

מדעי ההנדסה

על-פי תכנית הרפורמה ללמידה משמעותית

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 מן הפרק השני, על שאלה אחת מן הפרק השלישי ועל שאלת החובה מן הפרק הרביעי. 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:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא את מספר התשובות הנדרש בלבד, על-פי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא אותן בעיון ונָדָא שההנחיות בדף זה מובנות לך היטב.
- אם לדעתך חסר נתון בשאלה או בסרטוט, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.
- ענה על השאלות על-פי הסדר הנראה לך.
- 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 כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רישום טייטות 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 שאלה אחת מבין השאלות 1-2 (לכל שאלה – 20 נקודות).

שאלה 1

באיור לשאלה 1 נתונה מערכת הצפנה הכוללת חמישה מבואות. ערכו הלוגי של כל אחד מן המבואות הוא "1" או "0".
למערכת שני מוצאים, F_1 ו- F_2 . במערכת קיימות תתי-המערכות: I, II ו-III, כמתואר באיור.
תתי-המערכת I מחזירה כפלט את הצירוף הבינארי שמבטא את הסכום המתמטי של המבואות N, M, E.

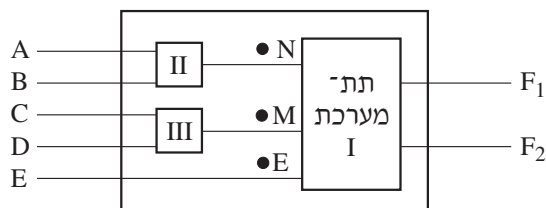
לדוגמה,

$$E = 0, M = 1, N = 1$$

הסכום המתמטי שווה ל-2, ולכן במוצא המערכת מתקבל: $F_1 = 1, F_2 = 0$.

תתי-המערכת II מבצעת הכפלה של המבואות A ו- B ($N = A \cdot B$).

תתי-המערכת III מבצעת פעולת OR בין המבואות C ו- D ($M = C + D$).



איור לשאלה 1

- א. רשום טבלת-אמת לתתי-המערכת I שבמבואה N, M, E, ובמוצאה F_1, F_2 .
- ב. רשום ביטוי לוגי למוצא F_1 כפונקצייה של N, M, E.
- פשוט את הפונקצייה F_1 , וממש אותה בעזרת מינימום שערים לוגיים.
- רשום ביטוי לוגי למוצא F_2 כפונקצייה של A, B, C, D, E.
- חיברו את המוצאים F_1 ו- F_2 לשער AND. עבור אילו צירופים של המבואות A, B, C, D, E יתקבל במוצא השער הערך הלוגי "1"?

שאלה 2

נתונה תמונה בשם Source . התמונה בנויה ממערך דו־ממדי של פיקסלים בגווי אפור. לכל פיקסל גווי אפור בטווח הערכים 0 – 255 . ממדי התמונה הם: רוחב – 100 פיקסלים, ואורך – 80 פיקסלים.

א. כתוב פונקצייה שמקבלת את המערך הדו־ממדי Source , ומחזירה מערך דו־ממדי Compress ברוחב 25 פיקסלים ובאורך 20 פיקסלים, כך שכל ריבוע בגודל 4×4 פיקסלים שבתמונה Source יוצג על־ידי פיקסל אחד בתמונה Compress .
עליך לחשב את ממוצע הערכים של כל ריבוע בגודל 4×4 פיקסלים שבתמונה Source , ולהציב את הערך הממוצע בפיקסל המתאים בתמונה Compress .
– שים לב, ייתכן שעריך הממוצע לא יהיה שלם.

ב. כדי לדחוס עוד יותר את התמונה, יש לשנות את טווח הערכים מ־0 – 255 ל־0 – 15 .
כתוב תכנית שתבצע פעולה זו.

ג. מהו גודל הזיכרון (בסיביות) הדרוש כדי לאחסן 256 ערכים של צבע, ומהו גודל הזיכרון הדרוש כדי לאחסן 16 ערכים של צבע? נמק את תשובתך.

פרק שני (40 נקודות)

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

שאלה 3 – רב-תחומית

Gray code היא שיטה לקידוד בינארי של מספרים כך שכל מספר עוקב שונה מקודמו בספרה בינארית אחת. מטרתו העיקרית של הקוד היא לתקן טעויות בתקשורת ספרתית.

כדי להמיר מספר בבסיס 2 ל-Gray code, יש להעתיק תחילה את הספרה הראשונה משמאל. כעת יש לבדוק את הספרה הסמוכה לה – אם היא זהה, נרשום מימין לספרה שהעתקנו את הספרה אפס (0). אם היא שונה, נרשום 1. אם קיימת זהות בין הספרות – נרשום מימין אפס (0).

לדוגמה, כדי למצוא את הייצוג הבינארי של המספר 10011000 ב-Gray code יש לבצע את הפעולות האלה:

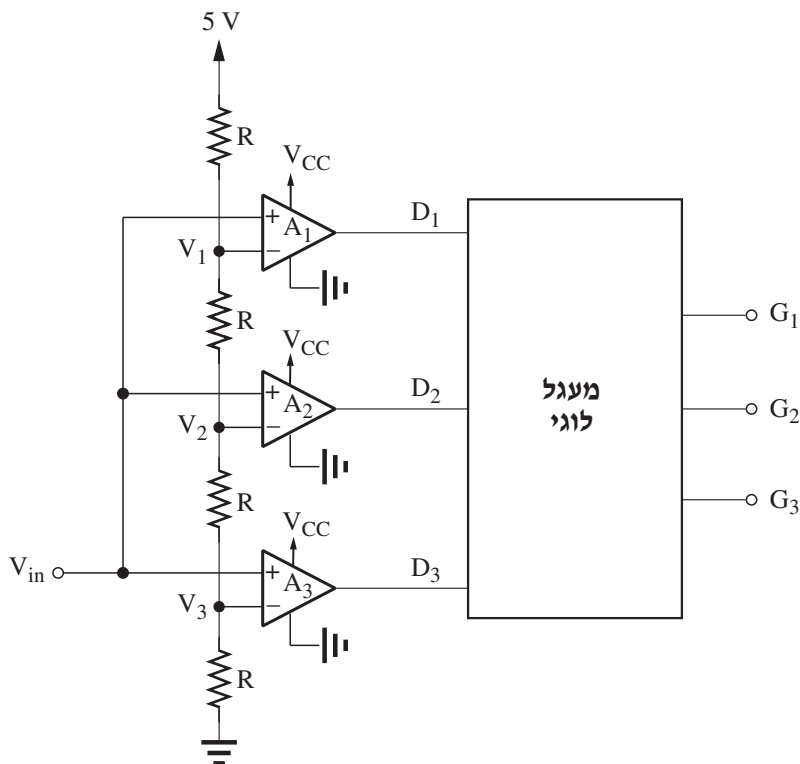
- נעתיק תחילה את הספרה הראשונה כמו שהיא – 1.
 - יש שוני בין שתי הספרות – 1,0, ולכן נרשום 1 – 11.
 - אין שוני בין שתי הספרות – 0,0, ולכן נרשום 0 – 110.
 - יש שוני בין שתי הספרות – 0,1, ולכן נרשום 1 – 1101.
 - אין שוני בין שתי הספרות – 1,1, ולכן נרשום 0 – 11010.
 - יש שוני בין שתי הספרות – 1,0, ולכן נרשום 1 – 110101.
 - אין שוני בין שתי הספרות – 0,0, ולכן נרשום 0 – 1101010.
 - אין שוני בין שתי הספרות – 0,0, ולכן נרשום 0 – 11010100.
- א. כתוב פונקצייה שמקבלת מספר עשרוני שלם בין 0 ל-255. הפונקצייה תחזיר את ערכו הבינארי של המספר במערך בעל שמונה תאים.

לדוגמה:

הפונקצייה תקבל את המספר 66 שערכו הבינארי 01000001 ותחזיר את המערך הבינארי [1][0][0][0][0][0][0][1].

- ב. כתוב פונקצייה שמקבלת מערך בינארי בעל שמונה תאים, המייצג מספר שלם בין 0 ל-255, ומחזירה במערך אחר בעל שמונה תאים את ערכו של Gray code לאחר ההמרה. לדוגמה: הפונקצייה תקבל את המערך [0][0][0][1][1][0][0][1], ותחזיר את המערך [1][1][0][1][0][1][0][0].

- ג. באיור לשאלה מתואר ממיר אות אנלוגי לאות דיגיטלי (A/D) המחובר למעגל לוגי. במעגל שלושה מגברי שרת מסוג משווה המשווים את מתח המבוא האנלוגי, V_{in} , למתחים V_1 , V_2 , ו- V_3 , בהתאמה. D_1 , D_2 , ו- D_3 הם מוצאים בינאריים של המגברים A_1 , A_2 , ו- A_3 , בהתאמה. ערכו הלוגי של כל אחד מהם הוא "1", כאשר $V = V_{CC}$. הנח שמגברי השרת מתפקדים כמגברי שרת אידאליים.



איור לשאלה 3

1. חשב את המתחים V_1 , V_2 , ו- V_3 .
2. נתון כי מתח המבוא הוא $0 \leq V_{in} \leq 5V$. רשום את כל הצירופים האפשריים למוצאים D_1 , D_2 , D_3 .
- ד. המעגל הלוגי שבאיור לשאלה ממיר את ערכי המבואות D_1 , D_2 , ו- D_3 ל-Gray code. לדוגמה:

D_1	D_2	D_3	$\rightarrow$	G_1	G_2	G_3
1	0	1		1	1	1

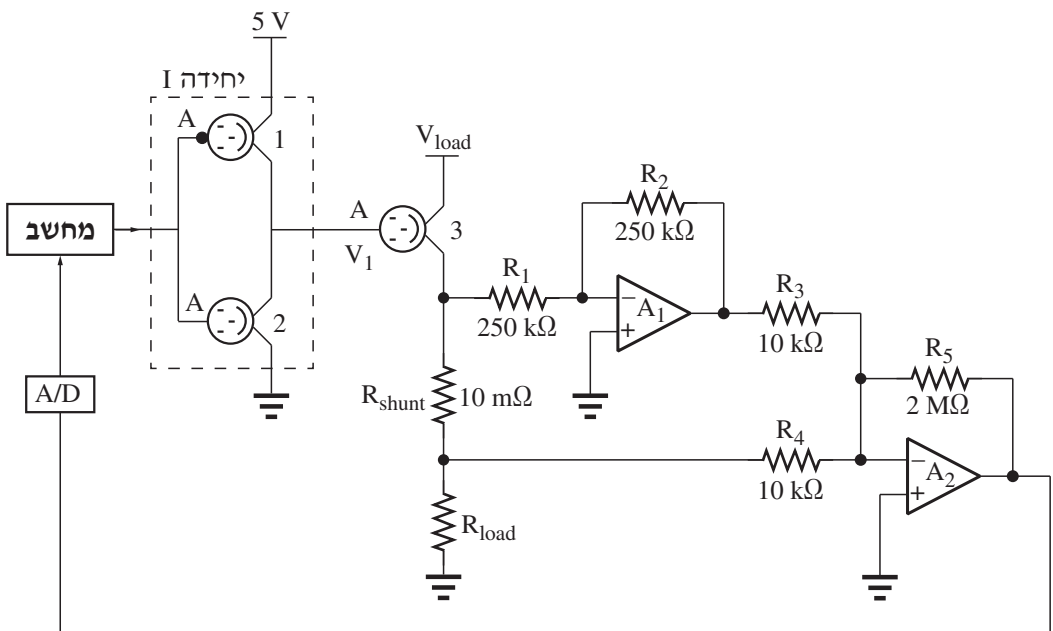
סרטט בעזרת שערים לוגיים את המעגל הדרוש להמרת ערכי המבואות ל-Gray code.

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתוארת מערכת בקרה שמטרתה למדוד את עוצמת הזרם הזורם דרך נגד העומס R_{load} . במערכת זו הותקנה יחידה I, המכילה טרנזיסטורים דמיוניים מסוג "סמיילי" שפועלים כמתג. טרנזיסטורים אלה פועלים לפי העיקרון הזה: טרנזיסטור 1 אינו מוליך כאשר בקדקודו (נקודה A) מתקבל מתח שגבוה מ-4 V, ומוליך כאשר המתח בקדקודו קטן מ-1 V. טרנזיסטור 2 מוליך כאשר בקדקודו (נקודה A) מתקבל מתח שגבוה מ-4 V, ואינו מוליך כאשר המתח בקדקודו קטן מ-1 V. לטרנזיסטור 3 עקרון פעולה זהה לזה של טרנזיסטור 2.

נתונים:

ממיר ה- A/D שבמערכת הנו בעל 8 סיביות והוא פועל בתחום המתחים 0 V – 5 V. הנח כי מפל המתח על הטרנזיסטורים שווה ל- 0 V.



איור לשאלה 4

- א. 1. בכניסה ליחידה I מתקבל מתח של 5 V. חשב את המתח המתקבל במוצא היחידה (V_1).
2. איזה רכיב אלקטרוני ממומש ביחידה I?
- ב. המתח המתקבל במוצאו של המגבר A_2 הוא 4 V כאשר $V_{load} = 10$ V. חשב את ערכו של נגד העומס R_{load} .

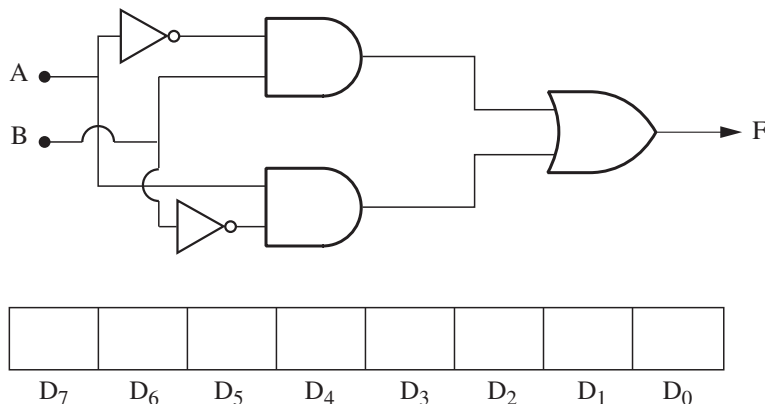
ג.

נתון כי ערכו של הזרם הזורם דרך נגד העומס R_{load} צריך להיות 2.2 A לכל היותר. כתוב תכנית לפי הנתונים הבאים, שתפסיק את הזרמת הזרם ברגע שהזרם שיזרום בנגד העומס יעלה מעל 2.2 A.

- השתמש בפונקציית Digital_Read לקריאת מערך בן 8 תאים, שבו ימוקמו ערכי מוצא הממיר.
- השתמש בפונקציית Digital_Write(HIGH) לקבלת מתח של 5 V במוצא המחשב.
- השתמש בפונקציית Digital_Write(LOW) לקבלת מתח של 0 V במוצא המחשב.

שאלה 5

באיור לשאלה 5 מתואר מעגל לוגי שיש לייצגו באמצעות תוכנה.



איור לשאלה 5

מוצא המעגל הלוגי משתנה בהתאם לערך הסיביות שמחוברות למבוא המעגל הלוגי.

C הוא המספר של הסיבית הראשונה המחוברת למבוא המעגל.

לדוגמה: כאשר C שווה ל-2, פעולת המעגל תמומש עבור הסיביות D_2 ו- D_3 .

וכאשר C שווה ל-0, פעולת המעגל תמומש עבור הסיביות D_0 ו- D_1 .

א. רשום את פונקציית המוצא של המעגל הלוגי שבאיור.

ב. D הוא משתנה בגודל של Byte אחד בן 8 סיביות. כתוב פונקציית LogicP() שמקבלת את

D ואת C (מספר שלם בין 0 ל-6). הפונקציית תחזיר "0" לוגי או "1" לוגי בהתאם למוצא המעגל שמתואר באיור.

ג. כאשר C שווה ל-6, מהו טווח הערכים של D שעבורו יתקבל במוצא המעגל הערך הלוגי "1"?

פרק שלישי (20 נקודות)

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

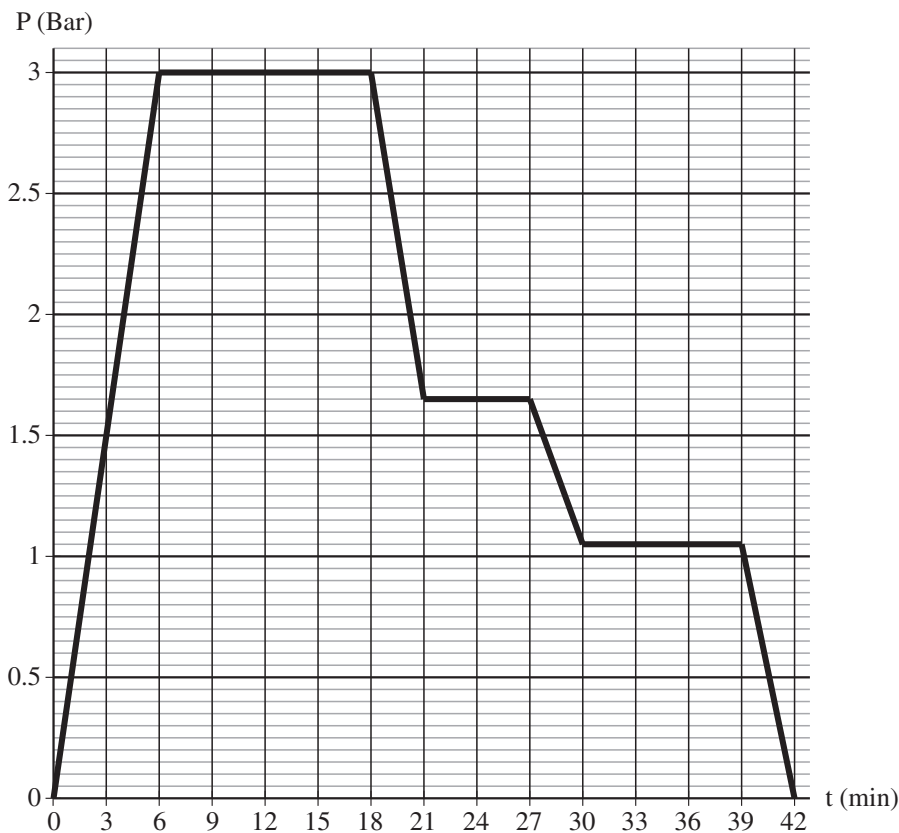
שאלה 6

צוללנית מתכוונת לצלול במפרץ אילת. כדי לבנות את "פרופיל הצלילה", כלומר לבנות גרף המתאר את עומק הצלילה כפונקצייה של משך הצלילה, נעשו מדידות של לחץ המים בזמנים קצובים על-ידי צוללן-רובוט.

בתחילת הצלילה, בגובה פני המים, מדידת הלחץ היא 0 Bar .

באיור לשאלה 6 נתון גרף של לחץ המים כפונקצייה של משך הצלילה שהפיק הצוללן-רובוט.

לחץ המים כפונקצייה של משך הצלילה



איור לשאלה 6

הלחץ שיוצר עמוד הנוזל בגובה y מבוטא על-ידי הנוסחה: $P = \rho \cdot g \cdot y$

כאשר:

$$P - \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \text{ לחץ}$$

$$\rho - \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \text{ צפיפות הנוזל}$$

$$y - \text{גובה עמוד הנוזל} \text{ [m]}$$

$$g - \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \right] \text{ תאוצת הנפילה החופשית בסביבת פני כדור הארץ}$$

$$\text{יחידות לחץ: } 1 \text{ Bar} = 100,000 \text{ N/m}^2 = 100,000 \text{ Pa}$$

$$\rho = 1034 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ צפיפות המים הממוצעת במפרץ אילת:}$$

$$\rho \cong 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ צפיפות המים המתוקים היא בקירוב:}$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ לצורך חישובך השתמש בערך של- עבור כוח הכבידה.}$$

א. היעזר בגרף שבאיור לשאלה וחשב את העומק המרבי שהצוללן-רובוט הגיע אליו.

ב. סרטט את "פרופיל הצלילה" של הצוללן-רובוט.

ג. 1. מה מבטא השיפוע של הגרף, שסרטטת בסעיף ב', בשש השניות הראשונות?

2. מהן יחידות השיפוע?

ד. חשב את גודל מהירויות העלייה לכיוון פני המים של הצוללן-רובוט בזמנים:

$$t = 20 \text{ min}, 32 \text{ min}, 40 \text{ min} \text{ והצג אותן ביחידות } \frac{\text{m}}{\text{sec}}.$$

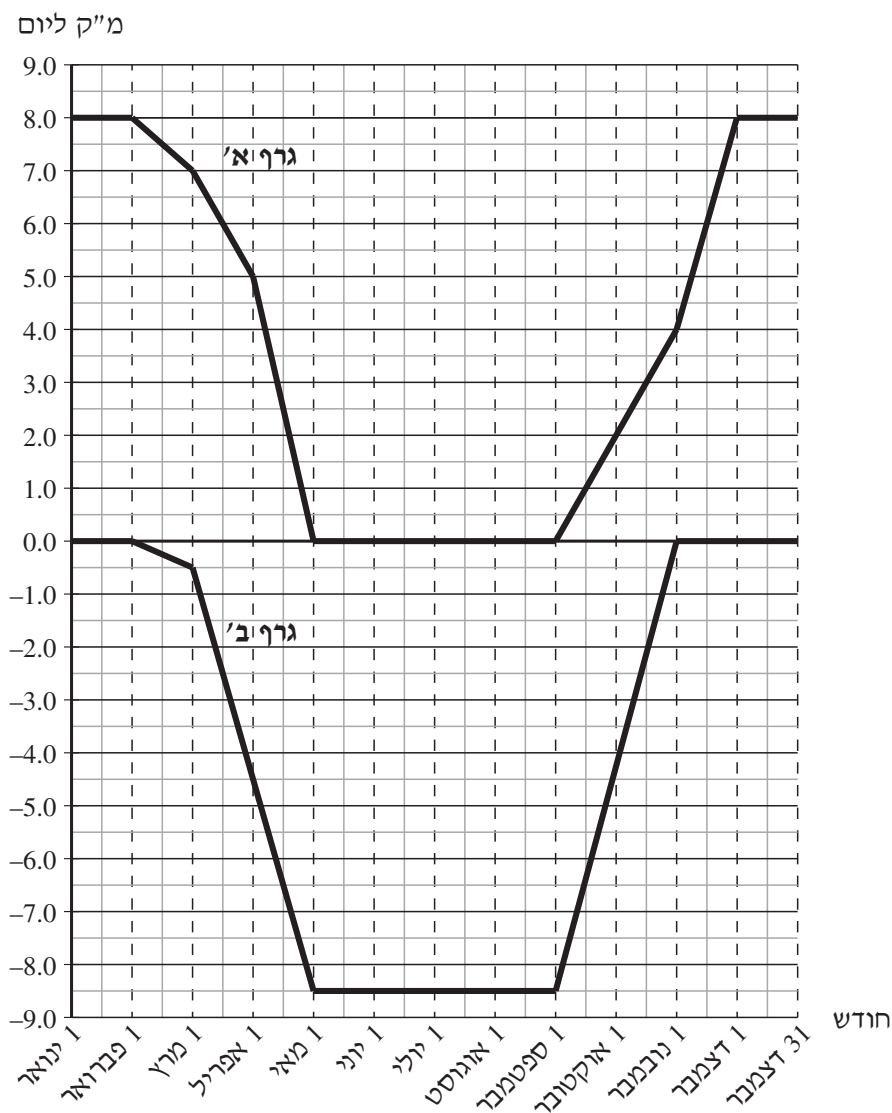
ה. הצוללן-רובוט צולל באותו פרופיל צלילה במי הכינרת (מים מתוקים). האם לחץ המים

המרבי יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמק את תשובתך על-ידי חישוב.

שאלה 7

באזור מסוים קיים מאגר המיועד לאגירת מי הגשמים לצורכי השקיה של שטחים חקלאיים. באיור לשאלה 7 נתונים שני גרפים. גרף א' מתאר את קצב אגירת מי הגשמים במאגר במשך שנה אחת, וגרף ב' מתאר את קצב הריקון של מי המאגר במשך שנה אחת.

קצב אגירת המים וקצב הריקון של מי המאגר בשנה אחת



איור לשאלה 7

היעזר בגרפים שבאיור לשאלה זו וענה:

הערה: לצורך חישוביך הנח כי בחודש ישנם 30.5 ימים.

- א. באילו חודשים קצב אגירת מי הגשמים היה מרבי?
- ב. באילו חודשים קצב הריקון של מי המאגר היה קבוע?
- ג. כמה מטרים מעוקבים (מ"ק) של מי גשמים נכנסו למאגר המים בחודשים ינואר, פברואר ומרץ?
- ד. כמה מטרים מעוקבים של מי גשמים נכנסו למאגר המים בחודשים ספטמבר עד דצמבר?
- ה. האם כמות מי הגשמים שנכנסו למאגר המים במשך שנה שלמה הספיקו לצורכי ההשקיה באותה השנה? נמק את תשובתך על-ידי חישוב.

פרק רביעי (20 נקודות)

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

שאלה 8

מוזיקה ושמיעה

(מעובד על-פי: מ' צ'רלס ליברמן, אובדן שמיעה סמוי, "סיינטיפיק אמריקן-ישראל", 28.1.2016.
© כל הזכויות שמורות לסיינטיפיק אמריקן ישראל ואורט ישראל.)

אוזן האדם היא בעלת רגישות מופלאה, המאפשרת לה להגיב לטווח עצום של רמות צליל. גבול השמיעה התחתון שלנו, הכושר להבחין בצליל שקט בתדירויות קרובות ל-1,000 תנודות בשנייה, או 1,000 הֶרץ (Hz), מוגדר כאפס דציבלים (dB). מדד השמיעה הוא מדד לוגריתמי. כל עלייה של 20 דציבלים בעוצמת הרעש מקבילה לעלייה של פי 100 בהספק של אנרגיית הקול ופי 10 במשרעת (אמפליטודה) של גלי הקול. באפס דציבלים, עצמות השמע באוזן התיכונה, שהתנודות שלהן מניעות את תהליך השמיעה, זזות ממקומן למרחק שהוא קטן מן הקוטר של אטום מימן ($106 \times 10^{-12} \text{ m}$). בקצה האחר של הרצף, כגון בעוצמות רעש מכאיבות, העולות על 140 דציבלים, האוזן נאלצת להתמודד עם גלי קול שהמשרעת שלהם גבוהה פי 10 מיליון. (...)

כיום, המינהל לבטיחות ובריאות תעסוקתית בארצות-הברית (OSHA) קובע גבול עליון מותר של 90 דציבלים עבור יום עבודה של שמונה שעות. הסיכון של נזק עקב רעש ברמות שמעל 90 דציבלים מצוי ביחס ישר, בקירוב, לסך כול האנרגייה שמגיעה אל האוזן (משך מוכפל באנרגייה). לכל 3 דציבלים נוספים מעל לתקן של שמונה שעות, ההנחיות של OSHA ממליצות להפחית את זמן החשיפה במחצית משום שעלייה של 3 dB פירושה עלייה של פי שניים באנרגייה. במילים אחרות, אסור שעובד יהיה חשוף לרמה של 93 דציבלים למעלה מארבע שעות בכל יום, או לרמה של 96 דציבלים – יותר משעתיים בכל יום. לפי הערכים האלה, אסור להיחשף לעוצמת רעש של 123 דציבלים במשך יותר מ-14 שניות.

מי אמור לשמור עלינו?

(מעובד על-פי: אלינור כרמי, "נזקי רעש: האמת שבליינים לא רוצים לשמוע", 5.4.2011.
© כל הזכויות שמורות לעכבר העיר אונליין.)

הגוף שמטפל בנזקי רעש הוא המשרד להגנת הסביבה. החוק למניעת מפגעים משנת 1961 הוא החוק שעוסק בנושא, וקובע שאסור לגרום לרעש חזק או בלתי סביר שמפריע או עלול להפריע למצאים בקרבת מקור רעש. בשנת 1990 נחקקו תקנות למניעת מפגעים שנותנות מידות מדויקות למדידה של רעש בלתי סביר. בשנת 2006 נחקק חוק המגביל את עוצמת המוזיקה המושמעת, אך מתייחס רק לאולמי שמחות וגני אירועים, ופוקד על מקומות אלו להתקין מד רעש. מד הרעש נועד לבקרה על עוצמת המוזיקה שמושמעת באולמות הללו שלא תעלה על 85 dB. אם העוצמה

עולה מעל ערך זה, הוא נותן התראה של 30 שניות המלווה בנורית אזהרה, ואז מנתק את זרם החשמל למערכת ההגברה.

המחוקק קבע מגבלות רעש רק בתוך אולמות אירועים, ולא נתן דעתו לעניין הרעש בתוך המועדונים, אלא רק לרעש הבוקע החוצה. המשרד לאיכות הסביבה טוען כי האחריות מוטלת על הבליון בלבד. לדבריו: תקנות רישוי עסקים קובעות מפלס רעש מותר במקומות ישיבת הקהל באולם שמחות/גן אירועים. התקנות חלות אך ורק על אולמות שמחה וגני אירועים שמגיעה אליהם אוכלוסייה רגישה ביותר, כמו קשישים וילדים – עקב חובה משפחתית או חברתית. התקנות אינן חלות על מקומות בילוי אחרים, משום שביקור בהם הוא וולונטרי ונעשה מתוך ידיעת הנזק העלול להיגרם עקב חשיפה לרמת רעש גבוהה.

הדאגה לאוזניים שלנו היא דבר חדש למדי. האיחוד האירופי שם לב רק בשנת 2008, שמרבית נגני המוזיקה מאפשרים נגינה בעוצמה גבוהה, שהגיעה עד ל-130 dB. בעקבות זאת, הוציא האיחוד האירופי תקנה לכל יצרניות נגני המוזיקה והפלאפונים להוריד את הגבול העליון המותר של רעש במכשירים אלה ל-80 dB.

בישראל ובארצות-הברית, בניגוד לאירופה, גם אין חוק האוסר לשווק ולהפיץ נגני מוזיקה המאפשרים להשמיע מוזיקה בעוצמה מעל 100 דציבלים.

- א. הראה על-פי המאמר כיצד התנודות במשרעת בעוצמת רעש של 140 dB הן פי 10 מיליון מן התנודות בעוצמת רעש של 0 dB. מהו גודל משרעת התנודות של האוזן התיכונה ב-140 dB? הצג את תשובתך במ"מ.
- ב. הראה כי הקטנת משך השהייה בסביבה שבה עוצמת הרעש עוברת מרמת רעש של 90 dB לרמת רעש של 123 dB זהה לגידול בהספק אנרגיית הקול.
- ג. מדוע לדעתך אין חוק בישראל המגביל את עוצמת המוזיקה המושמעת בנגני מוזיקה?
- ד. האם לדעתך יש להגביל בחוק את עוצמת הקול המושמעת במקומות בילוי ואת העוצמה המרבית האפשרית בנגני מוזיקה, או להשאירה להחלטתו של כל אדם? נמק את תשובתך על-פי הכתוב בטקסט ועל-פי הידע האישי שלך.

בהצלחה!