה על אחת מבין השאלות 1-2 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונה מערכת צירופים. הכניסות A, B ו-Control הן כניסות בינאריות. הכניסה Control היא הכניסה הקובעת את סוג הפעולה האלגברית שתבצע בין הכניסות A ו-B בכל אחת מתתי-המערכות F_1 ו- F_2 .

עבור תתי-המערכת F_1 נתון:

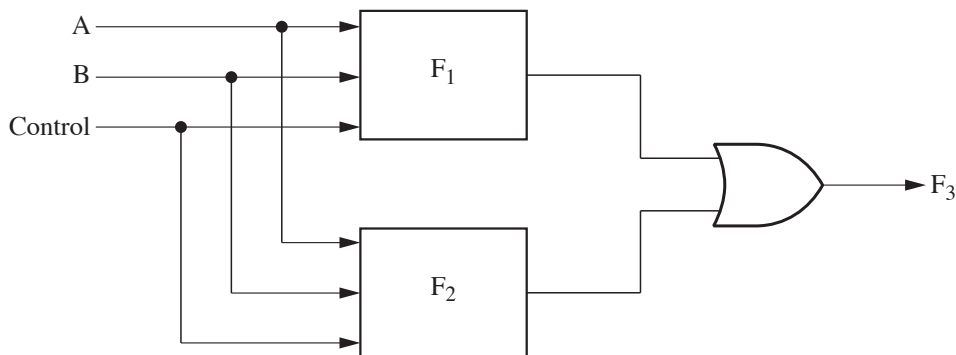
$$\text{Control} = 0 \rightarrow F_1 = A \cdot B \text{ (AND)}$$

$$\text{Control} = 1 \rightarrow F_1 = A + B \text{ (OR)}$$

עבור תתי-המערכת F_2 נתון:

$$\text{Control} = 0 \rightarrow F_2 = \overline{A + B} \text{ (NOR)}$$

$$\text{Control} = 1 \rightarrow F_2 = \overline{A \cdot B} \text{ (NAND)}$$



איור לשאלה 1

5 נק' א. כתוב את טבלת האמת של כל אחת מן הפונקציות F_1 ו- F_2 .

5 נק' ב. כתוב ביטויים מצומצמים של תתי-המערכות F_1 ו- F_2 .

5 נק' ג. ממש את מוצא המערכת, F_3 , באמצעות מינימום שערים לוגיים.

5 נק' ד. מה יהיה ערכו של מוצא המערכת, F_3 , אם הכניסה Control של תתי-המערכת F_2 תהיה:

$$\text{Control} = 0 \rightarrow F_2 = \overline{A \cdot B} \text{ (NAND)}$$

$$\text{Control} = 1 \rightarrow F_2 = \overline{A + B} \text{ (NOR)}$$

שאלה 2

בכל "רחוב רציף" מספרי הבתים הם מספרים שלמים חיוביים, המסודרים ברצף בקפיצות של 2.

בצד אחד של הרחוב נמצאים מספרי הבתים האי-זוגיים (למשל...1, 3, 5),

ובצד השני של הרחוב נמצאים המספרים הזוגיים (למשל...2, 4, 6).

הסעיפים שלהלן מתייחסים למספרי הבתים בסדר עולה או יורד, בקצה הרחוב או שלא בקצה הרחוב.

10 נק' א. כתוב פעולה בשם houseNear המקבלת כפרמטרים 2 מספרים שלמים, ומחזירה "אמת" אם הם יכולים

לייצג רצף צמוד של בתים באחד הצדדים (זוגי או אי-זוגי) של רחוב רציף. בכל מקרה אחר, יוחזר "שקר".

להלן דוגמאות לייצוג רצף צמוד של בתים: (7, 9), (7, 7), (9, 7), (2, 4)

להלן דוגמאות לייצוג של רצף לא צמוד של בתים: (7, 8), (5, 5), (2, 6), (1, -1)

10 נק' ב. כתוב פעולה בשם isSection המקבלת כפרמטר מערך של מספרים שלמים.

הפעולה תבדוק אם המערך כולו, כפי שהוא מסודר, יכול לייצג קטע רציף של בתים באחד הצדדים של

רחוב. אם כן, הפעולה תחזיר את כמות הבתים, ואם לא, הפעולה תחזיר ערך שלילי, -1.

להלן דוגמאות לרצף צמוד עולה או יורד: 3, 5, 7

16, 14, 12

פרק שני (40 נקודות)

ענה על שתי שאלות מבין השאלות 3-5 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי המודד טמפרטורה באמצעות תרמיסטור (נגד שהתנגדותו תלויה בטמפרטורה) המחובר לגשר ויטסטון. בין הנקודות A ו-B מחובר מד מתח אידיאלי.

הקשר בין התנגדות התרמיסטור לטמפרטורה נתון על-ידי הנוסחה:

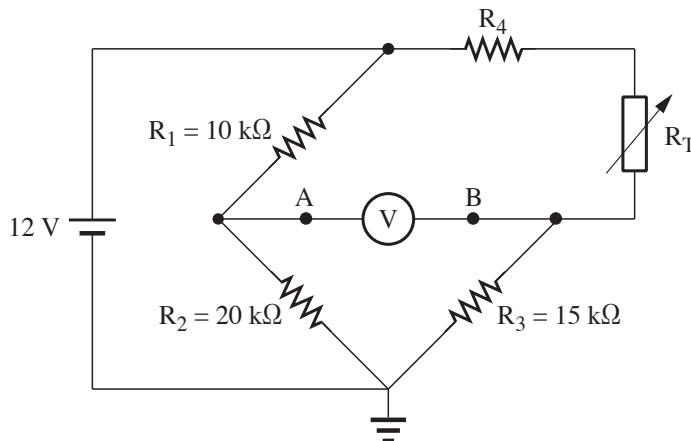
$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

R_T [Ω] – ערכה של התנגדות התרמיסטור בטמפרטורה הנמדדת

R_0 [Ω] – ערכה של התנגדות התרמיסטור בטמפרטורת החדר – 25°C – הוא $5\text{ k}\Omega$

$\alpha = 0.05 \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right]$ – מקדם שינוי הטמפרטורה של התרמיסטור

ΔT [°C] – ההפרש בין הטמפרטורה הנמדדת לטמפרטורת החדר – $\Delta T = T - 25$



איור לשאלה 3

א. (8 נק') נתון כי הגשר נמצא במצב מאוזן בטמפרטורת החדר.

(4 נק') 1. בטא את הקשר בין התנגדות התרמיסטור, R_T , ובין שאר הנגדים

במעגל: R_4, R_3, R_2, R_1 .

(4 נק') 2. חשב את ערכו של הנגד R_4 .

ב. (4 נק') מעלים את הטמפרטורה של התרמיסטור עד שמד המתח מורה על הפרש מתח של $V_A - V_B = 1 \text{ V}$.

חשב את הטמפרטורה הנמדדת.

בסעיף הבא התייחס אל התרמיסטור בלבד.

ג. (8 נק') כתוב פעולה המקבלת כפרמטרים שני מספרים ממשיים: התנגדות התרמיסטור, כפי שנמדדה במעבדה, וטמפרטורת הסביבה.

הפעולה תשווה את התנגדות התרמיסטור במעבדה להתנגדות הצפויה לפי הנוסחה שהוצגה בשאלה הזו, ותחזיר את הסטייה של ההתנגדות שנמדדה מן ההתנגדות המחושבת באחוזים (הערך הממשי המדויק).

לדוגמה: אם צפויה התנגדות של 4Ω לפי הנוסחה, ונמדדה התנגדות של 5Ω במעבדה, יוחזר הערך $+25.0$ (המייצג 25%).

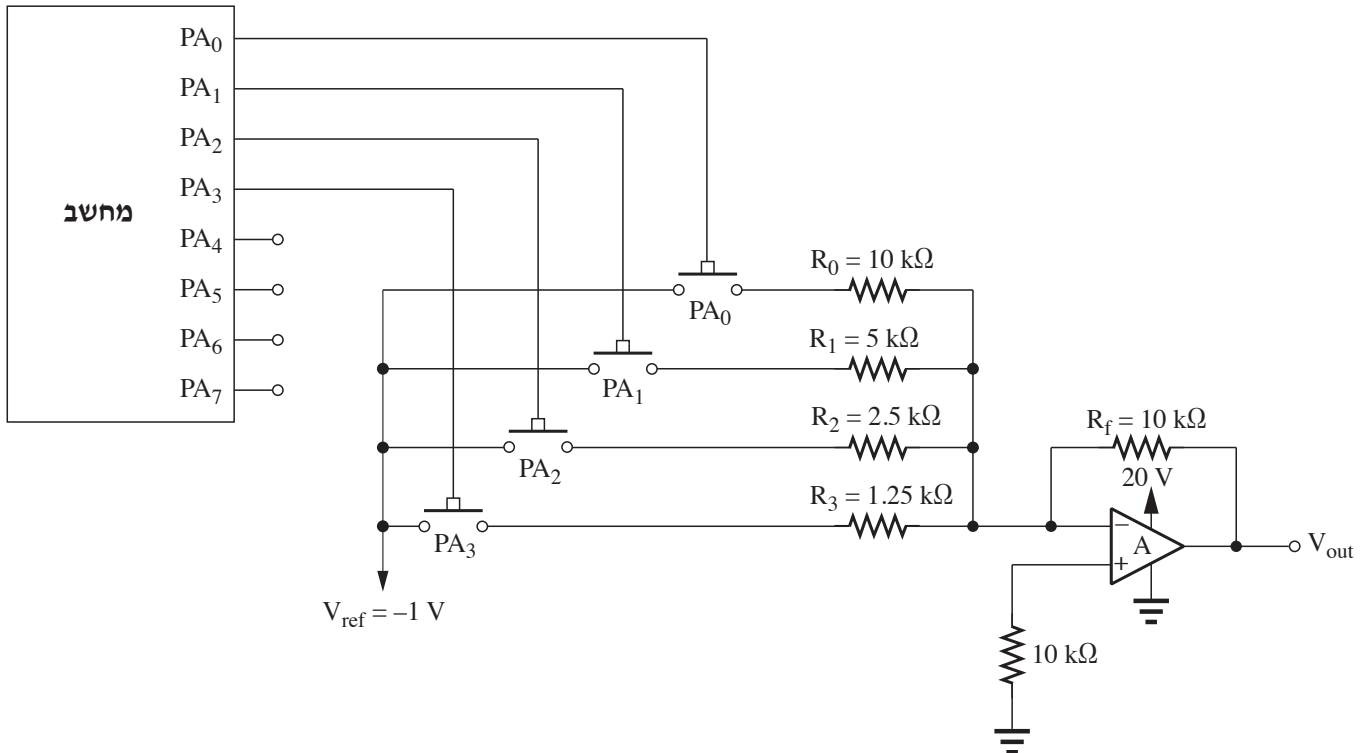
אם צפויה התנגדות של 4Ω לפי הנוסחה, ונמדדה התנגדות של 3Ω במעבדה, יוחזר הערך -25.0 .

שאלה 4

באיור א' לשאלה 4 נתונה מערכת הבנויה ממחשב וממיר D/A. הממיר מורכב ממגבר שרת אידיאלי, נגדים ומפסקים. PA_0, PA_1, PA_2, PA_3 הם מפסקים הנסגרים ונפתחים בהתאם לרמה הלוגית של מוצאי פורט A במחשב.

כאשר הרמה הלוגית היא "0" – המפסק נפתח.

כאשר הרמה הלוגית היא "1" – המפסק נסגר.



איור א' לשאלה 4

א. (6 נק')

1. כתוב את הביטוי למתח המוצא, V_{out} , בתלות במצב המפסקים PA_0, PA_1, PA_2, PA_3 . (3 נק')

2. כתוב את טבלת המתחים האפשריים של V_{out} בתלות במצב המפסקים PA_0, PA_1, PA_2, PA_3 . (3 נק')

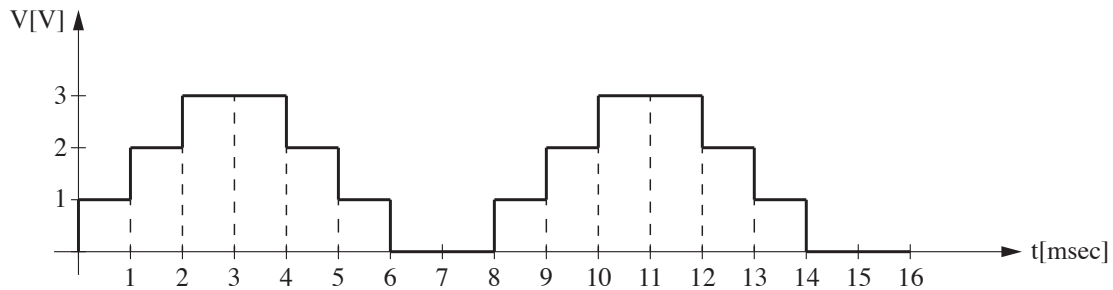
ב. (4 נק') מבקשים להפיק מתח מרבי של 3.75 וולט במוצא הממיר. חשב את ערכי הנגדים R_4, R_3, R_2, R_1 הדרושים כדי לייצר מתח זה במוצא הממיר. נמק את תשובתך.

בסעיף ג' שלהלן התייחס לערכי הנגדים המופיעים באיור א' לשאלה.

(10 נק') ג. נתונה פעולה מוכנה שקובעת את המצב הלוגי (0 או 1) של כל אחד מן המפסקים $PA_0 \div PA_3$ במוצאי פורט A של המחשב.

Void SetPA (int PA_0 , int PA_1 , int PA_2 , int PA_3 , int waitms)

הפרמטר waitms קובע את זמן ההמתנה, במילי-שניות, של הפעולה SetPA לאחר קביעת מצב המפסקים. כתוב פעולה בשם setWave, אשר מזמנת את הפעולה SetPA (שוב ושוב כרצונך) כך שבמוצא V_{out} יתקבל הגל המחזורי המתואר בגרף שבאיור ב'.



איור ב' לשאלה 4

שאלה 5

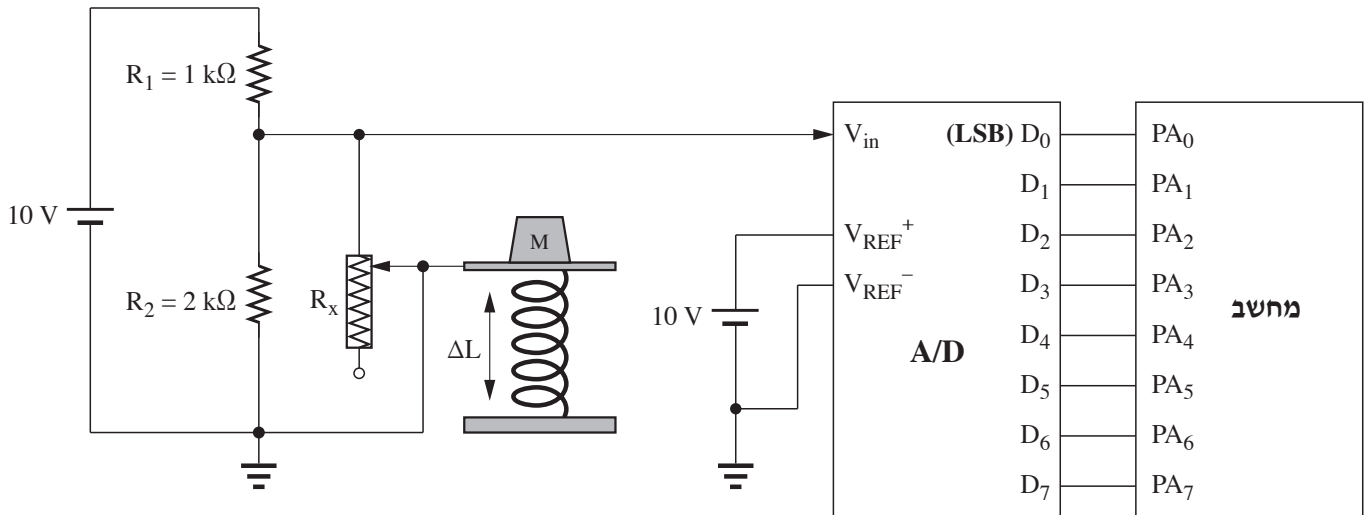
באיור לשאלה 5 נתונה מערכת למדידת מסה. המערכת שומרת את תוצאות המדידה בזיכרון המחשב. המערכת בנויה ממעגל חשמלי הכולל גוד משתנה (זחלן) שמחובר למשקל מסה קפיצי. המסה המונחת על-גבי המשקל גורמת לשינוי באורכו של הקפיץ, ΔL , ועל-ידי כך לתנועה של הזחלן על-גבי הנגד המשתנה R_x . המתח המתפתח על-גבי הזחלן מועבר למערכת המרה של האות מייצוג אנלוגי לייצוג בינארי. המילה הבינארית במוצא הממיר מאוחסנת בזיכרון המחשב.

התנגדות הנגד המשתנה היא **בהתאמה** לכיוון הקפיץ על-פי הנתונים שלהלן:

$$1 \Omega \leq R_x \leq 1000 \Omega$$

$$0 \text{ mm} \leq \Delta L \leq 100 \text{ mm}$$

$$\rho_x = 100 \frac{\Omega}{\text{mm}} \quad (\text{התנגדות ליח' אורך})$$



איור לשאלה 5

- א. (5 נק') הניחו על-גבי המשקל מסה שגרמה להתכווצות הקפיץ באורך של 2.8 ס"מ. מהו הערך של המילה הבינארית ($D_0 \dots D_7$) שיתקבל במוצא הממיר?
- ב. (5 נק') הניחו מסה אחרת על-גבי המשקל הקפיצי, ובמוצא הממיר התקבל הערך המדויק 147 (עשרוני). בכמה מילימטרים התכווץ הקפיץ?
- ג. (10 נק') כתוב פעולה המקבלת כפרמטר מערך של מדידות מסה במספרים ממשיים. הפעולה מוצאת את המסה המינימלית שנמדדה ואת המסה המקסימלית שנמדדה, ומחזירה את הממוצע בין שתי מדידות אלו.
הנח כי רצף המדידות כולל לפחות שתי מדידות.

פרק שלישי (20 נקודות)

ענה על שאלה אחת מבין השאלות 6-7 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 6

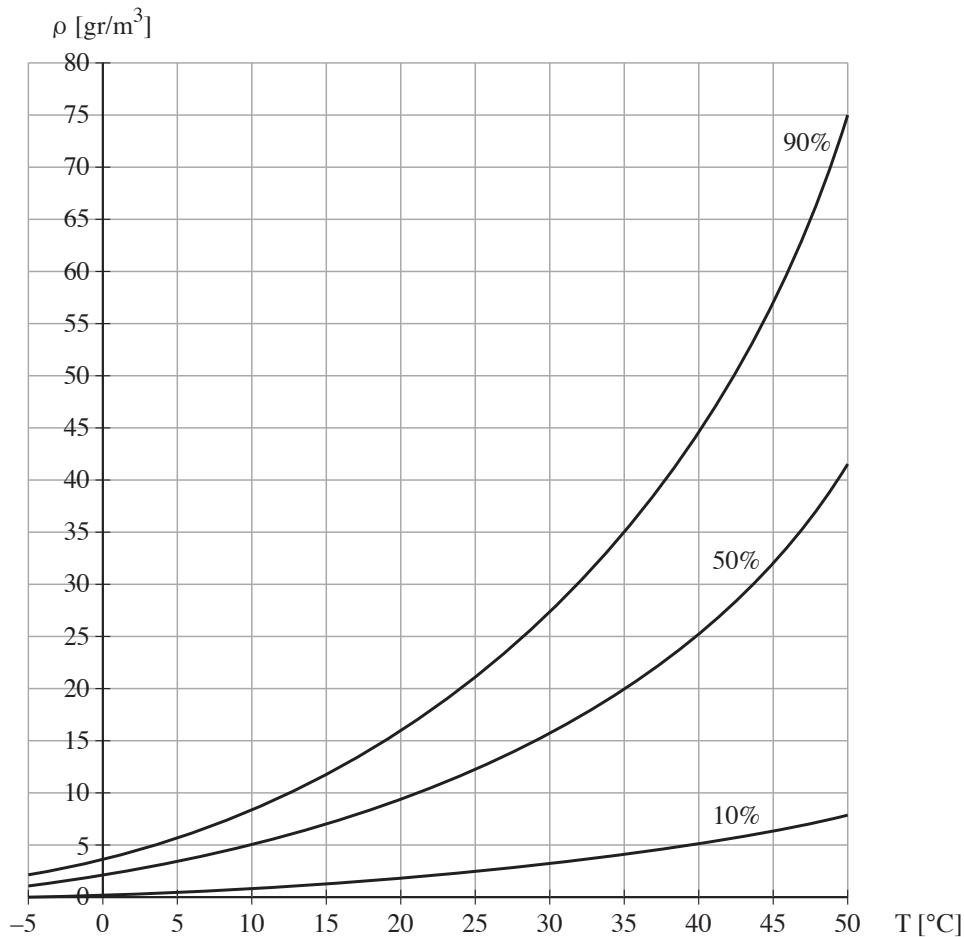
האוויר שמסביבנו מכיל תערובת של גזים שונים, כולל אדי מים. הנח שקיימת לחות (אדי מים) באוויר.

מעל 99% מהאוויר מהווים שני גזים: חנקן (כ-78%) וחמצן (כ-21%).

נגדיר: לחות מוחלטת, ρ , היא המסה של אדי המים בכמות מוגדרת של אוויר או גז אחר. לחות מוחלטת נמדדת בגרמים למטר מעוקב: gr/m^3 .

לחות יחסית היא היחס בין כמות האדים שבאוויר בטמפרטורה נתונה, ובין כמות האדים שאוויר בנפח זה יכול להכיל במצב של רוויה, והיא נמדדת באחוזים. ככל שחס יותר, אוויר יכול להכיל יותר מים.

באוויר לשאלה 6 מוצגים שלושה גרפים של לחות מוחלטת כפונקצייה של הטמפרטורה, בלחות יחסית של 10%, 50%, 90%.



איור לשאלה 6

את שיפוע הגרף ניתן לחשב בהסתמך על שתי נקודות בגרף: $\frac{\Delta \rho}{\Delta T} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_2 - T_1}$.

אפשרות נוספת לחישוב השיפוע היא חישוב הנגזרת $\rho'(t)$ של פונקציית הגרף.

עבור הפונקצייה $f(x) = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ הנגזרת היא: $f'(x) = 3Ax^2 + 2Bx + C$

לדוגמה, עבור הפונקצייה: $f(x) = 2x^3 + 5x^2 + 3x + 10$

הנגזרת היא: $f'(x) = 3 \cdot 2 \cdot x^2 + 2 \cdot 5 \cdot x + 3 = 6x^2 + 10x + 3$

על-פי קירוב מתמטי טוב ניתן לכתוב את הפונקציות המוצגות בגרף כך:

$$\rho_1(T) = 0.00036 \cdot T^3 + 0.003 \cdot T^2 + 0.332 \cdot T + 4.534 \quad : \quad \text{כאשר הלחות היחסית היא } 90\%$$

$$\rho_2(T) = 0.00022 \cdot T^3 + 0.001 \cdot T^2 + 0.186 \cdot T + 2.496 \quad : \quad \text{כאשר הלחות היחסית היא } 50\%$$

$$\rho_3(T) = 0.00004 \cdot T^3 + 0.003 \cdot T^2 + 0.038 \cdot T + 0.490 \quad : \quad \text{כאשר הלחות היחסית היא } 10\%$$

(5 נק') א. כתוב את הביטוי המתמטי של נגזרת הפונקציות $\rho'_1(T)$, $\rho'_2(T)$, $\rho'_3(T)$.

(5 נק') ב. חשב את $\rho'_1(T)$, $\rho'_2(T)$, $\rho'_3(T)$ בטמפרטורה של 20°C .

(5 נק') ג. חשב את $\rho'_1(T)$, $\rho'_2(T)$, $\rho'_3(T)$ בטמפרטורה של 40°C .

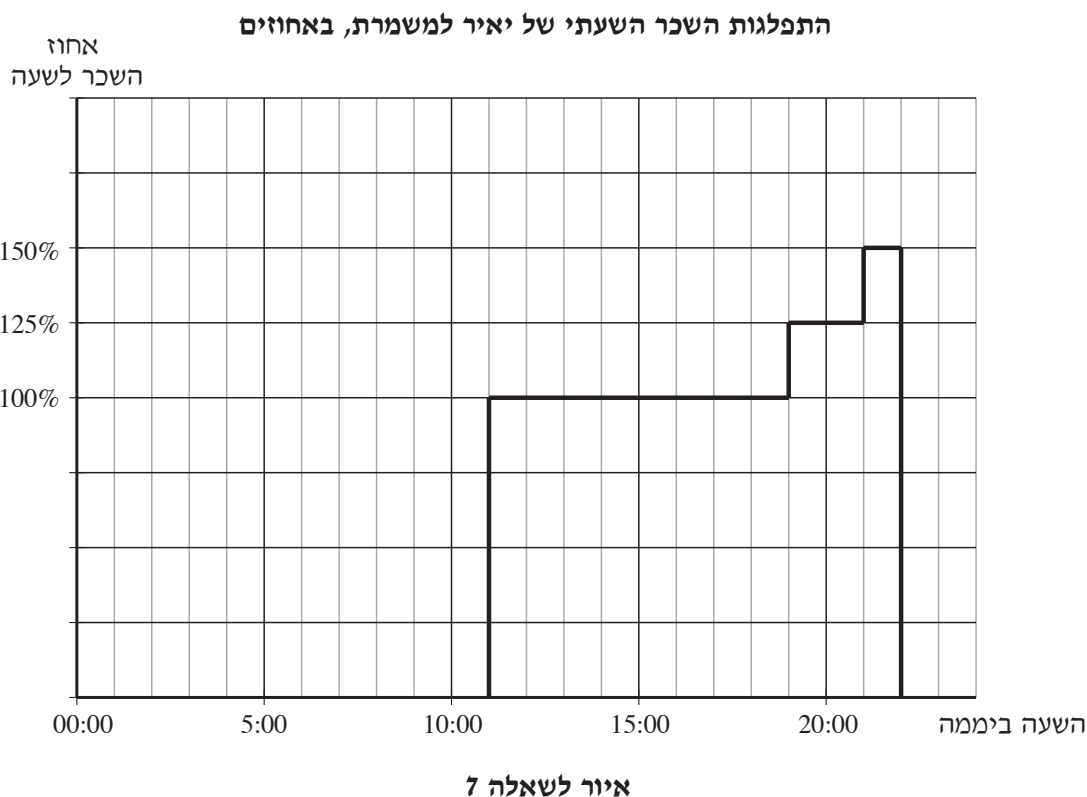
(5 נק') ד. באיזו טמפרטורה הנגזרת $\rho'_1(T)$ שווה ל- $1.5 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$?

שאלה 7

על-פי חוק שעות עבודה ומנוחה (תשי"א – 1951) נקבע כי אורך יום עבודה רגיל, ביום חול, הוא 8 שעות. עבור השעות ה-9 וה-10 של יום העבודה זכאי העובד לתוספת של 25% משכרו הרגיל לשעת עבודה, ועבור השעה ה-11 ואילך זכאי העובד לתוספת של 50% משכרו הרגיל לשעת עבודה. אשר לעבודת לילה, נקבע כי בעבודה ששתי שעות ממנה, לפחות, הן בין 22.00 ל-06.00, אורך יום עבודה הוא 7 שעות. עבור השעות ה-8 וה-9 של יום העבודה זכאי העובד לתוספת של 25% משכרו הרגיל לשעת עבודה, ועבור השעה ה-10 ואילך זכאי העובד לתוספת של 50% משכרו הרגיל לשעת עבודה.

(10 נק') א. יאיר עבד ביום חול מסוים בבית מלון. **ביום חול מסוים** הוא קיבל שכר של 360 ש"ח תמורת עבודתו. באיור לשאלה 7 מוצג גרף אחוז השכר של יאיר בכל אחת משעות עבודתו באותו יום.

1. האם יש משמעות לשטח המסומן מתחת לגרף? אם כן, ציין מהי המשמעות, אם לא – נמק מדוע. (5 נק')
2. חשב את השכר בש"ח לשעת העבודה של יאיר. (5 נק')



(10 נק') ב. ביום אחר הגיע יאיר בשעה 04:00 למשמרת של תשע שעות. מה היה שכרו באותו היום?

פרק רביעי (20 נקודות)

ענה על שאלה 8 – שאלת חובה (20 נקודות).

שאלה 8 – זילמה

הקטע שלהלן עוסק במשבר התחבורה הציבורית. קרא אותו וענה על הסעיפים א'–ד'.

דוח מיוחד של מבקר המדינה, שהתפרסם בשנת 2019, קבע כי המציאות התחבורתית שעימה מתמודדים תושבי ישראל מדי יום ביומו היא קשה. עומסי התנועה בכל בוקר ובכל ערב הם כבדים. התמשכות הנסיעות לעבודה או לעיסוקים השונים ובחזרה נוגסת בזמנם היקר של התושבים, פוגעת בפריון העבודה, גורמת לתלונות צרכנים, מעלה את רמת זיהום האוויר, גורמת למפגעי רעש ומביאה לאי-מיצוי הפוטנציאל של התוצר המקומי הגולמי ושל ההכנסות ממסים.

בנק ישראל, קרן המטבע הבינלאומית וה-OECD קבעו זה מכבר כי הגודש בכבישים הוא הבעיה החמורה ביותר של ישראל ביחס למדינות מפותחות אחרות. על-פי ההערכות של משרד האוצר בשנת 2020, בעשור האחרון שיעור הנזק למשק כתוצאה מהגודש בכבישים עומד על כ-35 מיליארד ש"ח. על-פי הערכות של כלכלנים, נזק זה צפוי לעמוד על כ-35 מיליארד ש"ח בכל עשור.

על-פי נתוני משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, בשנת 2017 לבדה בוצעו 859 מיליון נסיעות בתחבורה הציבורית. 87% מהנסיעות בתחבורה ציבורית נעשו באוטובוסים, והשאר, באמצעים אחרים – כגון רכבות, מוניות-שירות ועוד.

בשנת 2017 תקצבה המדינה את הנסיעות בתחבורה הציבורית בכ-7.4 מיליארד ש"ח, מהם כ-3 מיליארד ש"ח עבור רכבות, 4 מיליארד ש"ח עבור אוטובוסים וכ-400 מיליון ש"ח עבור נתיבי התחבורה הציבורית.

אף על-פי כן, הרוב המכריע של אזרחי ישראל בוחרים להשתמש ברכב הפרטי ולא בתחבורה הציבורית. על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בשנת 2016, פחות מ-20% מכל הנוסעים לעבודה השתמשו בתחבורה הציבורית. ניתוח של בנק ישראל, שפורסם לאחרונה, מעלה כי קיים מתאם חיובי בין המעמד הסוציו-אקונומי ובין השימוש באוטובוסים. המחקר מצביע על אטרקטיביות נמוכה של האוטובוסים עבור עשירי ההכנסה הגבוהים, ואטרקטיביות גבוהה עבור עשירי ההכנסה הנמוכים. עוד מראה המחקר כי הנטייה להשתמש באוטובוסים נמוכה מאוד בקרב בעלי רכב פרטי ובקרב עובדים הזכאים להטבה של אחזקת רכב מטעם המעסיק.

לעומת זאת, הנכונות להשתמש בשירותי הרכבת, כאשר הם זמינים, היא גבוהה גם בקרב בעלי רכב. מכאן, שהשירות באוטובוסים נתפס כשירות של קהל שבוי שאין לו אלטרנטיבה אחרת, אך לא בקרב נוסעי הרכבת – כאשר זו זמינה עבורם.

עוד נמצא כי קרבה אל תחנות הרכבת או האוטובוסים ותדירות שירות גבוהה מגבירות מאוד את סיכויי הבחירה באמצעים אלו, ומקטינות את השימוש ברכב הפרטי. נמצאה גם השפעה מובהקת של משך הנסיעה על הנכונות של משתמשי הרכב הפרטי לעבור לתחבורה הציבורית. ממצאי המחקר מצביעים על כך ששינוי הרגלי הנסיעה והעדפת התחבורה הציבורית מצריך – לצד השקעה בצירי העדפה של תחבורה ציבורית – גם הגברת האמינות, התדירות והנוחות של השירות. בד בבד, נדרש שינוי של ממש באופן שבו נתפס השירות באוטובוסים: מאמצעי תחבורה הנובע מ"חוסר ברירה" לאמצעי תחבורה לגיטימי ואף מועדף בקרב כלל האוכלוסייה.

- א. (5 נק') מהי ההשקעה הממוצעת של המדינה עבור נסיעה באוטובוס בשנת 2017 ?
- ב. (5 נק') ציין **שלושה** גורמים שיכולים להרוויח מן הגודש בכבישים. הסבר ממה נובע הרווח שלהם.
- ג. (5 נק') הצע **שלוש** דרכים אפשריות לצמצם את הגודש בכבישים.
- ד. (5 נק') מהקטע ניתן להבין כי הגודש בכבישים מעלה את רמת זיהום האוויר. כיצד זיהום האוויר גורם לנזק כלכלי למדינה?

בהצלחה!