

מדעי ההנדסה

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

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

עליכם 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, עליכם לענות על חמש שאלות. לכל שאלה – 20 נקודות, בסך הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, כל חומר עזר כתוב על נייר.

ד. הוראות מיוחדות:

- ענו על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, על-פי סדר כתיבתן במחברת, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- בטרם תתחילו לענות על השאלות, קראו אותן בעיון וודאו שההנחיות בדף זה מובנות לכם היטב.
- בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה או בסרטוט, הוסיפו אותו על-פי שיקול דעתכם. ציינו בתשובה את הנתון שהוספתם.
- אין להעביר את חומר העזר בין הנבחנים.
- ענו על השאלות על-פי הסדר הנראה לכם.
- בתשובה על שאלה חשובות, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסביר בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

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

בשאלון זה 13 עמודים

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

בהצלחה!

פרק ראשון (20 נקודות)

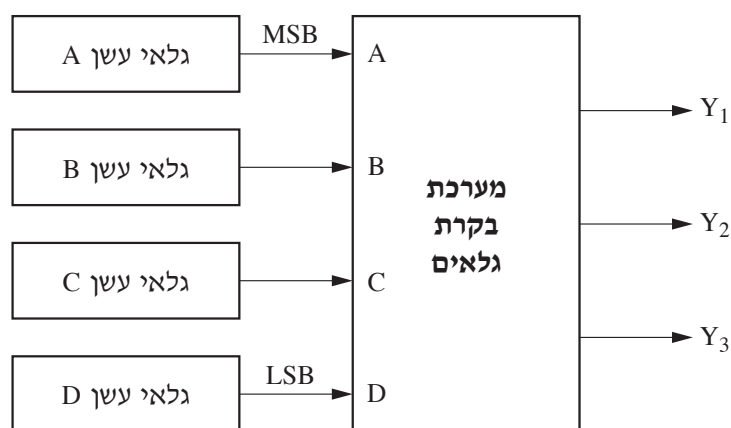
ענו על אחת מבין השאלות 1-2 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונה מערכת בקרת גלאים לבקרת אש בבניין משרדים. מטרת המערכת היא להפנות צוותי כיבוי בהתאם למספר ההתראות המופעלות.

כל גלאי המזהה עשן פועל בצורה הבאה:

- קיים זיהוי עשן - מוצא גלאי העשן = '1'.
- לא קיים זיהוי עשן - מוצא גלאי העשן = '0'.



איור לשאלה 1

מוצאי מערכת בקרת הגלאים מוגדרים על פי החוקיות הבאה:

כאשר מופעלת התראה בפחות משני גלאי עשן אזי $Y_1 = '1'$, אחרת $Y_1 = '0'$.

כאשר מופעלת התראה בדיוק בשני גלאי עשן אזי $Y_2 = '1'$, אחרת $Y_2 = '0'$.

כאשר מופעלת התראה ביותר משני גלאי עשן אזי $Y_3 = '1'$, אחרת $Y_3 = '0'$.

7. (7 נק') א. כתבו את טבלת האמת עבור המוצאים Y_1, Y_2, Y_3 כתלות במבואות A, B, C, D.

7. (7 נק') ב. כתבו את הפונקצייה הלוגית עבור המוצא Y_3 כתלות במבואות A, B, C, D.

6. (6 נק') ג. סרטטו את מימוש הפונקצייה של המוצא Y_3 באמצעות שערים לוגיים.

שאלה 2

"מספר מאוזן ברשימה" הוא איבר ברשימת מספרים שלמים (LIST בשפת פייתון), שערכו הוא הסכום ו/או המכפלה של המספר שלפניו והמספר שאחרי. המספר הראשון ברשימה והמספר האחרון ברשימה אינם יכולים להיות "מספר מאוזן ברשימה", בשל מיקומם.

(7 נק') א. כתבו פונקציית `isBalanced` אשר מקבלת שני פרמטרים: רשימה `L`, ומספר חיובי שלם `K`. הפונקציית תחזיר `True` אם האיבר במיקום `K` הוא מספר מאוזן ברשימה `L`, ותחזיר `False` בכל מקרה אחר ובפרט אם `K` אינו מייצג מיקום חוקי ברשימה.

לדוגמה:

<code>isBalanced([2,5,3,7,43], 2) → False</code>	<code>isBalanced([2,5,3,7,43], 1) → True</code>
<code>isBalanced([2,4,3,7,43], 9) → False</code>	<code>isBalanced([-2,-6,3,7,43], 1) → True</code>
<code>isBalanced([0,0], 1) → False</code>	<code>isBalanced([0,0,0], 1) → True</code>

(7 נק') ב. כתבו פונקציית אשר מקבלת רשימה `L` באורך לא ידוע (כולל רשימה ריקה). הפונקציית תחזיר `True` אם קיימים בדיוק שני מספרים מאוזנים ברשימה ותחזיר `False` בכל מקרה אחר. למשל אם קיימים פחות או יותר משני איברים מאוזנים ברשימה, יש לזמן את הפונקציית שכתבתם בסעיף הקודם.

(6 נק') ג. סעיף זה אינו קשור לשני הסעיפים הקודמים.

הגדירו מחלקה בשם `Car` המייצגת מכונית. המחלקה מכילה את התכונות הבאות:

- `price`: מספר שלם, המייצג את מחיר המכונית.

- `year`: מספר שלם, המייצג את שנת ייצור המכונית.

בנוסף המחלקה תכלול:

- מתודה בונה (`_init_`) אשר תקבל כפרמטרים שני נתונים (`price, year`), ותאתחל את שתי התכונות.

- מתודה בשם `getAge`, שתקבל את השנה הנוכחית, ותחזיר את גיל המכונית. להלן כותרת המתודה:
`def getAge(yearToday)`

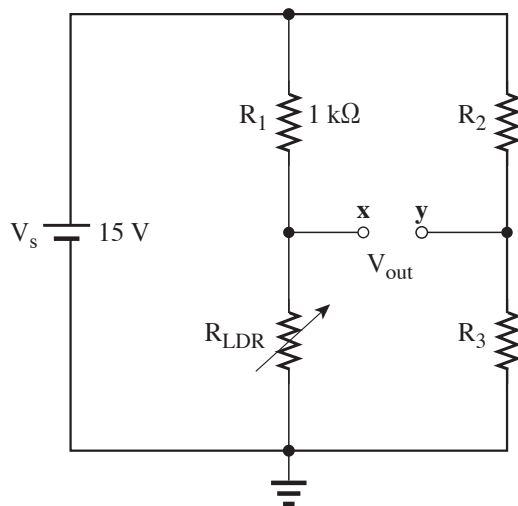
- פונקציית בתוכנית הראשית (מחוץ למחלקה) שתקבל שתי מכוניות, ותחזיר את שנת הייצור של המכונית היקרה מביניהן (הניחו ששתי המכוניות לא יוצרו באותה שנה).

פרק שני (40 נקודות)

ענו על שתיים מבין השאלות 3–5 (לכל שאלה – 20 נקודות).

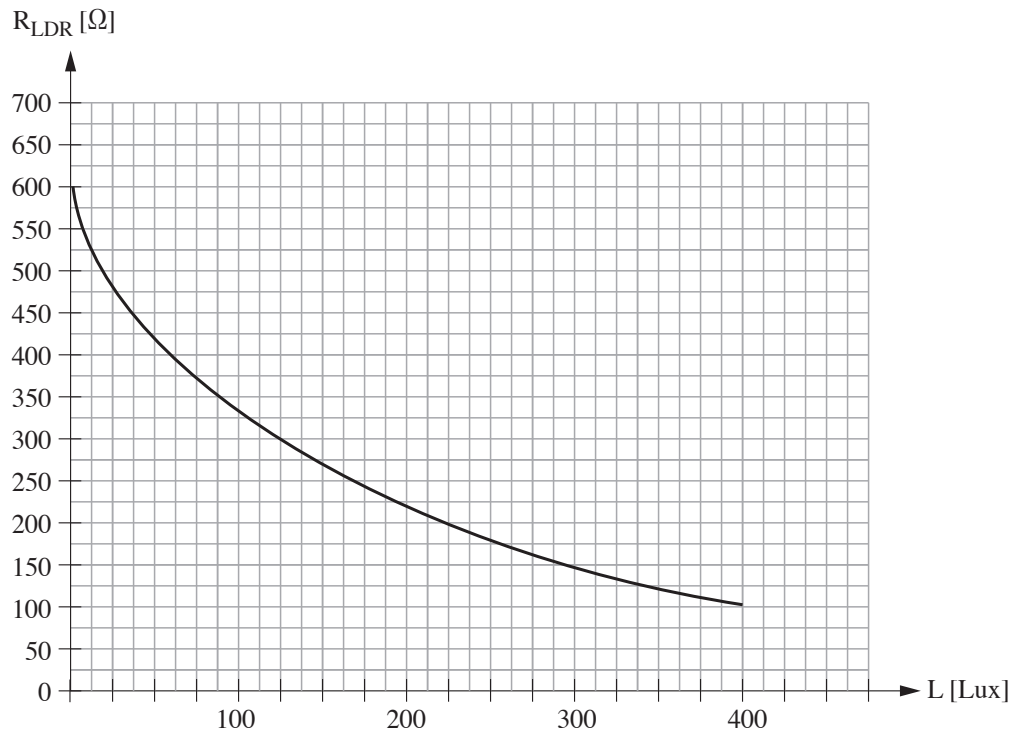
שאלה 3

באיור א' לשאלה 3 מתואר מעגל חישה חשמלי המורכב מחיישן אור LDR המשולב בגשר ויטסטון. LDR (Light Dependent Resistor) הוא נגד הרגיש לאור. כלומר, התנגדותו של הנגד R_{LDR} תלויה בעוצמת האור המוקרנת.



איור א' לשאלה 3

באיור ב' לשאלה מתואר אופיין של התנגדות חיישן ה-LDR כפונקצייה של עוצמת האור (ביחידות Lux).



איור ב' לשאלה 3

כאשר רמת המתח על החיישן (R_{LDR}) היא 5 וולט, הגשר נמצא במצב מאוזן, כלומר $V_{xy} = V_{out} = 0$ V.

(4 נק') א. הגשר במצב מאוזן. חשבו את התנגדותו של החיישן (R_{LDR}).

(4 נק') ב. תכננו את שני הנגדים, R_2 ו- R_3 שבמעגל, כך שהגשר יהיה במצב מאוזן.

(5 נק') ג. החיישן מותקן על מערכת תאורה הנדלקת כאשר יורדת החשיכה ונכבית באור יום.

1. חשבו את עוצמת הזרם הזורם דרך החיישן בחשיכה (0 Lux).

2. חשבו את עוצמת הזרם הזורם דרך החיישן כאשר עוצמת האור המוקרנת היא 400 Lux.

(7 נק') ד. נתונה פונקצייה אשר מקבלת כפרמטר את עוצמת האור ביחידות Lux, ומחזירה את התנגדות החיישן, R_{LDR} .

להלן כותרת הפונקצייה: $\text{def calcR}_{LDR}(\text{Lux})$

כתבו פונקצייה אשר תדפיס את עוצמת הזרם הזורם דרך החיישן עבור ערכי Lux שונים בטווח של 0 עד 400

Lux, בקפיצות של 25 Lux. יש לזמן את הפונקצייה calcR_{LDR} , ואין צורך לכתוב אותה.

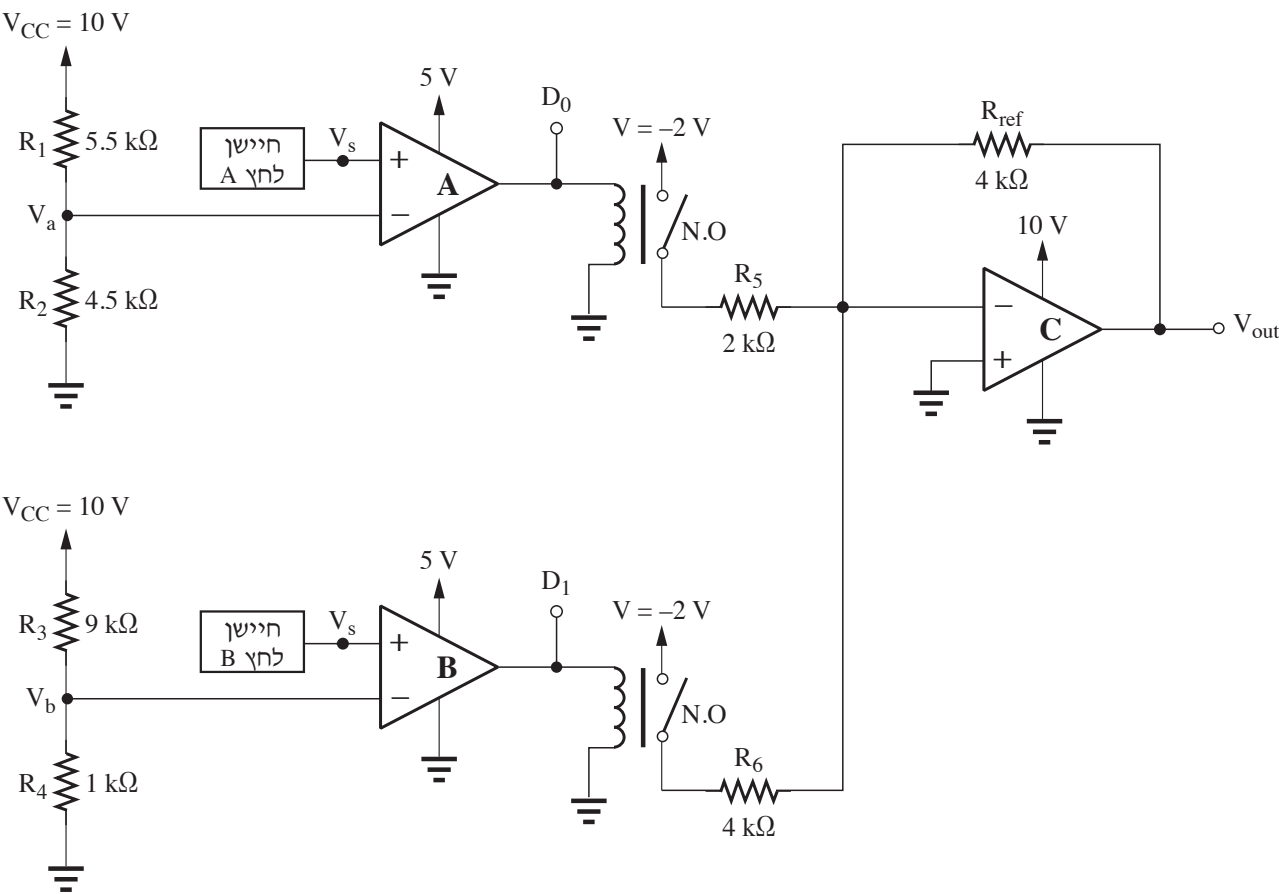
שאלה 4

באיור א' לשאלה 4 מתואר תרשים נתיבים, שבכל נתיב מתוקנת מערכת לספירת כלי רכב באמצעות חיישני לחץ. בנתיב הראשון נעות מכוניות בלבד, ובנתיב השני נעים אופנועים בלבד.

נתיב #1	חיישן לחץ	נתיב למכוניות בלבד
נתיב #2	חיישן לחץ	נתיב לאופנועים בלבד

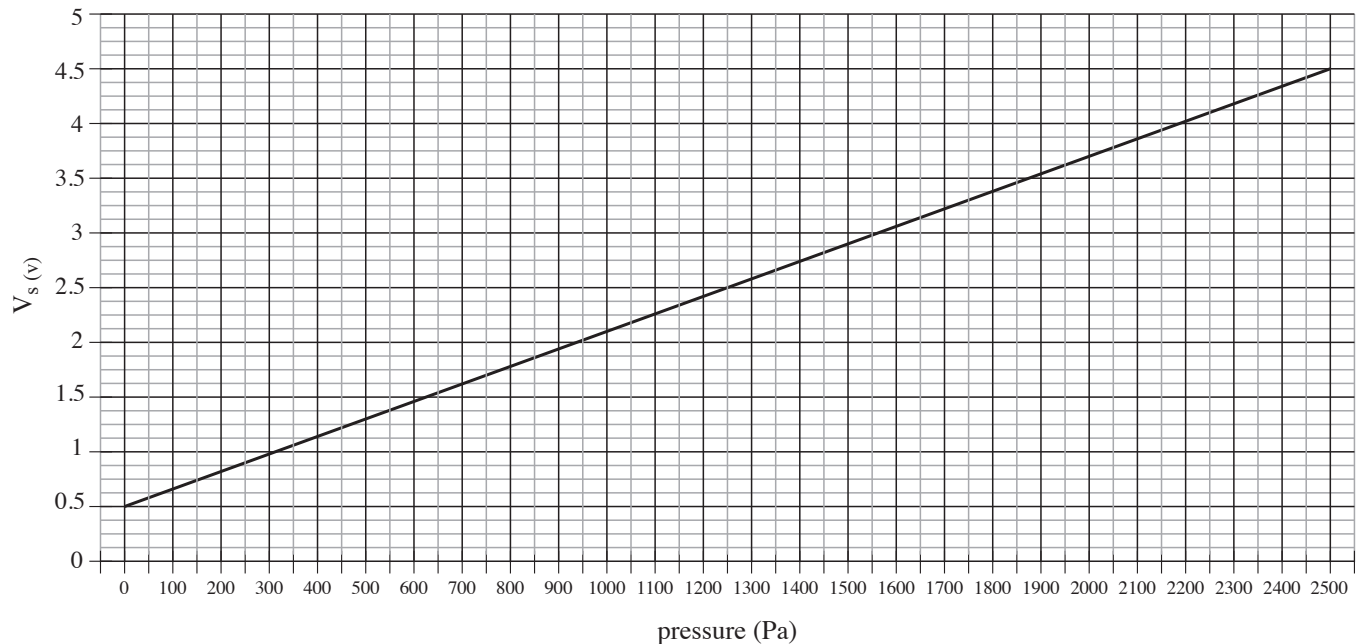
איור א' לשאלה 4

באיור ב' לשאלה 4 מתוארת מערכת אלקטרונית הבנויה מחיישני לחץ, נגדים ומגברי שרת בתצורות שונות.



איור ב' לשאלה 4

באיור ג' לשאלה נתון גרף המתאר את מתח המוצא של חיישן הלחץ (V_s) כתלות בלחץ המופעל עליו.



איור ג' לשאלה 4

סעיפים א'-ג' מתייחסים לנתון שלהלן:

בנקודת זמן זו כלי רכב אחד בלבד (מכונית או אופנוע) חולף על פני החיישן.

4 נק' א. איזה חיישן לחץ (A או B) מוצב בנתיב האופנועים, ומהו ערך סף הלחץ של חיישן זה?

4 נק' ב. איזה חיישן לחץ (A או B) מוצב בנתיב המכוניות, ומהו ערך סף הלחץ של חיישן זה?

5 נק' ג. חשבו את ערכו של מתח המוצא V_{out} במקרים הבאים:

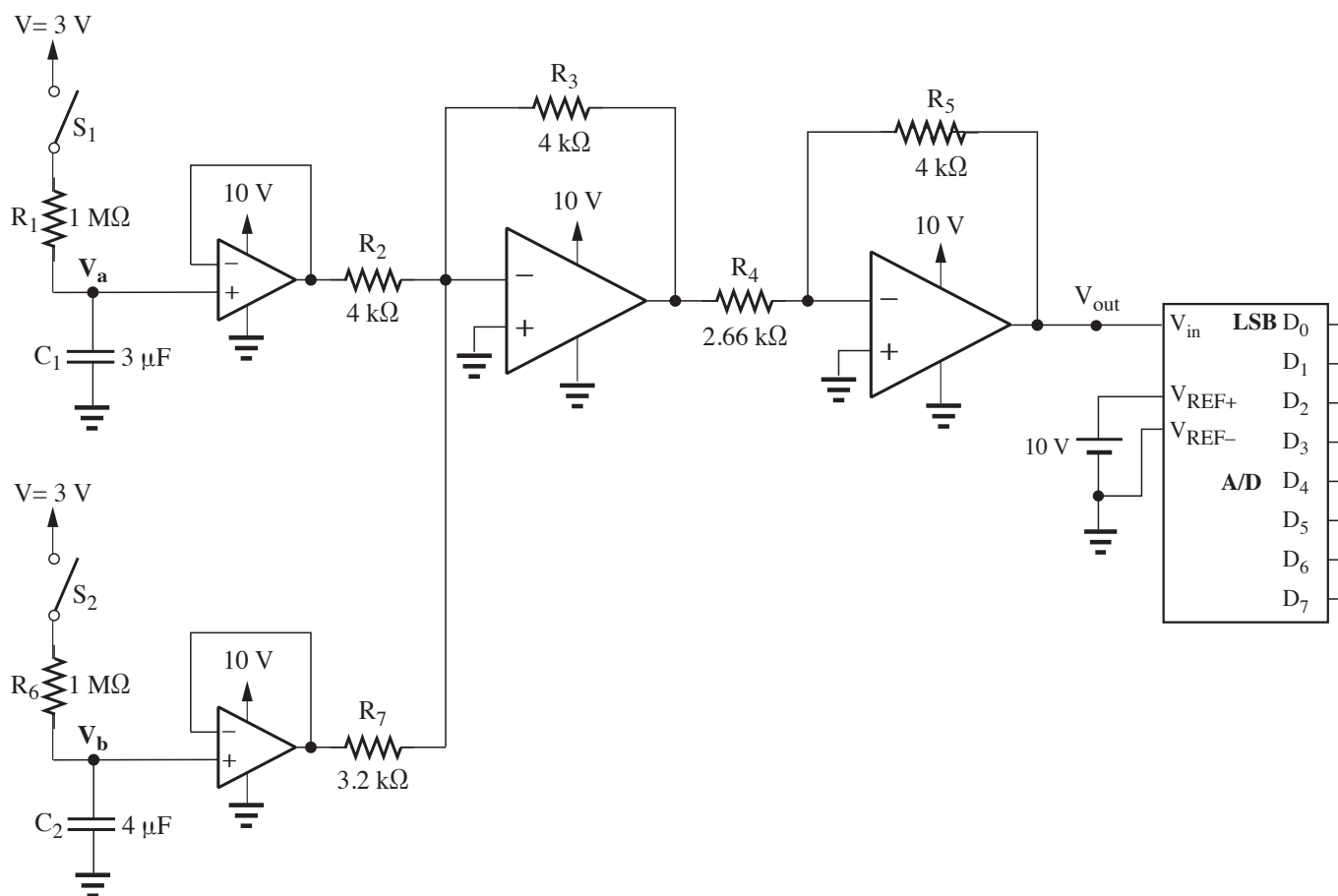
1. במקרה שחולף אופנוע בנתיב, **ללא תנועה** בנתיב השני.

2. במקרה שחולפים אופנוע ומכונית **בו זמנית** בנתיבים שלהם.

7 נק' ד. מוצא מגבר A (D_0) ומוצא מגבר B (D_1) נשמרים במערכת ממוחשבת. המחשב שבו נשמרים המוצאים דוגם את הכניסות למגברים כל שתי שניות ושומר את הדגימות בשתי רשימות, A ו-B. כתבו פונקצייה אשר מקבלת את הרשימות השמורות, ומחשבת ומדפיסה את כמות כלי הרכב (מכוניות ואופנועים) שחלפו בכל נתיב במשך השעה הראשונה (הניחו כי חלפה לפחות שעה).

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתוארת מערכת המורכבת ממגברי שרת אידאליים, ממיר A/D, ורכיבים נוספים.



איור לשאלה 5

- א. (4 נק') כתבו ביטוי לפונקציית התמסורת, V_{out} , כפונקצייה של V_a ו- V_b .
- ב. (6 נק') בזמן $t = 0$ סוגרים את המפסק S_1 . מה תהיה המילה במוצא ה-A/D בזמן $t = 15 \text{ sec}$?
- ג. (5 נק') ברגע $t = 16 \text{ sec}$ נסגר גם המפסק S_2 . מה תהיה המילה במוצא ה-A/D בזמן $t = 18.8 \text{ sec}$?
- ד. (5 נק') בזמן $t = 0$ שני המפסקים: S_1 ו- S_2 נסגרים. כתבו פונקצייה אשר מקבלת כפרמטר את הזמן בשניות שעבר מרגע $t = 0$, מחשבת את מתח המוצא, V_{out} , ומחזירה אותו כמספר עשרוני.

פרק שלישי (20 נקודות)

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

שאלה 6

אנרגיית פוטנציאלית כובדית (אנרגיית גובה) ניתנת על ידי הנוסחה הזאת:

$$E_h = mgh$$

כאשר:

E_h [J] היא אנרגיית הגובה, בג'ול.

m [kg] היא המסה בק"ג.

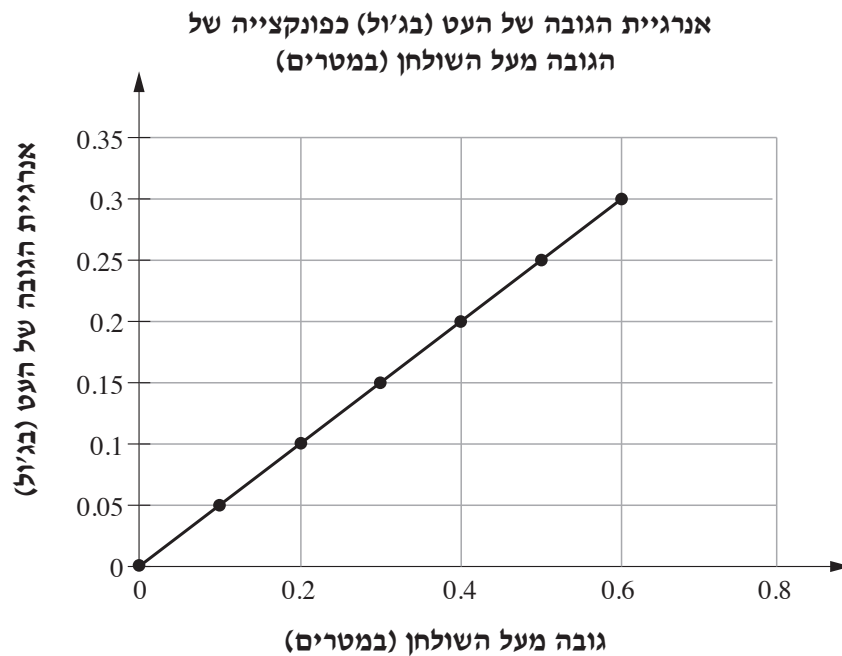
g $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ היא תאוצת הכובד, כ- $10 \frac{m}{s^2}$ בכדור הארץ.

h [m] הוא הגובה מעל מישור הייחוס במטרים.

כל סעיפי השאלה מתייחסים להתרחשויות בכדור הארץ.

תלמידים ערכו ניסוי. הם עזבו עט בגבהים שונים, העט נפל על פני השולחן, והם חישבו את אנרגיית הגובה של העט. השולחן הוא מישור הייחוס, והעט נפל עליו.

באיור לשאלה 6 נתון גרף המתאר את תוצאות הניסוי שערכו התלמידים.



איור לשאלה 6

5 נק' א. מה מייצג השיפוע של הגרף?

5 נק' ב. חשבו את המסה של העט.

אנרגיית התנועה של גוף נתונה בנוסחה שלפניהם:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

כאשר:

E_k [J] היא אנרגיית התנועה, בג'ול.

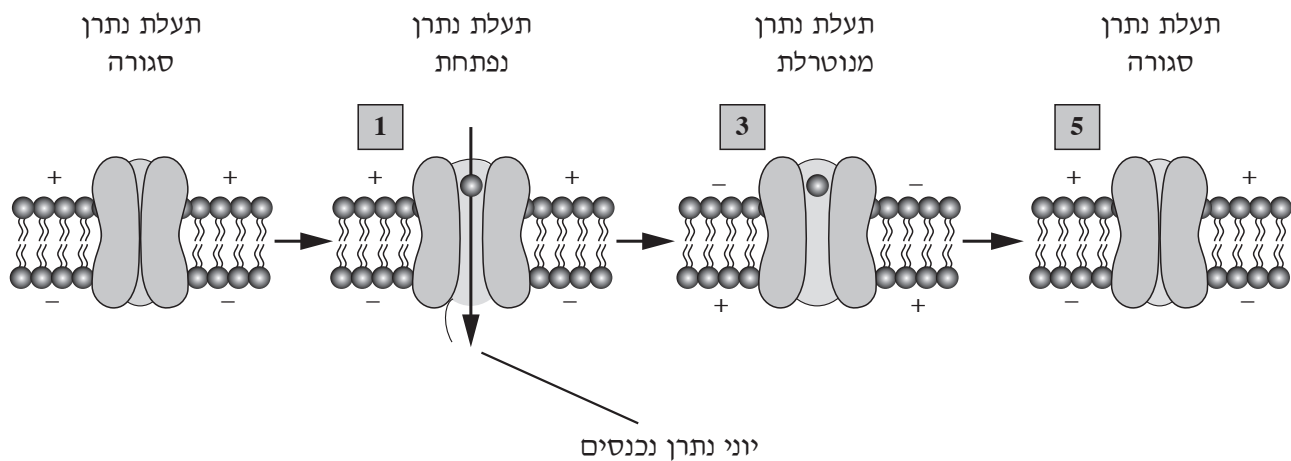
m [kg] היא המסה, בק"ג.

V $\left[\frac{m}{s}\right]$ היא המהירות, במטר/שנייה.

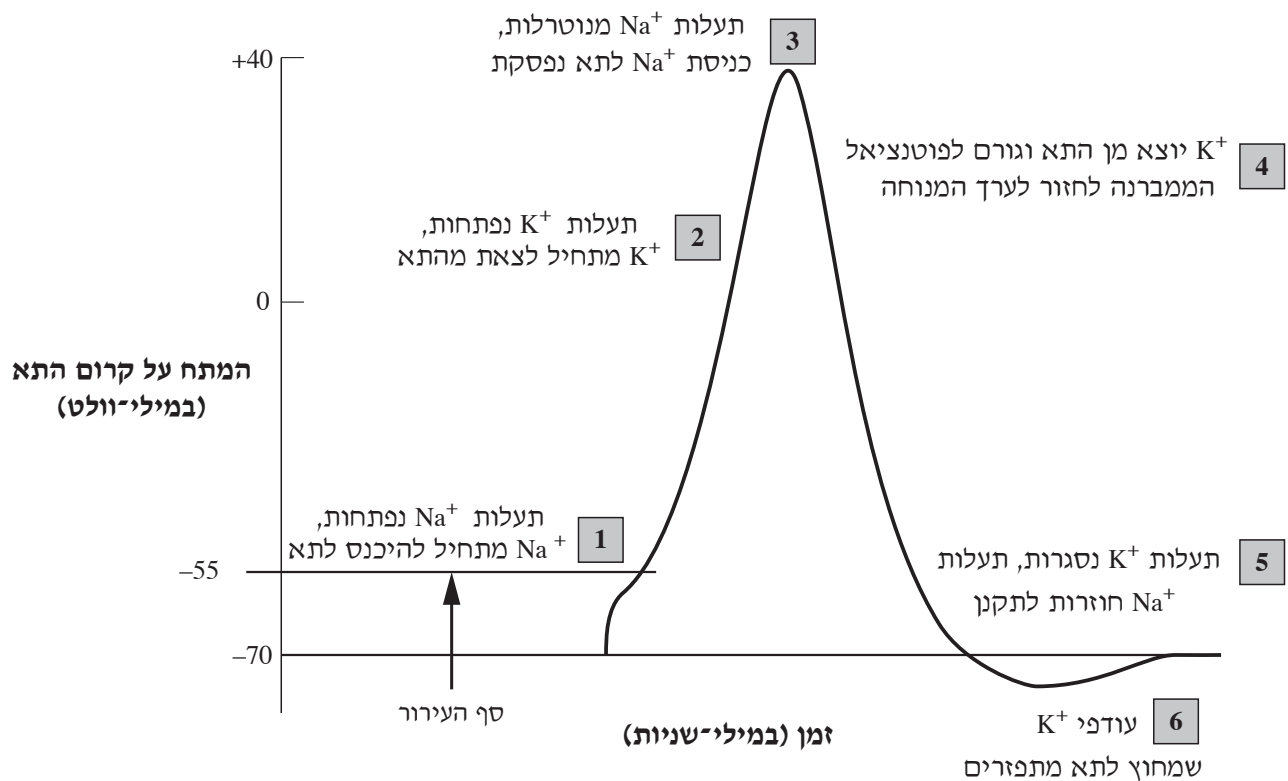
- ג. (5 נק') התלמידים ערכו שוב ניסוי, והפעם הם מדדו את **מהירות** נפילת העט. מהי צורת הגרף שתקבל אם בציר Y יופיעו הערכים של אנרגיית התנועה של העט E_k , ובציר X יופיעו ערכי המהירות של העט? הסבירו.
- ד. (5 נק') על מנת לקבל צורת גרף דומה לגרף שהתקבל בניסוי אנרגיית הגובה, איזה משתנה צריך להופיע בציר המשתנה הבלתי תלוי כאשר בציר המשתנה התלוי מופיעה אנרגיית התנועה E_k ?

שאלה 7

באיור א' לשאלה 7 מתואר תפקוד תעלות יוני הנתרן, Na^+ , בזמנים שונים במהלך העברת הדחף העצבי. באיור ב' (בעמוד 11) לשאלה 7 מתואר גרף המציג את המתרחש בתא עצב בזמן העברת דחף עצבי.



איור א' לשאלה 7



איור ב' לשאלה 7

תעלות יוני אשלגן, K^+ , ותעלות יוני נתרן, Na^+ , נפתחות ונסגרות בתגובה למתח שמתפתח על קרום התא. תעלות אלה אנלוגיות לרכיב (או לצירוף של רכיבים) במערכת אלקטרונית שמתפקדת באותו אופן. לדוגמה, מתג תלוי-מתח מעביר זרם, אך ורק כשמתח בטווח מסוים מתקבל בכניסת המתג.

נתון רכיב אלקטרוני בשם X.

חוק אוהם קובע שבמעגל חשמלי $V = I \times R$

כאשר:

V [V] הוא המתח בוולט.

I [A] הוא הזרם באמפר.

R [Ω] היא ההתנגדות באוהם.

באנלוגיה למעגל חשמלי, חוק אוהם תקף גם לגבי המערכת הביולוגית שתעלות יוני הנתרן (Na^+) הן חלק ממנה. מדדו ומצאו, שבמהלך התפקוד האנלוגי לרכיב X, כל תעלת נתרן יוני מעבירה זרם של 10^{-12} אמפר.

(4 נק') א. על פי הגרף המתואר באיור ב' לשאלה, מהו המתח על קרום התא שבו תעלות יוני נתרן (Na^+) נפתחות?

(5 נק') ב. מהי ההתנגדות של תעלת יוני נתרן אחת כשהמתח הנופל עליה הוא 35 mV?

(5 נק') ג. המתח הנופל על רכיב X מסוים במעגל חשמלי הוא 35 mV, והתנגדותו במצב זה היא 700Ω . מהו הזרם הזורם דרך הרכיב?

(6 נק') ד. במערכת משולבת ביו-טכנולוגית, בהנחה שאפשר להחליף את רכיב X בתעלות יוני נתרן – כמה תעלות כאלה צריך כדי שיתפקדו בדיוק כמו רכיב X המתואר בסעיף ג' לשאלה?

פרק רביעי (20 נקודות)

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

שאלה 8

האנרגייה שצורכת הבינה המלאכותית (AI)

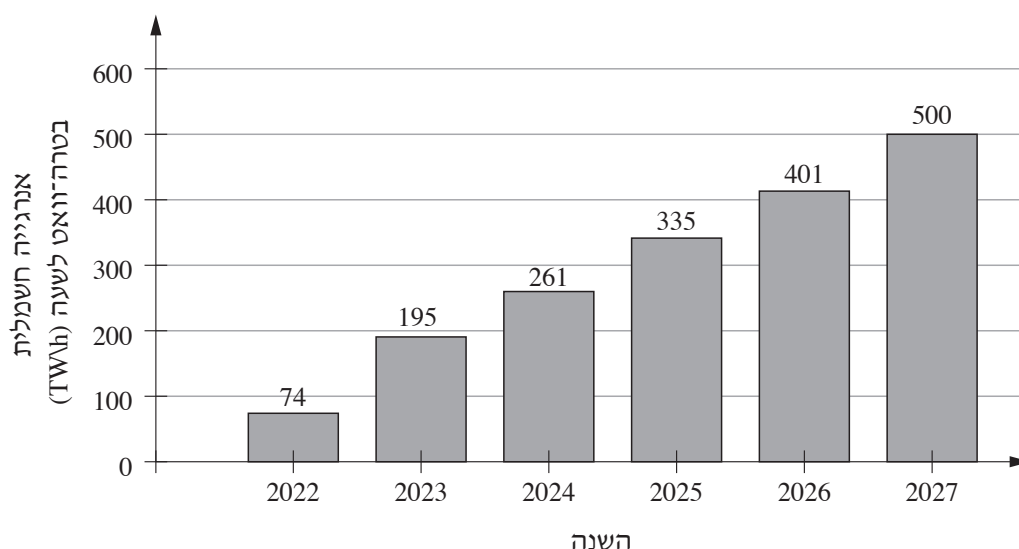
ישנן חברות רבות העוסקות במחקר טכנולוגי ובייעוץ לחברות טכנולוגיות. דו"ח של חברת ייעוץ מסוימת, משנת 2024, מזהיר מפני משבר אנרגייה בשל הצמיחה המהירה של השימוש ב-AI וב-GenAI. הוא סוג של בינה מלאכותית המסוגלת לייצר תוכן חדש כגון טקסט, תמונה או מדיה אחרת. מרכזי נתונים ברחבי העולם נאבקים לעמוד בדרישות החישוביות העצומות של טכנולוגיות אלה, אשר גורמות לעומסים על רשתות החשמל העולמיות.

חברת הייעוץ צופה עלייה של 160% בצריכת האנרגייה של מרכזי הנתונים במהלך השנתיים הקרובות בגלל השימוש ב-AI וב-GenAI.

עד 2027, מרכזי נתונים רבים של AI עשויים להתמודד עם קשיים תפעוליים עקב אספקת חשמל שאינה עומדת בדרישות שלהם.

האופי עתיר האנרגייה של AI דורש עלות גבוהה. ההערכה בענף הטכנולוגי היא שהאנרגייה החשמלית שתידרש למרכזי נתונים כדי להפעיל שרתים מותאמים ל-AI תגיע עד 2027 ל-500 טרה-וואט/שעה (1 טרה = 10^{12}) בשנה, עלייה של פי 2.6 לעומת מה שנדרש ב-2023. הזינוק הזה בביקוש יעלה את מחירי החשמל, ויגדיל את העלות של תפעול יישומי AI ו-GenAI.

באיור לשאלה 8 מתואר גרף המציג את צפי האנרגייה החשמלית הנדרשת למרכזי נתונים.



איור לשאלה 8

סיכון יעדי האקלים ותשתיות האנרגייה:

העלייה המהירה הזו בצריכת האנרגייה מעמידה בסימן שאלה את יכולתן של חברות טכנולוגיה גדולות לעמוד בהבטחות האקלימיות שהן הציבו לעצמן.

כתוצאה מכך, לא תיפתר, ואף תחמיר בעיית הפליטה של פחמן-דו חמצני (פד"ח, CO_2) ושל מזהמים אחרים הגורמים, בין יתר, להתחממות גלובאלית. את הזיהום של המזהמים השונים מודדים בשווה ערך לזיהום של פד"ח. כלומר, ביחידה המשקפת, עבור כמות והרכב נתונים של מזהם, את כמות הפד"ח המייצרת אפקט דומה של התחממות גלובלית.

המגזין MIT Technology Review קבע כי אימון של דגם AI אחד בלבד יכול לפלוט יותר מכ-290 ק"ג שווה ערך פד"ח – כמעט פי חמישה מהפליטות של מכונית אמריקאית ממוצעת במהלך כל השנים שהיא נוסעת.

לפי מקורות שונים, הזיהום הנוצר משאילתה בודדת המופנית ל-ChatGPT נעה בין 2.5 ל-5 גרם שווה ערך פד"ח. חישוב מפורט מגלה שכל הודעה שנשלחת ל-ChatGPT מייצרת 4.32 גרם שווה ערך פד"ח.

מרכז נתונים מפעיל 100,000 שרתים כאשר כל שרת צורך בממוצע אנרגייה חשמלית של 400 וואט לשעה (0.4 קילו-וואט/שעה). למרכז הנתונים יש שתי אפשרויות לאספקת החשמל:

1. **רשת חשמל רגילה** – מחיר החשמל הוא 0.13 דולר לקילו-וואט/שעה (קוט"ש), ומקור האנרגייה הוא תחנות כוח פחמיות הפולטות כ-0.85 ק"ג שווה ערך לפד"ח לכל קוט"ש.

2. **שימוש באנרגייה סולארית** – להתקנת פאנלים סולאריים דרושה השקעה חד-פעמית של 50 מיליון דולר. הפאנלים יכולים לספק 70% מהצריכה השנתית ללא עלות נוספת, ושאר ה-30% יסופקו מהרשת הרגילה.

(5 נק') **א.** חשבו את צריכת האנרגייה החשמלית השנתית של מרכז הנתונים בקוט"ש.

(5 נק') **ב.** חשבו את עלות הצריכה השנתית במקרה של שימוש ברשת החשמל הרגילה.

(5 נק') **ג.** שימוש מרבי באנרגייה סולארית משמעו שיש אור שמש בכל שעות היממה. חשבו את עלות הצריכה השנתית במקרה של שימוש מרבי באנרגייה סולארית (בלי העלות החד-פעמית).

(5 נק') **ד.** ציינו שני פתרונות נוספים, מלבד אנרגייה סולארית, ליצירת מקורות אנרגייה ירוקים שאינם מזהמים.

בהצלחה!