

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 של הפרק השני, על שאלה אחת מבין השאלות של הפרק השלישי ועל שאלת החובה מן הפרק הרביעי. בסך הכול, עליך לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, ובסך 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 ונִדְא 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).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 13 עמודים

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

פרק ראשון (20 נקודות)

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

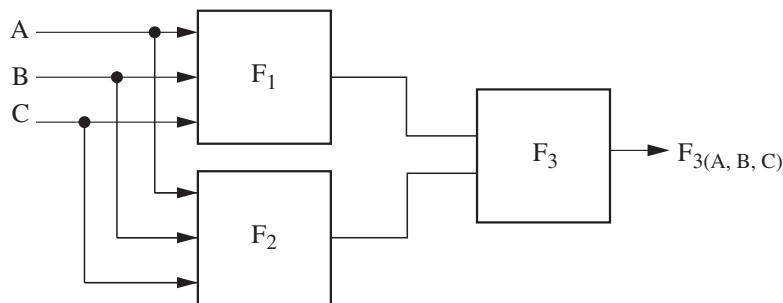
שאלה 1

באיור א' לשאלה 1 נתונה מערכת צירופים:

$$F_1(A, B, C) = A + B \oplus C$$

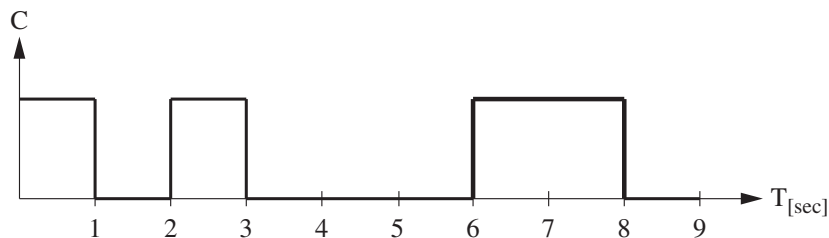
$$F_2(A, B, C) = A + \overline{B} \cdot \overline{C}$$

$$F_3(F_1, F_2) = \overline{F_1} \oplus F_2$$



איור א' לשאלה 1

- א. (5 נק') רשום את טבלת האמת של כל אחת מן הפונקציות F_1, F_2, F_3 .
- ב. (5 נק') רשום ביטוי מצומצם לפונקציית F_3 .
- ג. (5 נק') ממש את הפונקציית F_3 באמצעות שערים לוגיים מסוג NAND בלבד.
- ד. (5 נק') במערכת הצירופים נתון כי $A = '0'$ ו- $B = '1'$. באיור ב' לשאלה 1 מתואר האות במבוא C כפונקציית הזמן.



איור ב' לשאלה 1

העתק למחברתך את האיור, וסרטט מתחתיו, בהתאמה, את האות במוצא המערכת (F_3) כפונקציית הזמן.

שאלה 2

בשעון ספורט מותקן חיישן לזיהוי פעילות (activity), אשר מפיק בכל שנייה מספר המייצג את סוג הפעילות שעושה הספורטאי באותה שנייה. המספרים מוצגים בתחום שבין 0 ל-255. לפניך טבלה שבה מוצגים תחום המדידה וסוג הפעילות.

תחום המדידה	סוג הפעילות
29–0	מנוחה
150–30	רכיבה על אופניים
250–151	סקי
255–251	טיפוס

- א. (4 נק') כמה סיביות (bit) דרושות כדי לייצג סוג פעילות של שנייה אחת? נמק את תשובתך.
- ב. (4 נק') אם נייצג כל תא במערך על-ידי בית (byte) אחד, מה יהיה נפח הזיכרון (בקילובייט) הדרוש כדי לייצג רצף פעילות של שעתיים?
- ג. (6 נק') כתוב פעולה בשם countBikeSec אשר מקבלת כפרמטר מערך של מספרים שלמים באורך כלשהו, כמספר השניות אשר נמדדו. המערך מייצג "רצף" של פעילויות שונות. הפעולה תחזיר את **מספר השניות** שבהן רכב הספורטאי על אופניים, על-פי ההגדרה שלהלן:
- פעילות הנמשכת שנייה אחת לא תיחשב לסוג של פעילות. כדי שרכיבה על אופניים תיחשב לסוג של פעילות, עליה להימשך לפחות 2 שניות רצופות. לדוגמה: עבור המערך [44, 1, 88, 2, 51, 56, 46, 9, 40, 30] הפעולה תחזיר את הערך 5 (ראה הערכים המודגשים). כלומר הספורטאי רכב על האופניים במשך 3 שניות ברצף ועוד 2 שניות ברצף. סך-הכול 5 שניות של רכיבה על אופניים.
- הנח שכל המדידות הן בתחום המוצג בטבלה, אין צורך לבדוק זאת.
- ד. (6 נק') כתוב פעולה בשם getBikePercent אשר מקבלת כפרמטר רצף של פעילויות (מערך של מספרים שלמים), נעזרת בפעולה המתוארת בסעיף ג', ומחזירה את מספר המדידות **באחוזים** (%) שבהן רכב הספורטאי על אופניים: המספר שיוחזר יהיה שלם, בתחום 0–100. למשל, עבור הדוגמה המובאת בסעיף ג', יוחזר הערך 50%.

פרק שני (40 נקודות)

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

שאלה 3 – רב-תחומית

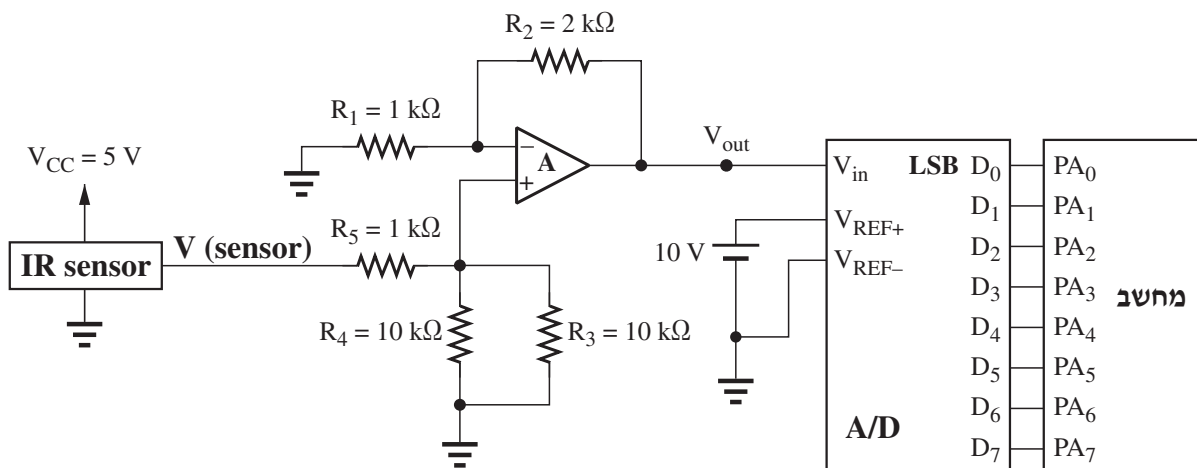
נתון חיישן מרחק אינפרה-אדום המשמש למדידת מרחקים קצרים. עקרון הפעולה של החיישן הוא שידור קרן אור אינפרה-אדומה. החיישן קולט את החזר האור, ובעזרת מדידת זוויות ההחזרה של האור, החיישן מפיץ במוצאו מתח יחסי למרחק הנמדד. החיישן מפיץ מתח ביחידות וולט בהתאם למרחק מן האובייקט. **ככל שהאובייקט רחוק יותר, המתח קטן יותר.**

נתונים:

טווח המרחק הנמדד: 10 cm עד 80 cm

המתח המופק במוצא החיישן **בהתאמה**: 2.6 V עד 0.42 V

החיישן מחובר על-ידי רשת נגדים למגבר שרת אידיאלי. מוצא המגבר (V_{out}) מחובר לממיר אנלוגי לדיגיטלי (A/D). במוצא הממיר מתקבלת מילה בת 8 סיביות, המייצגת את ערך המתח במוצא המעגל; ערך ספרתי זה מוזן למחשב.



איור לשאלה 3

על-פי נתוני היצרן, הקשר המתמטי בין המרחק (בס"מ) למתח במוצא החיישן (בוולט) מבוטא כך:

$$\text{Distance (cm)} = \frac{6787}{\left(\frac{V_{\text{sensor}}}{\frac{5}{1024}} - 3\right)} - 4$$

- א. (4 נק') חשב את הגבר המתח של המעגל, כלומר היחס: $AV = \frac{V_{out}}{V_{sensor}}$
- ב. (4 נק') במוצא ממיר ה-A/D התקבל הערך 128. מהו המרחק שנמדד על-ידי החיישן?
- ג. (6 נק') כתוב פעולה המקבלת כפרמטר ערך ממשי של מתח המוצא, V_{out} , ביחידות וולט, ומחזירה את הערך התואם בס"מ.
- ד. (6 נק') נתון כי החיישן מסוגל למדוד מרחקים בתחום 10–80 ס"מ בלבד. כל מדידה בתחום זה (כולל הקצוות) תיחשב חוקית, ומדידה מחוץ לתחום תיחשב שגויה. כתוב פעולה המקבלת כפרמטר מערך של 60 מדידות מתח, V_{out} . כל מדידה מיוצגת על-ידי מספר שלם. הפעולה תדפיס כפלט את המרחק החוקי **המרב**י אשר נמדד, או הודעת שגיאה (Error) אם אין מרחק חוקי מרבי.

שאלה 4 – רב־תחומית

באיור לשאלה 4 נתונה מערכת המורכבת מטרנזיסטורים מסוג NPN , המתפקדים כמתגים.
להלן נתוני העבודה של טרנזיסטור המשמש כמתג:

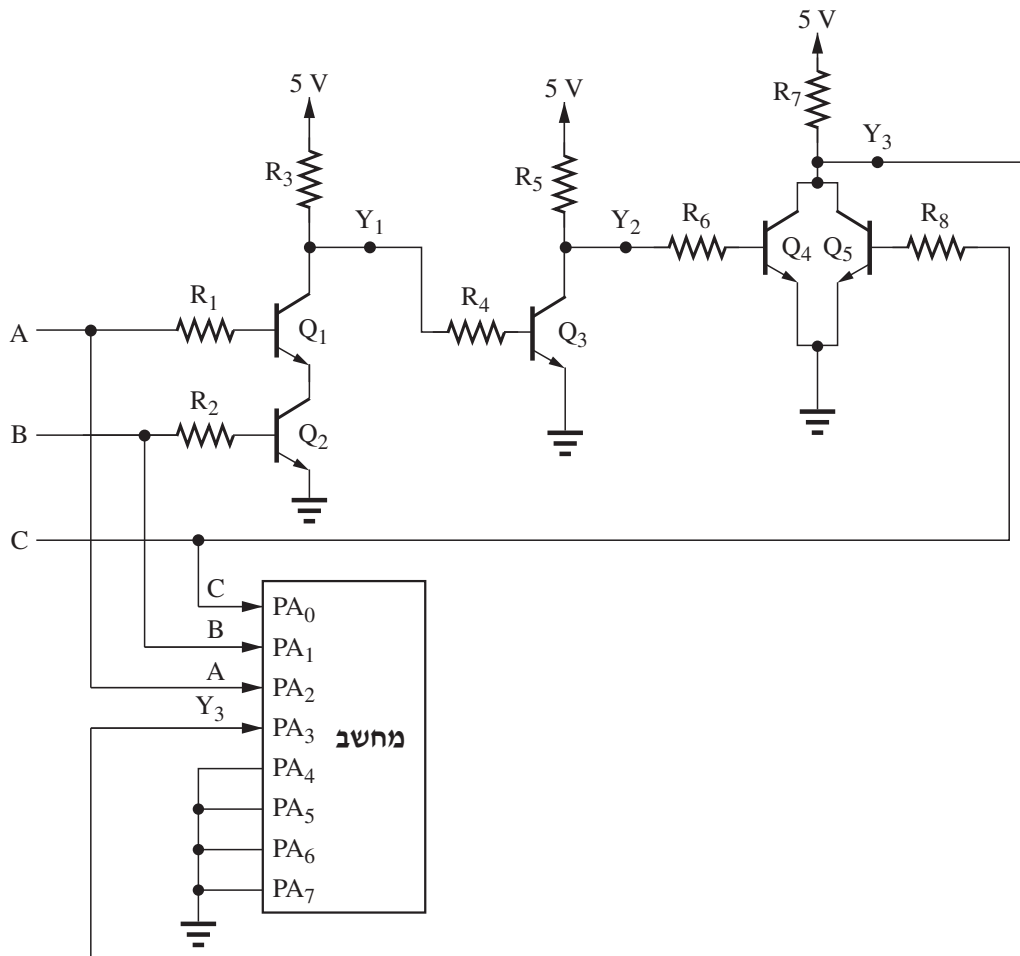
עבור $V_{BE} \geq 0.7 \text{ V}$ – המתג נמצא במצב "ON" (זרם עובר מהקולקטור לאמיטר), $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$,

עבור $V_{BE} < 0.7 \text{ V}$ – המתג נמצא במצב "OFF" (לא עובר זרם מהקולקטור לאמיטר). הטרנזיסטור נמצא במצב נתק.

לכניסת המעגל מחוברים שלושה מבואות, A, B, C , כאשר כל מבוא יכול לקבל את הערך "0" = 0 V או "1" = 5 V .

מוצא המעגל הוא Y_3 וערכיו הם: "1" = 5 V , "0" = 0.2 V .

שלושת המבואות והמוצא מחוברים ככניסות דיגיטליות למחשב, אשר תפקידו לבדוק את תקינות פעולת המערכת ואת יציבותה.



איור לשאלה 4

א. (4 נק') העתק למחברתך את טבלאות האמת שלהלן והשלם אותן:

1.

A	B	Y_1	Y_2
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

2.

Y_2	C	Y_3
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ב. (4 נק') רשום את הפונקציות הלוגיות שלהלן:

1. $Y_1(A, B, C)$

2. $Y_2(A, B, C)$

3. $Y_3(A, B, C)$

ג. (6 נק') כתוב פעולה בשם checkStat שנועדה לבדוק את תקינותה של פעולת המערכת. הפעולה מקבלת ארבעה פרמטרים כמספרים בוליאניים (A, B, C, Y_3) , אשר מייצגים את מבואות המעגל ומוצאו. הפעולה תחזיר "אמת" אם פעולת המערכת תקינה, או "שקר" – אם פעולת המערכת אינה תקינה. תקינות המערכת תיקבע לפי ערכי הפונקציות הלוגיות שרשמת בתשובתך לסעיף ב'.

ד. (6 נק') נגדיר מערכת יציבה כך: מערכת שבה לפחות 80% מן המדידות התקבלו תקינות, בהתאם לפעולה checkStat. כתוב פעולה בשם checkSystem, המקבלת מערך דו-ממדי של מספרים בוליאניים. גודל המערך הוא 100 שורות ו-4 עמודות – כל שורה מייצגת "מדידת מצב" של המערכת ברגע כלשהו. המספרים הבוליאניים הם מצב השערים A, B, C, Y_3 . הפעולה תחזיר "אמת" אם המערכת יציבה, ו"שקר" – אם המערכת אינה יציבה. הנח כי **גודל** המערך תואם את ההגדרה ואין צורך לבדוק זאת.

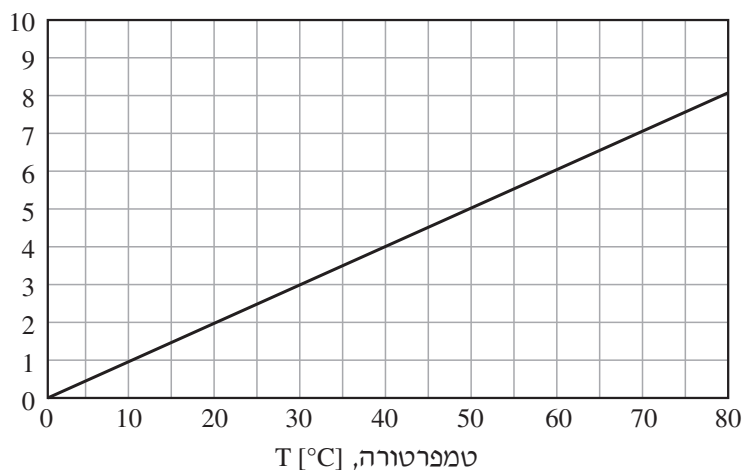
שאלה 5 – רב-תחומית

חיישן מפלס רציף (level sensor) מבוסס על מצוף הנע אנכית בהתאם למפלס הנוזל. שינויים בגובה המצוף, שנוצרים כתוצאה משינויים במפלס הנוזל, משנים את מתח המוצא במעגל החשמלי (V level sensor).
מד המפלס ממיר את שינוי גובה המים בתחום שבין 2 m ו-3 m לשינוי מתח בתחום שבין 0 V ו-10 V, בהתאמה ובאופן ליניארי. **הבקר סוגר את ברז המילוי בגובה של 2.8 m, ופותח אותו בגובה של 2.6 m.**

חיישן טמפרטורה רציף (temp sensor) מודד את טמפרטורת הנוזל. טמפרטורת הנוזל חייבת להישמר בטווח שבין 50°C – 30°C .

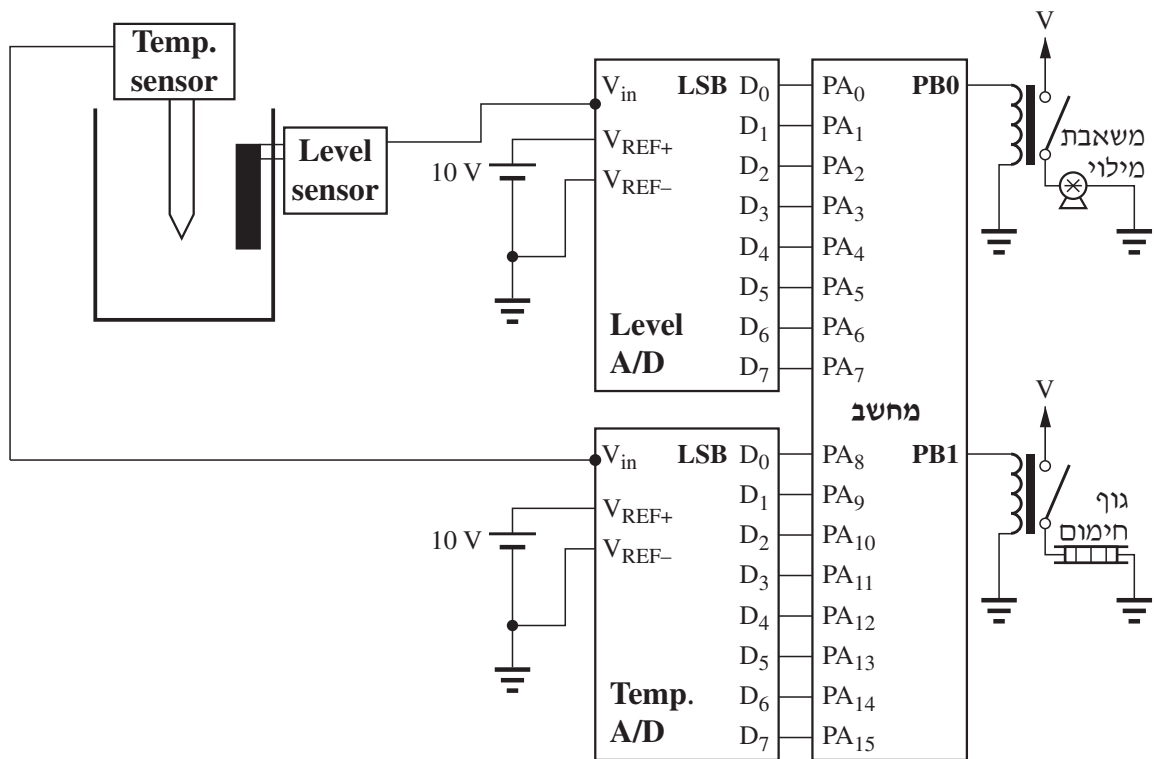
באיור א' לשאלה 5 מתואר האופיין של חיישן הטמפרטורה.

המתח במוצא
החיישן, V [V]



איור א' לשאלה 5

באיור ב' לשאלה מוצגת מערכת המפעילה (באמצעות תוכנה) ממסר, אשר מפעיל משאבת מים למילוי המִכָּל, וממסר נוסף לחימום הנוזל במִכָּל.



איור ב' לשאלה 5

- 4 נק') א. סרטט במחברתך את האופיין של חיישן המפלס.
- 5 נק') ב. חשב את המילה הבינארית במוצא הממיר Level A/D עבור 2.7 m .
- 5 נק') ג. חשב את המילה הבינארית במוצא הממיר Temp A/D עבור 40°C .
- 6 נק') ד. נתונות ארבע "פעולות שליטה" שניתן לזמן אותן:

פתיחה וסגירה של משאבת המילוי \ PumpOpen () , PumpClose ()

הדלקה וכיבוי של מערכת החימום \ HeatingOn () , HeatingOff ()

כתוב פעולה המקבלת כפרמטר מספר שלם PA אשר מייצג את 16 הסיביות (bits) ברגע מסוים.

הפעולה תחשב את מפלס המכל (tankLevel) ואת טמפרטורת הנוזל שבו (tank Temp) , ותדפיס כפלט התרעה במצב שבו המפלס נמוך מ-2.5 מטרים או שטמפרטורת הנוזל יורדת אל מתחת ל-20°C . נוסף על כך, יש לזמן את "פעולת השליטה" בהתאם לצורך.

רמז: כדי להפריד את המספר PA לשני ערכים נפרדים, כדאי להיעזר בפעולת מודולו (%) ובפעולת חילוק פשוטה (/) .

פרק שלישי (20 נקודות)

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

שאלה 6

גזים אידיאליים הם גזים שהמולקולות שלהם נקודתיות ושאינן מגיבות זו עם זו. "משוואת המצב של גז אידיאלי" מתארת

את הקשר בין הנפח, V , הלחץ, P , והטמפרטורה של הגז, T , ומבוטאת כך: $P \cdot V = k \cdot T$

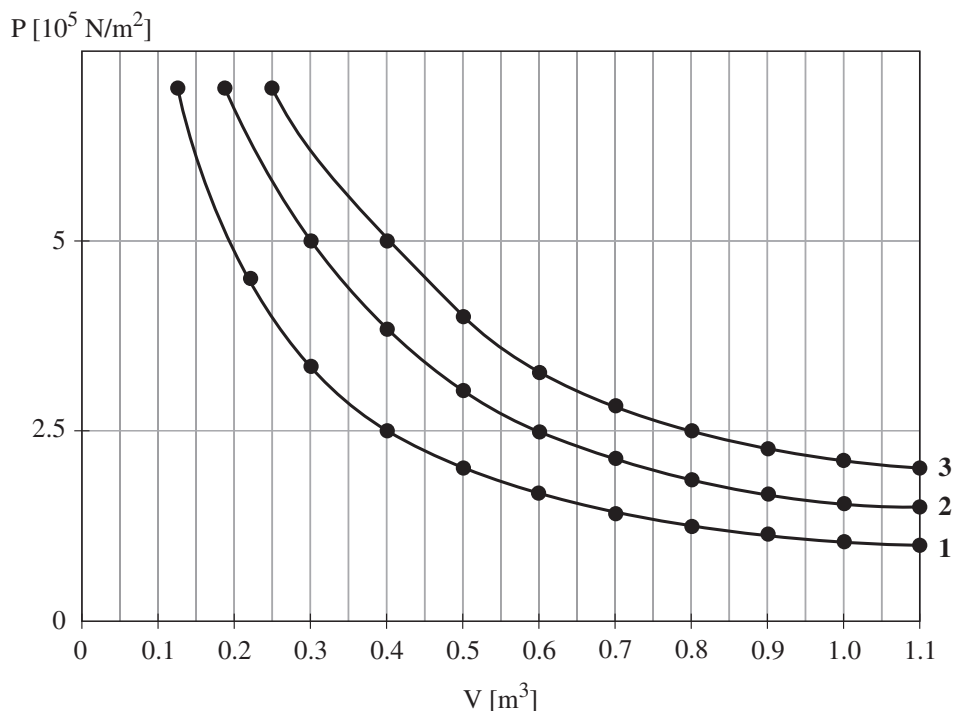
P [N/m²] – לחץ הגז

V [m³] – נפח הגז

T [K] – טמפרטורה של הגז

k – קבוע הגז, התלוי במסת הגז (ביחידות המתאימות)

באיור לשאלה 6 נתונות שלוש עקומות המייצגות את הקשר בין הלחץ ובין הנפח של מסה נתונה של גז אידיאלי בשלוש טמפרטורות קבועות שונות. נתון שהנקודות על-גבי העקומה 2 התקבלו כשהגז היה בטמפרטורה של $T_2 = 300$ K.



איור לשאלה 6

- 5 נק' א. מהו הקשר המתמטי בין הנקודות השונות על-גבי עקומה 2 עבור גז אידיאלי?
5 נק' ב. באמצעות הנתונים שבמשוואה ובאיור, חשב את קבוע הגז, כלול בתשובתך את יחידות המידה המתאימות.
5 נק' ג. מהו הקשר המתמטי בין נפח הגז ובין הטמפרטורה שלו, כאשר לחץ הגז נשאר קבוע?
5 נק' ד. חשב את טמפרטורת הגז, T_1 , ואת טמפרטורת הגז, T_3 .

שאלה 7

הקשר בין המתח V , לזרם I , עבור נגד R מבוטא על-ידי הקשר: $R = V/I$. תלמיד עורך ניסוי כדי לבדוק את הקשר הזה, ומשתמש לצורך כך במעגל חשמלי טורי ובו מקור מתח קבוע V , נגד משתנה R , נגד קבוע R_1 ומד זרם. התלמיד משנה את ההתנגדות של הנגד R ומודד את הזרם.

- 3 נק' א. הוכח את הקשר $\frac{1}{I} = \frac{R}{V} + \frac{R_1}{V}$, המצביע על הזרם במעגל כתלות במתח המקור ובהתנגדויות.
4 נק' ב. לפניך תוצאות הניסוי שערך התלמיד:

זרם I (A)	התנגדות R (Ω)
$\frac{1}{3}$	10
$\frac{1}{4}$	20
$\frac{1}{5}$	30
$\frac{1}{6}$	40
$\frac{1}{7}$	50
$\frac{1}{8}$	60

העתק את הטבלה למחברתך, והוסף עמודה למשתנה חדש, כך שניתן יהיה לסרטט גרף של הפונקצייה שניתנה בסעיף א'. חשב את הערכים של המשתנה והוסף אותם לטבלה.

- 4 נק' ג. סרטט גרף המתאר את הקשר שהוצג בסעיף א' על-פי נתוני הטבלה שהשלמת בסעיף ב'.
3 נק' ד. 1. מה המשמעות של נקודת החיתוך עם הציר האנכי?
2. מה המשמעות של שיפוע הגרף?
3 נק' ה. חשב לפי הגרף את מתח המקור ואת ערך ההתנגדות של הנגד הקבוע R_1 .
3 נק' ו. מגדילים את מתח המקור פי שניים.
1. חשב את נקודת החיתוך עם הציר האנכי
2. חשב את שיפוע הגרף.

פרק רביעי (20 נקודות)

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

שאלה 8 – צריכת מזון חכמה

שליש מן המזון בעולם מושלך לפח אף על-פי ששיעור גדול ממנו עדיין ראוי למאכל. חלק ניכר מן המזון הזה מושלך על-ידי מרכולים ורשתות מזון. המזון האבוד שלנו מגיע אל האשפה בשלבים שונים של שרשרת הייצור: השינוע, האספקה והמכירה, וגם בשלב האחרון בשרשרת – אצל הצרכן. לפי הערכות, אנחנו משליכים לאשפה מידי שנה 1.3 מיליארד טונות של מזון (1.3×10^{12} kg).

כאשר חושבים על מספרם הגדול של האנשים בעולם שסובלים מעוני ומחרפת רעב, קשה שלא להתקומם ולחוש שאנחנו פועלים לא נכון. כל אחד מאיתנו יכול לפעול כדי לצמצם את כמות המזון הפרטית שלו המושלך לאשפה. אפשר לקנות באופן מחושב יותר ולהתבסס על רשימות קנייה, להימנע מלהתפתות למבצעים מסוג "שלושה במחיר אחד" אם לא בטוחים שנספיק לצרוך אותם בזמן, ולנצל את שאריות המזון שלנו על-ידי הכנת ארוחה מהן.

אבל מה אפשר לעשות עם הבזבוז העצום שאינו בשליטתנו – למשל, זה שנגרם על-ידי רשתות המזון והמרכולים?

ישנן מדינות שבהן חל שינוי לטובה בתחום הצלת המזון. באוסטרליה, למשל, ארגון צדקה מכין מידי יום ביומו 5,000 ארוחות לנזקקים. אין מדובר בפעילות רגילה של בית תמחוי, אלא בבישול ארוחות בידי שפים מקצועיים, שמצליחים להפוך גם מצרכים פשוטים לארוחות גורמה מזינות ומענגות. הארוחות הללו הוכנו ממזון שהצילו ברגע האחרון מפח האשפה. המזון הזה נתרם מידי יום לארגון, בעיקר על-ידי רשתות מזון שנאלצות להיפטר מבעוד מועד ממזון שתאריך התפוגה שלו קרוב, מפירות וירקות שלא נמכרו במשך כמה ימים או ממוצרים שאריזתם פגומה מעט ולכן אינם נמכרים לצרכנים. כל אלה היו מושלכים לאשפה ונכללים בסטטיסטיקה המבהילה של כמויות המזון המבזבז לשווא. על-פי ההערכות, מחצית מן המזון הזה יכול להיות מנוצל למאכל.

חוץ מן היוזמה מחממת הלב של ארגון הצדקה האוסטרלי, שנעזר ברשתות המזון לתרומות, ומיטיב עם הנזקקים וגם מסייע בניצול מזון מבזבז משווע, ישנן מדינות נוספות שהצליחו למצוא פתרונות לנושא.

למשל, צ'כיה הכריזה בשנת 2018 על חקיקה שלפיה מרכולים ששטחם עולה על 400 מטר רבועים יחויבו לתרום לארגונים נזקקים מזון הראוי לאכילה אשר מיועד להיזרק לאשפה. יש לציין, שגם לפני כניסת החוק לתוקף מרכולים מסוימים בצ'כיה נהגו כך מיוזמתם, וכך בשנת 2017 חולקו כ-1,900 טונות של מזון מן המרכולים במדינה ומצאו את דרכם לכ-70 אלף נזקקים. מעריכים כי החוק החדש יגדיל פי חמישה את המזון שלא יושלך לאשפה.

בצרפת, חוקק כבר בשנת 2016, חוק האוסר על מרכולים להשליך מזון שהוא עדיין טוב לצריכה, ואם יעשו כן הם צפויים לקנס כספי. החוק אושר פה אחד והוא מעיד על החשיבות שצרפת מייחסת לנושא של בזבוז המזון. בדנמרק מצאו פתרון יצירתי – בתחילת שנת 2016 הוקם המרכול הראשון שלא למטרות רווח, אשר נועד למכור במחיר מוזל (בהנחות של 30–50 אחוזים) מזון שתוקפו פג או שעומד לפוג, או עם פגם באריזה.

גם בישראל הנושא של אובדן מזון ראוי למחשבה. ישראל נמצאת במקום השני והלא-מחמיא בין מדינות ה-OECD באובדן המזון – לא פחות ממחצית מן המזון הראוי למאכל מושלך בסופו של דבר לאשפה. אף שעדיין לא חוקק חוק בנושא, המודעת לכך גוברת והולכת.

אחת היוזמות שתורמות לשינוי המודעות ננקטה על-ידי ארגון שריכוז תחתיו למעלה מ-40 ארגונים ופועל בשיתוף עם בתי עסק מכל הארץ, מוסדות אקדמיים ומשרדי ממשלה. הארגון פועל מול רשתות המזון הקמעונאיות בארץ כדי לצמצם את כמויות המזון שהן משליכות לאשפה מידי יום ביומו.

הארגון גם מעוניין ליצור מוטיבציה בקרב הציבור לקנות פירות וירקות "מיוחדים" שרובם מושלכים כיום לאשפה. לא מדובר בסחורה פגומה או מסוג ב', אלא בפירות וירקות שאיכותם מצוינת אבל בעלי מראה שונה מזה שאנו רגילים לו. במצב הקיים, רשתות המזון אינן רוכשות אותם כלל מן החקלאים בטענה כי הציבור אינו קונה אותם. לאחרונה נעשה מאמץ להביא את הפירות והירקות האלה לרשתות המזון כדי שיקנו אותם במקום שיושלכו לאשפה כבר על-ידי החקלאים.

(5 נק') א. על-פי הקטע – ציין **שלוש** סיבות להשלכת מזון לאשפה.

(5 נק') ב. על-פי הקטע – חשב את ייצור המזון העולמי לשנה ואת צריכת המזון היומית הממוצעת לאדם אם אוכלוסיית העולם מונה 7.6×10^9 נפש.

(5 נק') ג. על-פי הקטע – ציין **שלוש** דרכים לצמצום כמויות המזון המושלך לאשפה.

(5 נק') ד. מהי לדעתך הדרך הרצויה לצמצם את כמויות המזון המושלך לאשפה בישראל – קמפיין ציבורי רחב או חקיקת חוקים? נמק את עמדתך על-פי הקטע. הצג **גם** טיעון אפשרי **אחד** התומך בעמדה המנוגדת לעמדתך.

בהצלחה!