

מדעי ההנדסה ג'

שתי יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

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

פרק ראשון	60 נקודות
פרק שני	40 נקודות
סה"כ	100 נקודות

עליך לענות על שלוש שאלות מן הפרק הראשון, על-פי ההנחיות שבגוף השאלון, ועל שתי שאלות מן הפרק השני. בסך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר.

ד. הוראות מיוחדות:

- ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
- בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא אותן בעיון ונִדָּא 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.
- לתשובה על שאלה מילולית יש לנמק את תשובתך באופן מפורט.

בשאלון זה 12 עמודים ועמוד אחד של נספח.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

פרק ראשון – אנלוגיות (60 נקודות)

ענה על אחת מבין השאלות 1-3, ועל שתיים מבין השאלות 4-6.

- שאלות 1-3 עוסקות באנלוגיית השטח בין גרף לציר האופקי (באינטגרל).
שאלה 1 עוסקת בתהליך הנשימה.
שאלה 2 עוסקת בתנועת חללית.
שאלה 3 עוסקת בנפח של גוף.

שאלה 1 – תהליך הנשימה (30 נקודות)

להלן הגדרות של מושגים ושל קבועים הקשורים בתהליך הנשימה:

- שאיפה היא הכנסת אוויר.
 - $V[\text{ml}]$ – נפח האוויר הנכנס לריאות ($1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$).
 - $B(t) \left[\frac{\text{ml}}{\text{sec}} \right]$ – קצב השאיפה של האוויר.
- כאשר קצב השאיפה B הוא קבוע, נפח האוויר ΔV הנכנס לריאות בפרק זמן Δt נתון בביטוי: $\Delta V = B \cdot \Delta t$.

בדרך-כלל קצב שאיפת האוויר אינו קבוע. בתחילה, כאשר כמות האוויר בריאות קטנה, קצב השאיפה גבוה. לאחר מכן, וככל שהריאות מתמלאות, קצב השאיפה יורד. רופא מדד את קצב שאיפת האוויר, $B(t)$, של חולה. בטבלה שלהלן נתונות תוצאות המדידה של קצב שאיפת האוויר, החל מהשנייה החמישית של המדידה, בכל 0.2 שניות. תוצאות המדידה נתונות גם בגרף שבאזור לשאלה זו.

$B(t) \left[\frac{\text{ml}}{\text{sec}} \right]$	180.0	166.4	154.3	143.5	133.8	125.0
$t[\text{sec}]$	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0

- א. חשב בקירוב את נפח האוויר שנכנס לריאות בפרק הזמן שבין $t = 5 \text{ sec}$ ל- $t = 5.2 \text{ sec}$. הסבר במילים את הדרך שבה חישבת את נפח האוויר, והסבר מדוע בחרת בדרך זו.

ב. הרופא טוען כך: אפשר היה לענות על סעיף א' בדיוק רב יותר אילו מדידת קצב השאיפה הייתה נערכת בפרקי זמן קצרים יותר. האם הרופא צודק? נמק את תשובתך.

ג. הרופא טוען כך: אפשר לחשב את נפח האוויר שנכנס לריאות בפרק הזמן שבין $t_0 = 5 \text{ sec}$ לזמן t כלשהו על-ידי חישוב השטח שמתחת לגרף בין זמנים אלו. האם הרופא צודק? נמק את תשובתך.

ד. נתון כי קצב השאיפה של האוויר הוא $B(t) = \frac{4,500}{t^2}$ בתחום $t \geq 5 \text{ sec}$. ידוע כי השטח

מתחת לגרף בין הנקודות x_1 ו- x_2 ($x_2 > x_1 > 0$) של הפונקציה $f(x) = \frac{1}{x^2}$

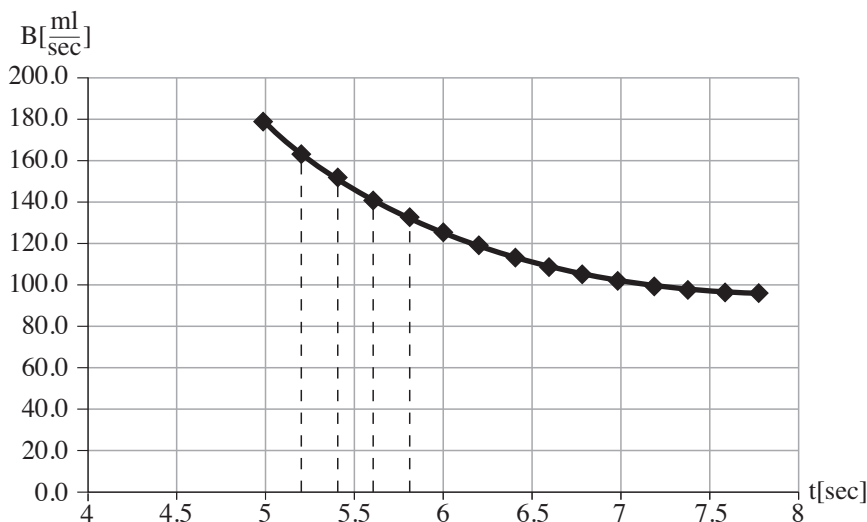
הוא $S = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)$, או בכתיב דיפרנציאלי $S = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} dx = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)$.

1. מהו נפח האוויר שנכנס לריאות בפרק הזמן $t_0 = 5 \text{ sec}$ ועד $t = 6 \text{ sec}$.

2. נתון שבפרק הזמן שבין $t_0 = 5 \text{ sec}$ ו- t נשאפו לריאות 400 ml אוויר. חשב את הזמן t .

3. מכונה המחקה את פעולת הריאות שואפת אוויר בקצב $B(t) = \frac{4,500}{t^2}$,

החל מ- $t_0 = 5 \text{ sec}$, וממשיכה בפעולתה ללא הפסק. מהו נפח האוויר המרבי שהמכונה יכולה לשאוף?



איור לשאלה 1

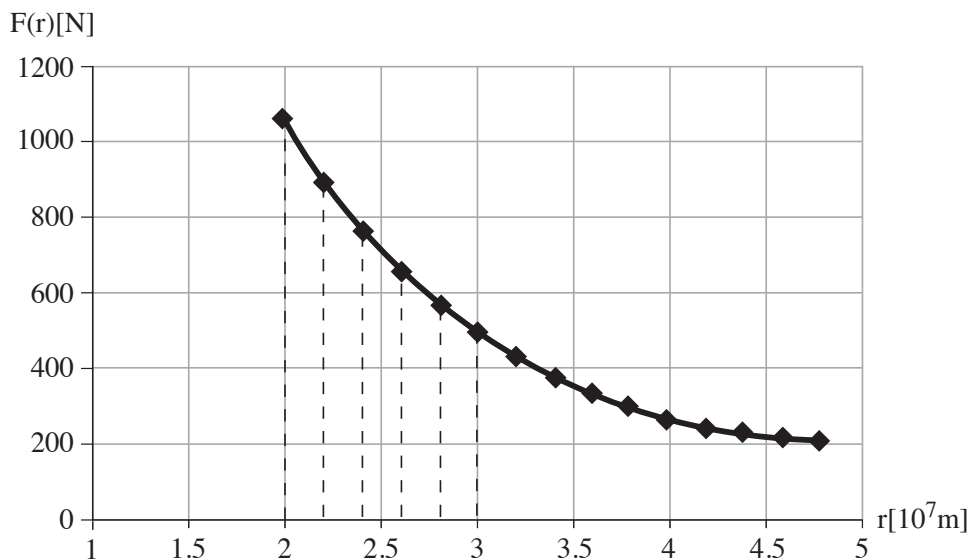
שאלה 2 – תנועת חללית (30 נקודות)

חללית נעה סביב כוכב הלכת מאדים. הגדלים שלהלן משמשים לתיאור תנועת החללית:

- $r[\text{m}]$ – מרחק החללית ממרכז כוכב הלכת מאדים ביחידות מטר.
- $F[\text{N}]$ – כוח המשיכה הפועל על החללית ביחידות ניוטון.
- $W[\text{J}]$ – העבודה (אנרגיה) שיש להשקיע בהעברת החללית בין שתי נקודות ביחידות ג'אול.

אילו כוח המשיכה F היה קבוע, העבודה (אנרגיה) שיש להשקיע בהעברת החללית ממרחק r למרחק $r + \Delta r$ הייתה נתונה בביטוי $\Delta W = F \cdot \Delta r$. ואולם כוח המשיכה הפועל על החללית אינו קבוע, ומשתנה בהתאם למרחק החללית מהכוכב. עוצמת כוח המשיכה של מאדים הפועל על החללית נמדדה במרחקים שונים, שההפרש ביניהם הוא $2,000 \text{ km}$. המדידה החלה ממרחק של $2 \cdot 10^7 \text{ m}$ ($20,000 \text{ km}$) ממרכז מאדים. תוצאות המדידה נתונות בטבלה שלהלן ובגרף שבאזור לשאלה.

$F(r)[\text{N}]$	1,067	882	741	631	544	474
$r[10^7 \text{ m}]$	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0



איור לשאלה 2

- א. חשב בקירוב את כמות האנרגיה שיש להשקיע בהעברת החללית ממרחק $r = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ למרחק $r = 2.2 \cdot 10^7 \text{ m}$. הסבר במילים מהי הדרך שבה חישבת את כמות האנרגיה שיש להשקיע ומדוע בחרת בדרך זו.

ב. אסטרונוט טוען כך: אפשר היה לענות על סעיף א' בדיוק רב יותר אילו מדידת כוח המשיכה הייתה מתבצעת בקטעי מרחק קטנים יותר. האם האסטרונוט צודק? נמק את תשובתך.

ג. האסטרונוט טוען כך: אפשר לחשב את כמות האנרגיה שיש להשקיע בהעברת החללית ממרחק $r_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ ועד למרחק כלשהו r על-ידי חישוב השטח מתחת לגרף בין המרחקים האלה. האם האסטרונוט צודק? נמק את תשובתך.

ד. נתון כי כוח המשיכה של הכוכב מאדים משתנה כפונקציה של המרחק לפי

$$F(r) = \frac{4,268.8 \cdot 10^{14}}{r^2} \text{ בתחום } r \geq 2 \cdot 10^7 \text{ m. ידוע כי השטח מתחת לגרף בין הנקודות } x_1$$

$$\text{ו-} x_2 \text{ (} x_2 > x_1 > 0 \text{)} \text{ של הפונקציה } f(x) = \frac{1}{x^2} \text{ הוא } S = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right), \text{ או בכתוב דיפרנציאלי}$$

$$S = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} dx = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)$$

1. מהי כמות האנרגיה שיש להשקיע בהעברת החללית ממרחק $r_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ למרחק $r = 3 \cdot 10^7 \text{ m}$?

2. נתון שבהעברת החללית ממרחק $r_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ ועד r היה צורך להשקיע כמות אנרגיה של $1,660.1 \cdot 10^7 \text{ J}$. חשב את המרחק r .

3. עם סיום תפקידה נשלחה החללית ממרחק $r_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ למרחק גדול מאוד מן המאדים. מהי כמות האנרגיה שנדרשה כדי לשלוח את החללית למרחק גדול מאוד ממאדים?

שאלה 3 – נפח של גוף (30 נקודות)

באיור א' לשאלה זו מתואר מִכָּל. חלקו התחתון של המכל הוא גליל שגובהו h_0 מטר. חלקו העליון הולך וצר כלפי מעלה.

שאלה זו עוסקת בחישוב הנפח של חלקו העליון של המכל. הגדלים שלהלן משמשים בחישוב נפח המכל:

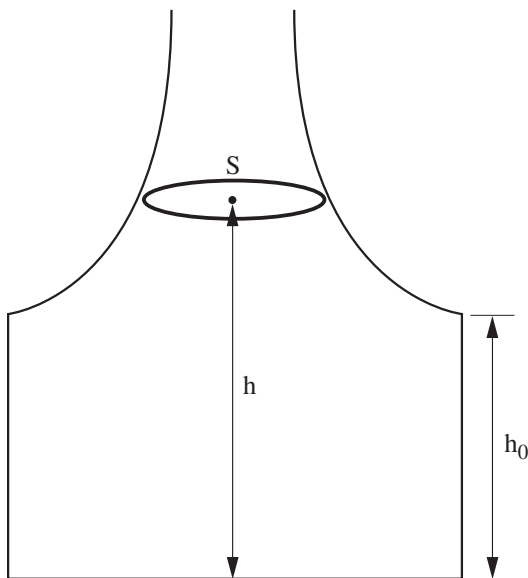
$h[m]$ – גובה החתך של המכל

מתחתית המכל, ביחידות מטר.

$S[m^2]$ – שטח החתך בגובה h , ביחידות m^2 .

$V[m^3]$ – נפח חלקו העליון של המכל

(החל מגובה h_0), ביחידות m^3 .



איור א' לשאלה 3

אם שטח חתך המכל, S , בחלקו העליון היה קבוע, אז נפח המכל בין הגובה h לגובה $h + \Delta h$ היה $\Delta V = S \cdot \Delta h$.

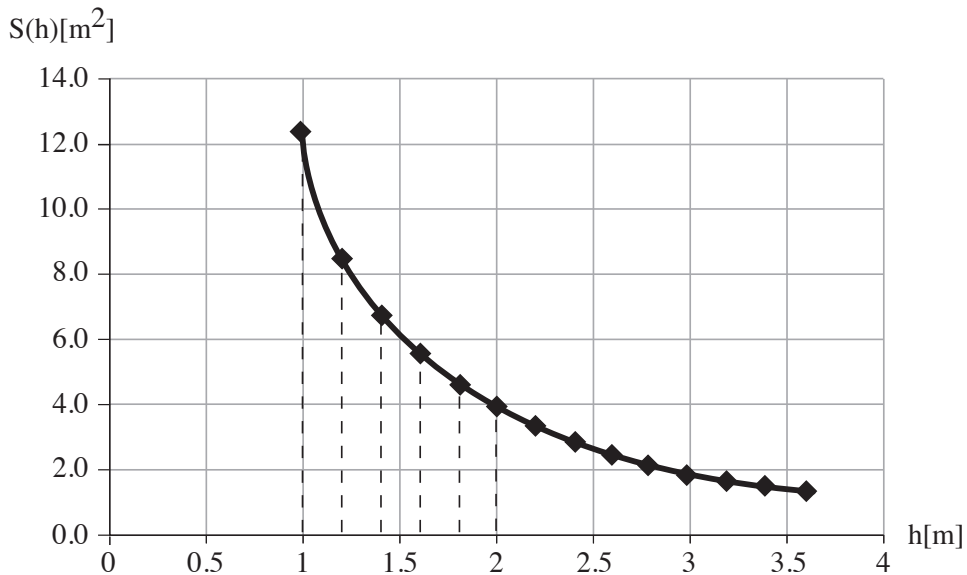
אולם שטח חתך המכל אינו קבוע ומשתנה בהתאם לגובה. שטח החתך נמדד בגבהים שונים שההפרש ביניהם 0.2 מטרים. המדידה החלה בגובה $h_0 = 1$ m. תוצאות המדידה נתונות בטבלה שלהלן ובגרף שבאיור ב'.

$S(h)[m^2]$	12.6	8.7	6.4	4.9	3.9	3.1
$h[m]$	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0

א. חשב בקירוב את נפח המכל בין הגובה $h_0 = 1$ m לגובה $h = 1.2$ m.

הסבר במילים מהי הדרך שבה חישבת את נפח המכל ומדוע בחרת בדרך זו.

- ב. מהנדס טוען כך: אפשר היה לענות על סעיף א' בדיוק רב יותר אילו מדידת שטח החתך הייתה נערכת בגבהים סמוכים יותר זה לזה. האם המהנדס צודק? נמק את תשובתך.
- ג. המהנדס טוען כך: אפשר לחשב את נפח המכל בין גובה $h_0 = 1$ m ובין גובה כלשהו h על-ידי חישוב השטח מתחת לגרף בין גבהים אלו. האם המהנדס צודק? נמק את תשובתך.
- ד. נתון כי שטח החתך משתנה כפונקציה של הגובה לפי הביטוי: $S(h) = \frac{12.56}{h^2}$ בתחום $h \geq 1$ m. ידוע כי השטח מתחת לגרף בין הנקודות x_1 ו- x_2 ($x_2 > x_1 > 0$) של הפונקציה $f(x) = \frac{1}{x^2}$ הוא
- $$S = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} dx = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right) \quad , \quad \text{או בכתיב דיפרנציאלי:} \quad S = -\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)$$
- מהו נפח המכל בין הגבהים $h_0 = 1$ m ו- $h = 2$ m?
 - נתון שנפח המכל בין הגבהים $h_0 = 1$ m ו- h הוא 10.05 m^3 . חשב את הגובה h .
 - הנח כי המכל גבוה מאוד. מהו נפח חלקו העליון של המכל מעל לגובה $h_0 = 1$ m?



איור ב' לשאלה 3

ענה על שתיים מבין השאלות 4-6 (לכל שאלה – 15 נקודות)

שאלה 4

- א.** הטבלה שבנספח לשאלה 4 מאפשרת לתאר בצורה נוחה את האנלוגיה בין שלוש הבעיות (1, 2 ו-3). השלם את הטבלה על גבי הנספח, כנדרש לפי המשימות שבעמודה הימנית.
- ב.** הסבר במחברתך את האנלוגיה בין שלושת הביטויים שרשמת במשימה 1 בטבלה. התייחס בתשובתך לאופי התלות של כל ביטוי במשתנה המדעי-הנדסי שבו הוא תלוי.
- ג.** הסבר במחברתך את האנלוגיה בין הגדלים שרשמת במשימה 2.

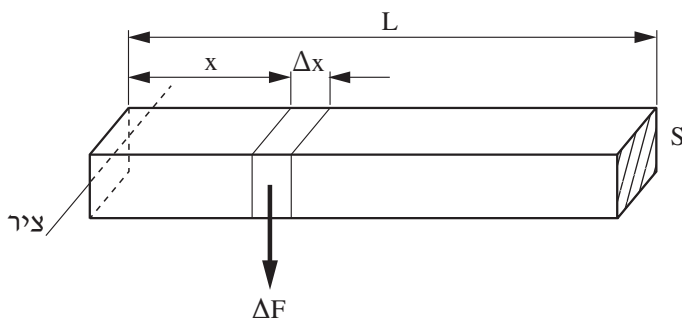
הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח וצרף אותו למחברתך.

שאלה 5

- בחלק הראשון ענית על אחת מבין השאלות 1-3. בשאלה זו עליך לבחור **אחת** משתי השאלות שלא ענית עליהן, ולענות על הסעיפים הבאים:
- א.** ענה על סעיף א' בשאלה שבחרת.
- ב.** ענה על סעיף ד'1 בשאלה שבחרת, על-פי הנתון המופיע בסעיף ד' של השאלה.
- ג.** ענה על סעיף ד'3 בשאלה שבחרת.

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתוארת קורה בעלת חתך אחיד, המחוברת לציר סיבוב בקצה השמאלי שלה. שטח החתך של הקורה הוא S ואורכה L . הקורה בנויה מחומר אחיד שמשקלו הסגולי d . כל קטע של הקורה באורך Δx שוקל ΔF ויוצר סביב הציר מומנט סיבוב ΔM , שגודלו הוא $\Delta M = \Delta F \cdot x$.



איור לשאלה 6

- רשום ביטוי באותיות למשקל ΔF של חלק הקורה שאורכו Δx .
- הראה כי המומנט ΔM שיוצר חלק הקורה שמשקלו ΔF נתון במשוואה $\Delta M = k(x)\Delta x$. רשום את הביטוי של $k(x)$ וקבע את יחידותיו.

נתונים:

$$S = 0.02 \text{ m}^2 \quad -$$

$$d = 25,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \quad -$$

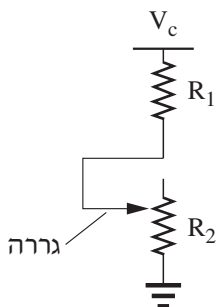
$$L = 3 \text{ m} \quad -$$

- סרטט גרף של $k(x)$ כפונקציה של x בתחום $0 \leq x \leq 3\text{m}$.
- חשב את המומנט הכולל שנוצר סביב ציר הסיבוב של הקורה כתוצאה ממשקלה העצמי.

פרק שני (40 נקודות)

ענה על שתיים מבין השאלות 7-9 (לכל שאלה – 20 נקודות)

שאלה 7



איור לשאלה 7

באיור לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי הכולל ספק מתח ושני נגדים. ספק המתח מְסַפֵּק מתח V_c . הנגד R_1 הוא בעל התנגדות קבועה והנגד R_2 הוא נגד משתנה בעל התנגדות מרבית R_T . הזרם במעגל הוא I .

א. רשום ביטוי עבור V_2 כפונקציה של V_c , I ו- R_1 .

נערך ניסוי שבו נמדדו הזרם I הזורם במעגל והמתח V_2 על נגד R_2 . במהלך הניסוי שינו את התנגדותו של הנגד R_2 על-ידי הזזת הגררה המותקנת לאורכו של הנגד. **המדידה הראשונה בוצעה כאשר התנגדותו של הנגד R_2 הייתה התנגדותו המרבית, R_T .** תוצאות המדידות נתונות בטבלה שלהלן:

מספר המדידה	זרם $I[\text{mA}]$	מתח $V_2[\text{V}]$
1	4	7.4
2	6	6.6
3	8	5.8
4	13	3.8
5	17	2.2

ב. סרטט גרף של המתח V_2 על הנגד R_2 כפונקציה של הזרם I .

ג. חשב את ערכו של שיפוע הגרף, שסרטטת בתשובתך לסעיף ב'. מהן יחידותיו ואיזה גודל פיזיקלי הוא מייצג?

ד. הסתמך על הגרף שסרטטת בתשובתך לסעיף ב' ומצא את מתח הספק V_c . הסבר את תשובתך.

- ה. מהי משמעות נקודת החיתוך של הגרף עם ציר הזרם I? מהו ערכו של הזרם בנקודה זו?
ו. חשב את ההתנגדות המרבית של הנגד R_2 , כלומר את R_T .

שאלה 8

y ו-z הם משתנים המייצגים גדלים מדעיים הנדסיים. נגדיר גודל שלישי C על-ידי חלוקה של y ב-z, $c = \frac{y}{z}$. במקרים מסוימים התקבל כי:

$$c = \frac{y_1}{z_1} = \frac{y_2}{z_2} = \frac{y_3}{z_3} \quad \text{I.}$$

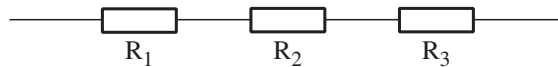
$$y_1 = 3y_2 = 9y_3 \quad \text{II.}$$

$$z_1 + z_2 + z_3 = 78 \quad \text{III.}$$

א. חשב את ערכי z_1 , z_2 ו- z_3 .

סעיפים ב' ו-ג' מתייחסים למערכת שלהלן.

באיור לשאלה זו נתון מערך של שלושה נגדים המחוברים בטור.



איור לשאלה 8

נסמן ב- V_1 , V_2 ו- V_3 את המתחים על-פני הנגדים בהתאמה.

נתון כי $V_1 = 3V_2 = 9V_3$.

ההתנגדות הכוללת של מערך הנגדים היא $R = 78 \Omega$.

התנגדויות הנגדים R_1 ו- R_2 ו- R_3 אינן ידועות.

ב. הראה כי בעיה זו אנלוגית לבעיה שהוצגה בסעיף א' על-ידי כתיבת שלוש משוואות אנלוגיות למשוואות I – III שבסעיף א'. כתוב את ערכו של כל נגד.

ג. במקרה אחר נתון כי $R_1 = 3R_2 = 9R_3$ וכי המתח הכולל על פני שלושת הנגדים הוא 78 V . הראה כי בעיה זו אנלוגית לבעיה שהוצגה בסעיף א' על ידי כתיבת שלוש משוואות אנלוגיות למשוואות I – III בסעיף א'. כתוב מהו ערך המתח על-פני כל נגד.

שאלה 9

מערכת השקיה מורכבת מצינור ראשי בעל ספיקה קבועה, S , שיוצאים ממנו צינורות השקיה קטנים משני סוגים: צינורות מסוג I, שכל אחד מהם הוא בעל ספיקה קבועה S_1 , וצינורות מסוג II, שכל אחד מהם הוא בעל ספיקה קבועה S_2 . מערכת ההשקיה מאפשרת הפעלה של חלק מהצינורות מסוג I ומסוג II.

נתונים: $S = 100 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$, $S_1 = 2 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$, $S_2 = 4 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$

- א. 1. מהו המספר המרבי של צינורות מסוג I שאפשר להפעילם בו־זמנית?
2. מהו המספר המרבי של צינורות מסוג II שאפשר להפעילם בו־זמנית?
- ב. ניתן להפעיל בו־זמנית צירוף של n_1 צינורות מסוג I ו־ n_2 צינורות מסוג II. כתוב משוואה המתארת את הקשר בין מספר הצינורות לבין הספיקות שלהם ולבין הספיקה S .
- ג. סרטט במחברתך מערכת צירים, שבה הציר האנכי יבטא את מספר הצינורות המופעלים מסוג I (n_1) והציר האופקי יבטא את מספר הצינורות המופעלים מסוג II (n_2). על סמך פתרוןך בסעיף ב', סרטט במערכת צירים זו את הגרף הלינארי של n_2 כתלות ב־ n_1 .
- ד. כל צינור משקה שתיל אחד. חשב מהו צירוף הצינורות (כמה צינורות מסוג I וכמה צינורות מסוג II) המאפשר השקיה בו־זמנית של 30 שתילים.

בהצלחה!

נספח: לשאלה 4

לשאלון 896202, קיץ תשע"ח

מקום להצגת נבחן

שאלה 3	שאלה 2	שאלה 1	נושא המשימה
נפח של גוף	תנועת חללית	תהליך הנשימה $B(t) \left[\frac{\text{ml}}{\text{sec}} \right]$ קצב השאיפה של האוויר	1 רשום גדלים ויחידות בכל תא ריק כך שתתקיים אנלוגיה בין הגדלים בשלושת התאים
	$W(r) \text{ [J]}$ כמות האנרגיה שיש להשקיע בהעברת החללית ממרחק $r_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m}$ ועד למרחק r ממרכז כוכב מאדים		2 רשום גדלים ויחידות בכל תא ריק כך שתתקיים אנלוגיה בין הגדלים בשלושת התאים
			3 רשום בכל תא ריק ביטוי במילים או ביטוי מתמטי המתאר את הקשר בין הגודל שבשורה 2 לגודל שבשורה 1.