

אלגברה

לינארית

α	β	χ	δ
ε	ϕ	φ	γ
η	ι	κ	λ
μ	ν	$\omicron$	π
$\wp$	θ	ϑ	ρ
σ	ς	τ	υ
ω	ξ	ψ	ζ

גיא סלומון

סטודנטים יקרים

ספר תרגילים זה הינו פרי שנות ניסיון רבות של המחבר בהוראת מתמטיקה באוניברסיטת תל אביב, באוניברסיטה הפתוחה, במכללת שנקר ועוד.

שאלות תלמידים וטעויות נפוצות וחוזרות הולידו את הרצון להאיר את הדרך הנכונה לעומדים בפני קורס חשוב זה.

הספר עוסק באלגברה לינארית והוא מתאים לתלמידים במוסדות להשכלה גבוהה – אוניברסיטאות או מכללות.

הספר מסודר לפי נושאים ומכיל את כל חומר הלימוד, בהתאם לתוכניות הלימוד השונות. הניסיון מלמד כי לתרגול בקורס זה חשיבות יוצאת דופן, ולכן ספר זה בולט בהיקפו ובמגוון התרגילים המופיעים בו.

לכל התרגילים בספר פתרונות מלאים באתר www.GooL.co.il
הפתרונות מוגשים בסרטוני פלאש המלווים בהסבר קולי, כך שאתם רואים את התהליכים בצורה מובנית, שיטתית ופשוטה, ממש כפי שנעשה בשיעור פרטי. הפתרון המלא של השאלה מכוון ומוביל לדרך חשיבה נכונה בפתרון בעיות דומות מסוג זה.

לדוגמאות: www.GooL.co.il/linearit.html

תקוותי היא, שספר זה ישמש מורה-דרך לכם הסטודנטים ויוביל אתכם להצלחה.

גיא סלומון



תוכן

פרק 1 - פתרון וחקירת מערכות של משוואות לינאריות.....	4
פרק 2 - מטריצות.....	10
פרק 3 - דטרמיננטות.....	17
פרק 4 - מרחבים וקטורים.....	23
פרק 5 - ערכים עצמיים, וקטורים עצמיים, לכסון..... שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.	
פרק 6 - העתקות (טרנספורמציות) לינאריות..... שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.	
פרק 7 - מטריצות והעתקות לינאריות..... שגיאה! הסימניה אינה מוגדרת.	
פרק 8 - וקטורים.....	31
פרק 9 - מספרים מרוכבים.....	40

פרק 1 - פתרון וחקירת מערכות של משוואות לינאריות

(1) מצא אילו מהמערכות הבאות הן מערכות שקולות :

$$\begin{array}{llll} x+y=3 & (4) & 2x+y=3 & (3) & x-4y=-7 & (2) & x+10y=11 & (1) \\ 2x+y=4 & & x-y=0 & & x-y=-1 & & 2x-2y=0 \end{array}$$

(2) רשום את המטריצות המתאימות למערכות המשוואות הבאות :

$$\begin{array}{llll} x=3 & (4) & 2x+y+z=3 & (3) & x-4y+z=-7 & (2) & x+10y=11 & (1) \\ 2x+y=4 & & x-z=0 & & x-y=-1 & & 2x-2=0 \\ z+t=8 & & & & x+y+z=5 & & x+y=3 \end{array}$$

(3) בצע על כל אחת מהמטריצות הבאות את הפעולות הרשומות מתחתיה בזו אחר זו ומצא את המטריצה המתקבלת (סדר הפעולות הוא משמאל לימין ומלמעלה למטה).

$$\begin{array}{lll} \begin{pmatrix} 3 & -4 & 8 & 1 \\ 2 & -3 & 6 & 0 \\ -1 & 4 & -5 & 1 \end{pmatrix} & (3) & \begin{pmatrix} 4 & 1 & 0 & 2 \\ -1 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 1 & -1 \end{pmatrix} & (2) & \begin{pmatrix} 3 & 5 & -1 & 0 \\ 2 & 1 & 4 & 2 \\ 5 & 0 & -2 & 6 \end{pmatrix} & (1) \\ R_1 \rightarrow R_1 + 3R_3, R_2 \rightarrow R_2 + 3R_3 & & R_2 \rightarrow 4R_2, R_2 \rightarrow R_2 + R_1 & & R_1 \leftrightarrow R_2, R_1 \rightarrow 2R_1 \\ R_1 \rightarrow 5R_1 - 8R_2 & & R_2 \leftrightarrow R_3, R_3 \rightarrow R_3 - 3R_2 & & R_3 \rightarrow R_3 + R_1, R_1 \leftrightarrow R_3 \end{array}$$

(4) מצא איזה פעולה אלמנטרית אחת יש לבצע על המטריצה שמשמאל כדי לקבל את המטריצה מימין :

$$\begin{array}{l} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 4 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 6 & -3 & 9 \\ 4 & 1 & 1 \end{pmatrix} & (1) \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & -4 & 1 \\ 4 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 4 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & -4 & 1 \\ 0 & 2 & 17 & -3 \\ 0 & 1 & 0 & 4 \end{pmatrix} & (2) \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 4 & 4 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 4 & 2 \\ 4 & 4 \end{pmatrix} & (3) \end{array}$$

(5) א. הסבר והדגם את המושגים מטריצה מדורגת, מטריצה מדורגת קנונית ודירוג מטריצות.

ב. הבא את המטריצות הבאות לצורה **מדורגת** (בסעיפים 1,3,5,7 גם לצורה **מדורגת קנונית**):

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 5 \\ 3 & 8 & 4 & 17 \end{pmatrix}^{(3)} \quad \begin{pmatrix} 3 & 6 & 3 & -6 & 5 \\ 2 & 4 & 1 & -2 & 3 \\ 1 & 2 & -1 & 2 & 1 \end{pmatrix}^{(2)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & -2 & 4 & 1 \\ 2 & 5 & -8 & -1 & 6 & 4 \\ 1 & 4 & -7 & 5 & 2 & 8 \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}^{(6)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 & 5 \\ 2 & 5 & 3 & 1 & 6 \\ 1 & -1 & -2 & 2 & 1 \\ -2 & 3 & 5 & -4 & -1 \end{pmatrix}^{(5)} \quad \begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 & 5 \\ 0 & 11 & -5 & 3 \\ 2 & -5 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{pmatrix}^{(4)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1+i \\ 1+i & 2i \\ 2+i & 1+3i \end{pmatrix}^{(*9)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 3 & -2 & 2 & 3 \\ 1 & 4 & -3 & 4 & 2 \\ 2 & 3 & -1 & -2 & 9 \\ 1 & 3 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 5 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 5 & -6 & 6 & 3 \end{pmatrix}^{(8)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 & 5 \\ 2 & 5 & 3 & 1 & 6 \\ -1 & 1 & 2 & -2 & -1 \\ -2 & 3 & 5 & -4 & -1 \\ 3 & -2 & -5 & 1 & -1 \end{pmatrix}^{(7)}$$

$$F=\square, F=\square$$

* בתרגיל 9, עליך לדרג את המטריצה פעם מעל השדה $\square$ ופעם מעל השדה $\square$.

(6) פתור את מערכות המשוואות הבאות בשיטת גאוס (כלומר, על ידי דרוג).

$$\begin{array}{lll} 8x - 4y = 10 & (3) & 4x + 8y = 20 & (2) & 2x + 3y = 8 & (1) \\ -6x + 3y = 1 & & 3x + 6y = 14 & & 5x - 4y = -3 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} x + 2y + 3z = 3 & (6) & x + 2y + 3z = -11 & (5) & 2x_1 - x_2 - 3x_3 = 5 & (4) \\ 4x + 6y + 16z = 8 & & 2x + 3y - z = -5 & & 3x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 5 & \\ 3x + 2y + 17z = 1 & & 3x + y - z = 2 & & 10x_1 - 6x_2 - 2x_3 = 32 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 3x - 2y = 1 & (9) & 4x - 7y = 0 & (8) & x + 3y = 2 & (7) \\ -9x + 6y = -3 & & 8x - 14y = 2 & & 2x + y = -1 & \\ 6x - 4y = 2 & & -16x + 28y = 4 & & x - y = -2 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} x + 2y + 2z = 2 & (12) & x_1 + 5x_2 + 4x_3 - 13x_4 = 3 & (11) & x + 2y - 3z + 2t = 2 & (10) \\ 3x - 2y - z = 5 & & 3x_1 - x_2 + 2x_3 + 5x_4 = 2 & & 2x + 5y - 8z + 6t = 5 & \\ 2x - 5y + 3z = -4 & & 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 = 0 & & 6x + 8y - 10z + 4t = 8 & \\ 2x + 8y + 12z = 0 & & & & & \end{array}$$

(7) מצא לאילו ערכי k (אם יש כאלה) יש למערכות הבאות:

א. פתרון יחיד. ב. אף פתרון. ג. אינסוף פתרונות.

$$\begin{array}{lll} x + 2ky + z = 0 & (3) & x + ky + z = 1 & (2) & x - y + z = 1 & (1) \\ 3x + y + kz = 2 & & x + y + kz = 1 & & 5x - 7y + (k^2 + 3)z = k^2 + 1 \\ x + 9ky + 5z = -2 & & kx + y + z = 1 & & 3x - y + (k + 3)z = 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} x + ky + 3z = 2 & (6) & kx - y = 1 & (5) & 2x - y + z = 0 & (4) \\ kx - y + z = 4 & & (k - 2)x + ky = -2 & & x + 2y - z = 0 \\ 3x + y + (2 + k)z = 0 & & (k^2 - 1)z = 9 & & 5x + (1 - k)y + k^2z = 1 \end{array}$$

(8) מצא לאילו ערכי k (אם יש כאלה) יש למערכות הבאות :

א. פתרון יחיד. ב. אף פתרון. ג. אינסוף פתרונות.

$$\begin{array}{lll} 3x + 4y - z = 2 & (3) & 2x - 3y + z = 1 & (2) & 2x + ky = 3 & (1) \\ kx - 2y + z = -1 & & 4x + (k^2 - 5k)y + 2z = k & & (k + 3)x + 2y = k^2 + 5 \\ x + 8y - 3z = k & & & & 6x + 3ky = 7k^2 + 2 \\ 2x + 6y - 2z = 0.5k + 1 & & & & \end{array}$$

(9) מצא לאילו ערכים של a ושל b (אם יש כאלה) יש למערכות הבאות :

א. פתרון יחיד. ב. אף פתרון. ג. אינסוף פתרונות.

$$\begin{array}{lll} x + y - z + t = 1 & (3) & 2x + 4y + az = -1 & (2) & x + 2y - 4z = b & (1) \\ ax + y + z + t = b & & x + 2y + 4z = -4 & & 7x - 10y + 16z = 7 \\ 3x + 2y + at = 1 + a & & x + 2y - 4z = 0 & & 2x - ay + 3z = 1 \\ & & x + 2y + 6z = -2b & & \end{array}$$

(10) נתונה מערכת המשוואות :

$$\begin{array}{l} x + az = 1 \\ y + 2z = 2 \\ bx + cy + dz = 3 \end{array}$$

א. מצא תנאי עבור a, b, c, d כך שלמערכת יהיה פתרון יחיד.

ב. מצא תנאי עבור b, c, d כך שלכל a למערכת יהיו אינסוף פתרונות.

(11) פתור את מערכת המשוואות הבאה בשיטת גאוס מעל השדה F .

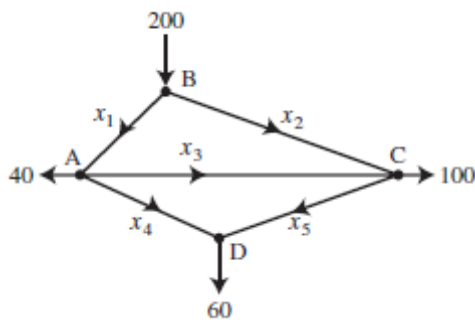
$$\begin{array}{lll} z_1 + iz_2 + (1 - i)z_3 = 1 + 4i & (2) & x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 1 & (1) \\ iz_1 + z_2 + (1 + i)z_3 = 2 + i & & 2x_1 + 4x_2 + 4x_3 = 2 \\ (-1 + 3i)z_1 + (3 - i)z_2 + (2 + 4i)z_3 = 5 - i & & 3x_1 + x_3 = 0 \end{array}$$

$$\boxed{F = \square, F = \square}$$

$$\boxed{F = \square_5}$$

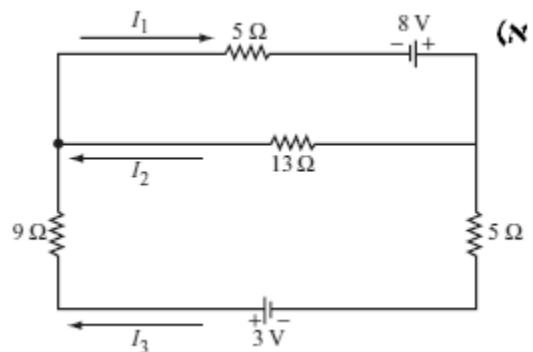
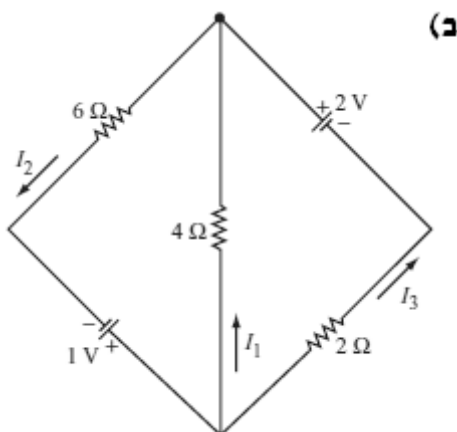
$$(12) \text{ נתונה המערכת: } \begin{cases} x + y - z = 1 \\ 3x - 7y + (k^2 + 1)z = k^2 - 1 \\ 4x - 6y + (k + 2)z = 4 \end{cases}$$

- א. רשום את המטריצה המתאימה למערכת המשוואות.
 ב. רשום את הצורה המדורגת של המטריצה מסעיף א.
 ג. מצא לאילו ערכי k יש למערכת: 1. פתרון יחיד. 2. אף פתרון. 3. אינסוף פתרונות.
 ד. רשום את הפתרון הכללי במקרה בו יש אינסוף פתרונות.
 ה. מצא לאילו ערכי k יש למערכת פתרון שבו $z = 0$.
 ו. מצא לאילו ערכי k יש למערכת פתרון יחיד שבו $z = 0$.
 ז. מצא עבור איזה ערך של k פתרון של המשוואה השלישית הוא $(1, 2, 3)$. האם ייתכן שהפתרון הנ"ל הוא גם פתרון של כל המערכת? הסבר.
 ח. מצא לאיזה ערך של k , $(1, 0, 0)$ הוא הפתרון היחיד של המערכת.



- (13) באיור שלפניך רשת זרימה המתארת את זרם התנועה (במכוניות לדקה) של מספר רחובות בתל אביב.
 א. מצא את תבנית הזרימה הכללית של הרשת.
 ב. מצא את תבנית הזרימה הכללית של הרשת אם ידוע שהכביש שהזרם שלו x_4 סגור.
 ג. מהו הערך המינימלי של x_1 אם ידוע ש- $x_4 = 0$.

- (14) מצא את הזרמים במעגלים החשמליים הבאים (חוקי קירקהוף וחוק אוהם):



* בפרק 3 (דטרמיננטות) תמצא שאלות נוספות הנוגעות בנושא מערכת משוואות לינאריות.

תשובות:

לפתרון מלא בסרטון פלאש היכנסו ל- www.GooL.co.il

כתב ופתר – גיא סלומון ©

(1) (1 ו-3) שקולות ו-2 (4) שקולות.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 8 \end{pmatrix}^{(4)} \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 3 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}^{(3)} \begin{pmatrix} 1 & -4 & 1 & -7 \\ 1 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 5 \end{pmatrix}^{(2)} \begin{pmatrix} 1 & 10 & 11 \\ 2 & -2 & 0 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix}^{(1)} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & -4 & 4 \\ 0 & 5 & -4 & 2 \\ -1 & 4 & -5 & 1 \end{pmatrix}^{(3)} \begin{pmatrix} 4 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 3 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 5 \end{pmatrix}^{(2)} \begin{pmatrix} 9 & 2 & 6 & 8 \\ 3 & 5 & -1 & 0 \\ 4 & 2 & 8 & 2 \end{pmatrix}^{(1)} \quad (3)$$

$$R_2 \rightarrow 2R_2 + 4R_1 \quad (2) \quad R_2 \rightarrow R_2 - 4R_1 \quad (2) \quad R_1 \rightarrow 2R_1 + R_2 \quad (1) \quad (4)$$

(5) ב.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 24 & 21 \\ 0 & 1 & -2 & 0 & -8 & -7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & -2 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & -2 & 3 & -2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 3 & -6 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{17}{3} \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{2}{3} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{4}{3} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 3 \\ 0 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 3 & 4 \end{pmatrix}^{(3)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -1 & 2 \\ 0 & 11 & -5 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(4)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 1 & -5 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(5)}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(6)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 & 5 \\ 0 & 1 & 1 & -5 & -4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -2 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1+i \\ 1+i & 2i \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 1+i \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$F=\square \quad F=\square$

(6)

$$(x, y) = (5 - 2t, t) \quad (2) \quad (x, y) = (1, 2) \quad (1)$$

$$\phi \quad (4) \quad \phi \quad (3)$$

$$(x, y, z) = (-1 - 7t, 2 + 2t, t) \quad (6) \quad (x_1, x_2, x_3) = (1, -3, -2) \quad (5)$$

$$\phi \quad (8) \quad (x, y) = (-1, 1) \quad (7)$$

$$(x, y, z, t) = (-a + 2b, 1 + 2a - 2b, a, b) \quad (10) \quad (x, y) = \left(\frac{1+2t}{3}, t\right) \quad (9)$$

$$(x, y, z) = (2, 1, -1) \quad (12) \quad \phi \quad (11)$$

$$\text{א. } k = -2 \quad \text{ב. } k \neq 1, k \neq -2 \quad \text{ג. } k = -2 \quad \text{ד. } k = 1 \quad \text{ה. } k \neq 1, k \neq -2 \quad \text{ו. } k = 1 \quad (17)$$

$$k = 1, k = -0.4 \quad \text{ב. } k \neq 1, k \neq -0.4 \quad \text{א. } k = -1 \quad \text{ג. } k = \frac{4}{7} \quad \text{ד. } k \neq -1, k \neq \frac{4}{7} \quad (3)$$

$$\text{א. } k = \pm 1, k = -2 \quad \text{ב. } k \neq \pm 1, k \neq -2 \quad (5)$$

$$\text{א. } k = -1, k = -3, k = 2 \quad \text{ג. } k \neq -1, k \neq -3, k \neq 2 \quad (6)$$

$$k = 1 \quad \text{ב. } k \neq 1 \quad \text{א. } k \neq 3 \quad \text{ג. } k = 3 \quad \text{ד. } k = 1 \quad \text{ה. } k \neq \pm 1 \quad \text{ו. } k = -1 \quad (8)$$

(9)

$$\text{א. } a = 2, b = -3 \quad \text{ג. } a = 2, b \neq -3 \quad \text{ב. } a \neq 2 \quad (1)$$

$$(2) \quad a = -6, b = 2.5 \text{ ג. } a \neq -6 \text{ או } b \neq 2.5$$

$$(3) \quad a \neq 2 \text{ או } a = 2, b = 2 \text{ ג. } a = 2, b \neq 2$$

$$(10) \quad ab + 2c \neq d \text{ ג. } b = 0, c = 1.5, d = 3$$

(11)

$$(z_1, z_2, z_3)_{F=\square} = (2, 3, -1), (z_1, z_2, z_3)_{F=\square} = ((-1+i)t + 1+i, 3, t) \quad (2) \quad (x_1, x_2, x_3) = (0, 3, 0) \quad (1)$$

$$(12) \quad \text{א. } \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & -10 & k^2 + 4 & k^2 - 4 \\ 0 & 0 & -k^2 + k + 2 & 4 - k^2 \end{pmatrix} \text{ ב. } \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 \\ 3 & -7 & k^2 + 1 & k^2 - 1 \\ 4 & -6 & k + 2 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\text{ג. } k = 2 \text{ . 3 } k = -1 \text{ . 2 } k \neq 2, k \neq -1 \text{ . 1}$$

$$\tau \quad (x, y, z) = (1 + 0.2t, 0.8t, t)$$

$$\text{ה. } k = \pm 2 \text{ . ו. } k = -2 \text{ . ז. } k = 2 \text{ . ח. } k = -2$$

$$(13) \quad \text{א. } x_3 \text{ ו- } x_5 \text{ חופשיים. } x_4 = 60 - x_5, x_2 = 100 - x_3 + x_5, x_1 = 100 + x_3 - x_5$$

$$\text{ב. } x_3 \text{ חופשי. } x_5 = 60, x_4 = 0, x_2 = 160 - x_3, x_1 = 40 + x_3$$

ג. 40

$$(14) \quad \text{א. } I_1 = \frac{255}{317}, I_2 = \frac{97}{317}, I_3 = \frac{158}{317} \text{ ב. } I_1 = -\frac{5}{22}, I_2 = \frac{7}{22}, I_3 = \frac{6}{11}$$

פרק 2 - מטריצות

$$(1) \quad \text{נתונות מטריצות: } A_{4 \times 6}, B_{4 \times 6}, C_{6 \times 2}, D_{4 \times 2}, E_{6 \times 4}$$

קבע מי מבין המטריצות הבאות מוגדרות. במידה והמטריצה מוגדרת רשום את סדר

לפתרון מלא בסרטון פלאש היכנסו ל- www.GooL.co.il

כתב ופתר - גיא סלומון ©

המטריצה.

$$\begin{array}{llllll} B+AB & (5) & AE-B & (4) & AC-D & (3) & AB & (2) & A+B & (1) \\ E(B-A) & (10) & E(AC) & (9) & E^T B & (8) & (E+A^T)D & (7) & E(B+A) & (6) \end{array}$$

(2) מצא את x, y, z , אם ידוע כי :

$$\begin{pmatrix} x+2y & 3x-2y \\ 2x-5y & 2x+8y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2-2z & 5+z \\ -4-3z & -12z \end{pmatrix}$$

(3) נתונות המטריצות הבאות :

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 1 & 2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 4 & 1 \\ 0 & -2 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 4 & 2 & 10 \end{pmatrix}, E = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$I_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, I_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

חשב (במידה וניתן) :

$$\begin{array}{llllll} 2tr(D^2 - 2E) & (5) & 2D + 4EI_3 & (4) & 5C & (3) & E - D + I_3 & (2) & E + D & (1) \\ DABC & (10) & tr(C^T C) & (9) & I_2 BC & (8) & \frac{1}{2}A^T + \frac{1}{4}C & (7) & 4C^T + A & (6) \end{array}$$

(4) בכל אחד מהסעיפים הבאים מצא מטריצות A , ו- $\underline{b}$ המבטאות את מערכת המשוואות

הנתונה ע"י המשוואה היחידה $A\underline{x} = \underline{b}$.

$$\begin{array}{ll} 2x - 3y + z + t = 1 & (2) \quad 2x + y - z = 3 \quad (1) \\ 4x + y + 2z = 4 & x + 2y - 4z = 5 \\ y + z + t = 1 & 6x + 4y + z = 2 \\ x - 4z - 2y = 10 & \end{array}$$

(5) נתון :

$$A = \begin{pmatrix} 4 & -2 & 4 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & -6 & 3 \end{pmatrix} \quad \underline{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \underline{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

בטא כל אחת מהמשוואות הבאות כמערכת משוואות לינאריות:

$$A^T \underline{x} = 2\underline{x} + 3\underline{b} \quad (5) \quad A\underline{x} = \underline{x} \quad (4) \quad A\underline{x} = -k\underline{x} + \underline{b} \quad (3) \quad A\underline{x} = 4\underline{x} + \underline{b} \quad (2) \quad A\underline{x} = \underline{b} \quad (1)$$

(6) מטריצה ריבועית A תיקרא סימטרית אם $A^T = A$ ואנטי-סימטרית אם $A^T = -A$.

א. ידוע ש- A מטריצה ריבועית. מי מבין הבאים נכון:

1. AA^T סימטרית. 2. $A + A^T$ סימטרית. 3. $A - A^T$ אנטי-סימטרית.

ב. ידוע ש- A ו- B אנטי-סימטריות מאותו סדר. מי מבין הבאים נכון:

1. $BABABA$ אנטי-סימטרית. 2. $A^2 - B^2$ סימטרית. 3. $A^2 + B$ סימטרית.

ג. ידוע ש- A ו- B סימטריות מאותו סדר ונתון כי $AB = -BA$. מי מבין הבאים נכון:

1. AB^3 אנטי-סימטרית. 2. AB^2 סימטרית. 3. $(A - B)^2$ סימטרית.

ד. ידוע ש- A סימטרית ו- B אנטי סימטרית מאותו סדר ונתון כי $AB = BA$. הוכח:

1. AB אנטי-סימטרית. 2. $AB + B$ אנטי-סימטרית.

ה. נתון: A, B, AB סימטריות מאותו סדר. הוכח כי $A^4 B^4 = B^4 A^4$.

(7) מצא את ההפוכה של כל מטריצה. בדוק תשובתך על ידי כפל מטריצות מתאים.

$$\begin{pmatrix} 4 & 1.5 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}^{(3)} \quad \begin{pmatrix} 5 & 2 \\ 7 & 3 \end{pmatrix}^{(2)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 1 \\ 3 & -2 & 2 \\ 5 & -3 & 4 \end{pmatrix}^{(6)} \quad \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & -1 \\ 5 & 2 & 3 \end{pmatrix}^{(5)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 4 & -1 & 8 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}^{(4)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 4 & 2 & 2 & 3 \\ 2 & -1 & 2 & -1 \\ 4 & 0 & 2 & -2 \end{pmatrix}^{(9)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 & 4 \\ 1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & -1 & -2 \end{pmatrix}^{(8)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}^{(7)}$$

$$(8) \text{ א. עבור אילו ערכים של הקבוע } k \text{ המטריצה הבאה הפיכה: } \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 5 & -7 & k^2 + 3 \\ 3 & -1 & k + 3 \end{pmatrix}.$$

ב. עבור אילו ערכים של הקבוע k המטריצה הבאה איננה הפיכה:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & k \\ 1 & 1 & 1 & k & 1 \\ 1 & 1 & k & 1 & 1 \\ 1 & k & 1 & 1 & 1 \\ k & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(9) פתור את מערכות המשוואות הבאות בעזרת המטריצה ההפוכה:

$$\begin{aligned} x + 4y + 2z + 4t &= 1 & (2) \quad 2x - y + z &= 3 & (1) \\ x + 2y - z &= 0 & 3x - 2y + 2z &= 5 \\ y + z + t &= 1 & 5x - 3y + 4z &= 11 \\ x + 3y - z - 2t &= 0 \end{aligned}$$

(10) א. הנח שכל המטריצות הן הפיכות מסדר n וחלץ את X :

$$\begin{aligned} P^{-1}X^T P &= A & (3) \quad A^{-1}XC &= A^{-1}DC & (2) \quad AXC &= D & (1) \\ ABC^T X^{-1}BA^T C &= AB^T & (6) \quad (A - AX)^{-1} &= X^{-1}C & (5) \quad C^{-1}(A + X)D^{-2} &= I & (4) \end{aligned}$$

ב. נתון $B = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 9 \end{pmatrix}$. חשב את X אם ידוע כי $B^2 X (2B)^{-1} = B + I$.

ג. נתון $B^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 4 & -1 & 8 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$. חשב את Y אם ידוע כי $BYB^T = B^{-1} + B$.

ד. נתון $A^{-1} = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 7 \end{pmatrix}$. חשב את B אם נתון $5A^T B (I + 2A)^{-2} = (7A)^{-2}$.

(11) א. נתון: A מטריצה ריבועית המקיימת $A^2 - 5A - 2I = 0$.

הוכח: A הפיכה ובטא את A^{-1} במונחי A ו- I .

ב. נתון: A מטריצה ריבועית המקיימת $(A-3I)(A+2I)=0$.

הוכח: A הפיכה ובטא את A^{-1} במונחי A ו- I .

ג. נתונים: $p(x) = x^3 - 4x^2 - 20x + 48$, $A = \begin{pmatrix} -1 & 3 & 0 \\ 3 & -1 & 0 \\ -2 & -2 & 6 \end{pmatrix}$.

1. חשב את $p(A)$.

2. בעזרת תוצאת סעיף 1 (ולא בדרך אחרת) הוכח ש- A והפיכה ובטא את A^{-1} בעזרת A

ו- I בלבד.

(12) נתון: A מטריצה ריבועית המקיימת $A^4 = 0$.

א. הוכח כי A לא הפיכה.

ב. הוכח כי המטריצה $I - A$ הפיכה ומצא את ההופכית שלה.

(13) נתון: $\begin{cases} P^{-1}AP = B \\ Q^{-1}BQ = C \end{cases}$. הוכח כי קיימת מטריצה הפיכה D כך ש- $D^{-1}AD = C$.

* הנח שכל המטריצות הנתונות ריבועיות, מאותו סדר והפיכות.

** לסטודנטים המכירים את המושג דימיון מטריצות ניתן לנסח את השאלה כך:

הוכח: אם A דומה ל- B ו- B דומה ל- C אז A דומה ל- C (כלומר יחס הדימיון

הוא יחס טרנזיטיבי).

הערה

בפרק 3 (דטרמיננטות) תמצא שאלות נוספות הנוגעות למטריצה ההפוכה.

תשובות:

(1) $\begin{pmatrix} 1 & 4 \times 6 \\ 2 & 4 \times 2 \\ 3 & 4 \times 2 \\ 4 & 4 \times 2 \\ 5 & 4 \times 2 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 6 \times 6 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 6 \times 6 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 6 \times 6 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 6 \times 6 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \\ 6 \times 2 \end{pmatrix}$

$$(x, y, z) = (2, 1, -1) \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} 18 & 12 & 8 \\ -2 & 0 & 2 \\ 24 & 8 & 16 \end{pmatrix}^{(4)} \quad \begin{pmatrix} 5 & 20 & 10 \\ 20 & 5 & 25 \end{pmatrix}^{(3)} \quad \begin{pmatrix} 4 & -3 & -1 \\ -2 & 1 & 2 \\ 0 & -1 & -10 \end{pmatrix}^{(2)} \quad \begin{pmatrix} 5 & 5 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 8 & 3 & 9 \end{pmatrix}^{(1)} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} 8 & 17 & 13 \\ -8 & -2 & -10 \end{pmatrix}^{(8)} \quad \begin{pmatrix} 2.25 & 1.5 & 0 \\ 1 & 1.25 & 1.75 \end{pmatrix}^{(7)} \quad \begin{pmatrix} 8 & 16 \\ 17 & 6 \\ 7 & 21 \end{pmatrix}^{(6)} \quad 230 \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} -32 & 82 & -22 \\ 48 & 87 & 75 \\ -48 & 108 & -36 \end{pmatrix}^{(10)} \quad 63 \quad (9)$$

(4)

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & -1 \\ 1 & 2 & -4 \\ 4 & 4 & 1 \end{pmatrix} \quad \underline{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \underline{b} = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -3 & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -4 & 0 \end{pmatrix} \quad \underline{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{pmatrix} \quad \underline{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \\ 10 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{array}{lll} (4+k)x - 2y + 4z = 1 & (3) & -2y + 4z = 1 \quad (2) \quad 4x - 2y + 4z = 1 \quad (1) \quad (5) \\ x + (k-1)y + z = 2 & & x - 5y + z = 2 \quad x - y + z = 2 \\ x - 6y + (3+k)z = 3 & & x - 6y - z = 3 \quad x - 6y + 3z = 3 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 2x + y + z = 3 & (5) & 3x - 2y + 4z = 0 \quad (4) \\ -2x - 3y - 6z = 6 & & x - 2y + z = 0 \\ 4x + y + z = 9 & & x - 6y + 2z = 0 \end{array}$$

$$1, 2, 3 \text{ ג.} \quad 2. \text{ב.} \quad 1, 2, 3 \text{ א.} \quad (6)$$

(7)

$$\begin{aligned}
 & \begin{pmatrix} 1 & -1.5 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}^{(3)} & \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -7 & 5 \end{pmatrix}^{(2)} & \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1.5 & -0.5 \end{pmatrix}^{(1)} \\
 & \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}^{(6)} & \begin{pmatrix} 8 & -1 & -3 \\ -5 & 1 & 2 \\ -10 & 1 & 4 \end{pmatrix}^{(5)} & \begin{pmatrix} -11 & 2 & 2 \\ 4 & -1 & 0 \\ 6 & -1 & -1 \end{pmatrix}^{(4)} \\
 & \begin{pmatrix} 7 & -2 & 3 & -1 \\ -10 & 3 & -5 & 2 \\ -10 & 3 & -4 & 1.5 \\ 4 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}^{(9)} & \begin{pmatrix} 7 & -10 & -20 & 4 \\ -2 & 3 & 6 & -1 \\ 3 & -5 & -8 & 2 \\ -1 & 2 & 3 & -1 \end{pmatrix}^{(8)} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{pmatrix}^{(7)}
 \end{aligned}$$

$$k=1, k=-4 \quad (2) \quad . \quad k \neq 1, k \neq -2 \quad (1) \quad (8)$$

$$(x, y, z, t) = (-13, 4, -5, 2) \quad (2) \quad . \quad (x, y, z) = (1, 2, 3) \quad (1) \quad (9)$$

$$. \quad CD^2 - A \quad .4 \quad . \quad (P^{-1})^T A^T P^T \quad .3 \quad . \quad D \quad .2 \quad . \quad A^{-1}DC^{-1} \quad .1 \quad . \quad \aleph \quad (10)$$

$$BA^T C(B^{-1})^T BC^T \quad .6 \quad . \quad (A+C^{-1})^{-1} A \quad .5$$

$$B = \frac{1}{245} \begin{pmatrix} 264 & 450 \\ 448 & 768 \end{pmatrix} \quad .7 \quad Y = \begin{pmatrix} 22 & 86 & 38 \\ 64 & 246 & 114 \\ 60 & 238 & 100 \end{pmatrix} \quad .ג \quad X = 4 \begin{pmatrix} 5 & -1 \\ -2 & 1 \end{pmatrix} \quad .ב$$

$$. \quad A^{-1} = \frac{1}{6}A - \frac{1}{6}I \quad .ב \quad A^{-1} = 0.5A - 2.5I \quad .א \quad (11)$$

$$. \quad B^{-1} = -\frac{1}{48}B^2 + \frac{1}{12}B + \frac{5}{12}I \quad .2 \quad , \quad f(B) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad .1 \quad .ג$$

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 \quad .ב \quad (12)$$

פרק 3 - דטרמיננטות

(1) חשב את הדטרמיננטה של המטריצות הבאות על ידי הורדת סדר (פיתוח לפי שורה/עמודה):

$$\begin{pmatrix} 4 & -1.5 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}^{(3)}$$

$$\begin{pmatrix} 5 & 2 \\ -7 & 3 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 3 & -2 & 5 \\ 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}^{(6)}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(5)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 4 & 1 & 8 \\ 2 & 0 & 3 \end{pmatrix}^{(4)}$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 5 \\ 1 & 7 & 2 & 4 \\ 4 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & -1 & 1 \end{pmatrix}^{(9)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & 5 \\ -2 & 0 & -6 & 0 \\ 5 & 3 & -7 & 4 \\ 2 & 0 & 5 & 44 \end{pmatrix}^{(8)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}^{(7)}$$

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 7 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ -7 & 2 & 1 & 5 & 9 \\ 3 & 0 & 4 & 2 & -1 \\ -5 & 0 & -8 & -3 & 2 \end{pmatrix}^{(11)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 9 & 8 & 3 & 4 \\ 3 & 0 & -5 & 0 & 2 \\ 2 & -4 & 1 & 0 & 3 \\ 4 & 1 & 7 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(10)}$$

(2) חשב את הדטרמיננטה של המטריצות הבאות על ידי דירוג.

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -3 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 4 \\ -1 & 2 & 8 & 5 \\ 3 & -1 & -2 & 3 \end{pmatrix}^{(3)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 2 & -5 \\ 2 & 5 & 4 & -3 \\ -1 & -2 & -1 & -1 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 2 \\ -2 & -5 & 7 & 4 \\ 3 & 5 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & -1 \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -1 & 0 & -2 \\ 1 & 5 & -5 & -1 & -8 \\ 0 & 0 & 2 & 3 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 7 \end{pmatrix}^{(6)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 0 & -2 \\ 3 & 4 & -5 & -1 & -8 \\ 0 & 0 & 2 & 3 & 9 \\ 0 & 0 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 2 & 7 \end{pmatrix}^{(5)}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & -1 & 0 & -2 \\ 1 & 5 & -5 & -1 & -8 \\ -2 & -6 & 2 & 3 & 9 \\ 3 & 7 & -3 & 8 & -7 \\ 3 & 5 & 5 & 2 & 7 \end{pmatrix}^{(4)}$$

(3) חשב את הדטרמיננטה של המטריצות הבאות על ידי שילוב של הורדת סדר ודירוג:

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 4 & 1 \\ 6 & 12 & 10 & 3 \\ 6 & -2 & -4 & 0 \\ -6 & 7 & 7 & 0 \end{pmatrix}^{(3)}$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 & 3 & 0 \\ 3 & 4 & 3 & 0 \\ 5 & 4 & 6 & 6 \\ 3 & 4 & 7 & 3 \end{pmatrix}^{(2)}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 & -3 & -1 \\ 3 & 0 & 1 & -3 \\ -6 & 0 & -4 & 9 \\ 6 & 15 & -7 & -2 \end{pmatrix}^{(1)}$$

(4) ללא חישוב, הראה שהדטרמיננטה של המטריצות הבאות שווה אפס:

$$\begin{pmatrix} 12 & 15 & 18 \\ 13 & 16 & 19 \\ 14 & 17 & 20 \end{pmatrix}^{(3)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 5 & 7 & 9 \end{pmatrix}^{(2)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 7 & 0 & 12 \\ 3 & 0 & 2 \end{pmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{pmatrix} \sin^2 x & \cos^2 x & 1 \\ \sin^2 y & \cos^2 y & 1 \\ \sin^2 z & \cos^2 z & 1 \end{pmatrix}^{(6)} \quad \begin{pmatrix} a & a+x & a+y \\ b & b+x & b+y \\ c & c+x & c+y \end{pmatrix}^{(5)} \quad \begin{pmatrix} y+z & z+x & y+x \\ x & y & z \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}^{(4)}$$

$$\begin{pmatrix} 3 & -1 & 4 & 5 & 0 & 1 & -12 \\ -14 & 4 & 1 & -4 & 1 & 8 & 4 \\ 3 & 5 & -2 & 0 & -4 & 1 & -3 \\ -4 & 2 & 1 & 1 & 0 & 6 & -6 \\ -21 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 1 \\ 2 & -5 & 7 & -4 & 2.5 & -1 & -1.5 \\ -11 & 2 & -6 & 9 & -1 & 3 & 4 \end{pmatrix}^{(7)}$$

$$(5) \text{ נתון: } \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{vmatrix} = 4. \text{ חשב:}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & g+3d & 3a & a+3d \\ 0 & h+3e & 3b & b+3e \\ 0 & i+3f & 3c & c+3f \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^{(3)} \quad \begin{vmatrix} 2a-3d & 2d & g+4a \\ 2b-3e & 2e & h+4b \\ 2c-3f & 2f & i+4c \end{vmatrix}^{(2)} \quad \begin{vmatrix} a & g+d & 2d \\ b & h+e & 2e \\ c & i+f & 2f \end{vmatrix}^{(1)}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & b & b^2 \\ 1 & c & c^2 \end{vmatrix} = (b-a)(c-a)(c-b) \text{ כי (6)}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \\ 1 & y & y^2 & y^3 \\ 1 & z & z^2 & z^3 \\ 1 & t & t^2 & t^3 \end{vmatrix} = (y-x)(z-x)(t-x)(z-y)(t-y)(t-z) \text{ כי (6)}$$

(7) בכל אחד מהסעיפים הבאים, נתונה מטריצה ריבועית מסדר n . חשב את הדטרמיננטה של

המטריצה הנתונה :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i+j=n+1 \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases} \quad (3) \quad a_{ij} = \begin{cases} j & i=j+1 \\ n & i=1, j=n \\ 0 & \text{אחרת} \end{cases} \quad (2) \quad a_{ij} = \begin{cases} 1 & i=j=1 \\ 0 & i=j \neq 1 \\ j & i < j \\ -j & i > j \end{cases} \quad (1)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} a & i=j \\ b & \text{אחרת} \end{cases} \quad (4) \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 3 & 3 & \dots & 3 \\ 1 & 3 & 6 & \dots & 6 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 3 & 6 & \dots & 3(n-1) \end{pmatrix} \quad (6) \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & 2 & \dots & 2 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} a & i=j \\ b & i=j+1 \\ c & j=i+1 \end{cases} \quad (*7)$$

* בסעיף 7: א. מצא נוסחת נסיגה עבור הדטרמיננטה. ב. הנח כי $a=3, b=1, c=2$ ומצא :

1. ביטוי סגור עבור הדטרמיננטה. 2. את הדטרמיננטה כאשר $n=20$.

(8) חשב :

$$\begin{vmatrix} a & b & c & d & e \\ f & g & h & i & j \\ k & l & m & n & o \\ p & q & r & s & t \\ 2a+1 & -2b & 1 & x & y \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a & b & c & d & e \\ f & g & h & i & j \\ k & l & m & n & o \\ p & q & r & s & t \\ -a-1 & 3b & c-1 & d-x & e-y \end{vmatrix}$$

(9) נתונים: A ו- B מטריצות מסדר 3, $|A|=4, |B|=2$. חשב :

$$|-2A^2 A^T \text{adj} B| \quad (4) \quad |-A^{-2} B^T A^3| \quad (3) \quad |4A^2 B^3| \quad (2) \quad |ABA^{-1} B^T| \quad (1)$$

(10) א. נתון: $(PQ)^{-1}APQ=B$ הוכח: $|A|=|B|$.

ב. נתונים: A ו- B מטריצות הפיכות מסדר 4, $2AB+3I=0$, $|A|=2$.

חשב את $|B|$.

ג. נתונים: A ו- B מטריצות הפיכות מסדר 3, $B^2-2A^{-1}=0$, $A+3B=0$.

חשב את: $|A|, |B|$.

ד. הוכח: 1. $|A^{-1}| = \frac{1}{|A|}$ 2. $|adj(A_{n \times n})| = |A|^{n-1}$.

ה. נתון כי A מטריצה אנטיסימטרית מסדר אי זוגי. הוכח ש- $|A| = 0$.

ו. נתונים: A מטריצה מסדר n , $|A| = 128$, $2AB = B^T A^2$, מצא את n .

ז. נתונים: $\det(B_{n \times n}) = \frac{1}{3}$, $\det(A_{n \times n}) = 2$. חשב: $\det\left(\frac{1}{3}B^{-n}A^{2n}\right)$.

(11) פתור את מערכות המשוואות הבאות בעזרת כלל קרמר:

$$\begin{array}{rcl} x + 2z + 5t = 8 & (3) & x + z = 3 & (2) & x + 2y = 5 & (1) \\ -2x - 6y = -8 & & 4x + y + 8z = 21 & & 3x + 4y = 11 \\ 5x + 3y - 7z + 4t = 5 & & 2x + 3z = 8 \\ 2x + 5y + 44z = 51 \end{array}$$

(12) נתונה מערכת המשוואות:

$$\begin{array}{l} kx + y + z + t + r = 1 \\ x + ky + z + t + r = 1 \\ x + y + kz + t + r = 1 \\ x + y + z + kt + r = 1 \\ x + y + z + t + kr = 1 \end{array}$$

א. עבור איזה ערך של k למערכת פתרון יחיד?

ב. עבור איזה ערך של k למערכת פתרון יחיד שבו $x = \frac{1}{2}$?

ג. האם קיים k עבורו למערכת פתרון יחיד שבו $x = \frac{1}{5}$?

ד. הוכח שאם למערכת פתרון יחיד אז $x = y = z = t = r$.

(13) עבור כל אחת מהמטריצות הבאות חשב את הצמודה הקלסית $adj(A)$ ובעזרתה את A^{-1} .

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 & 4 \\ 1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & -1 & -2 \end{pmatrix} \quad (3) \quad A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & -1 \\ 5 & 2 & 3 \end{pmatrix} \quad (2) \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \quad (1)$$

(14) נתון:

$$A = \begin{pmatrix} -9 & 26 & -1 & 14 & 10 \\ 13 & -7 & 87 & 4 & 0 \\ 71 & 35 & 3 & 0 & 0 \\ 17 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

חשב: (1) $(adj A)_{1,5}$ (2) $(A^{-1})_{1,5}$

(15) א. הוכח שאם $|A| = 1$ וכל איברי A הם מספרים שלמים, אזי כל איברי A^{-1} הם גם מספרים שלמים.

ב. נתון ש- A מטריצה משולשית תחתונה והפיכה. הוכח ש- A^{-1} משולשית תחתונה.

ג. נתון ש- A הפיכה. הוכח שגם $adj(A)$ וגם A^T הפיכות.

ד. נתון: A, B הפיכות. C, D לא הפיכות.

האם המטריצות הבאות הפיכות: (1) $C + D$ (2) $A + B$ (3) AD (4) CD (5) AB ?

(16) מצא את ערכי k עבורם המטריצה הבאה לא הפיכה:

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 7 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 3k & 0 & 0 \\ -7k^2 & 2 & 4k & k & 9+k \\ 3 & 0 & 4 & 2 & -1 \\ -5 & 0 & -8 & -3 & 2 \end{pmatrix}$$

(17) א. חשב את שטח המקבילית שקודקודה:

1. $(0,0), (5,2), (6,5), (11,6)$ 2. $(-1,0), (0,5), (1,-4), (2,1)$.

ב. חשב את נפח המקבילון שקודקודיו: $(0,0,0), (1,0,-2), (1,2,4), (7,1,0)$.

ג. מצא משוואת מישור העובר דרך הנקודות: $(3,3,-2), (-1,3,1), (1,1,-1)$.

ד. חשב את שטח המשולש שקודקודיו: $(1,2), (3,4), (5,8)$.

הערה: בכל אחד מהסעיפים בתרגיל זה עליך להשתמש בטרמיננטות.

תשובות:

(1) $ad - bc$ (1) 29 (3) -1 (4) -1 (5) -3 (6) -14 (7) 24 (8) 234 (9) -300 (10) 9.

(11) 6 (2) 0 (1) 0 (2) 0 (3) 3 (4) 24 (5) 44 (6) 104 (3) 1 (120) 2 (114) 3 (6).

(5) 1 (8) -8 (2) 16 (3) 9 (7) 1 (n!) (2) $(-1)^{n-1} n!$ (3) $(-1)^{\frac{n(3n+1)}{2}}$.

(4) $(a-b)^{n-1}[a+(n-1)b]$ (5) 1 (6) $2 \cdot 3^{n-2}$.

(7) $D_n = aD_{n-1} - bcD_{n-2}$, $D_2 = a^2 - bc$, $D_3 = a^3 - 2abc$ א.

ב. 1. $D_n = 2^{n+1} - 1$ 2. $D_{20} = 2^{21} - 1$ (8) 0 (9) 4 (1) 4 (2) 2^{13} (3) -8 (4) -2^{11} .

(10) ב. $81/32$ ג. $|A|=18$, $|B|=-2/3$ ד. 4^n (11) 1 $x=1$, $y=2$.

(2) $x=1$, $y=1$, $z=2$ (3) $x=y=z=t=1$ (12) א. $k \neq 1$, $k \neq -4$ ב. $k=-2$.

ג. לא.

(13) $adj(A) = \begin{pmatrix} 4 & -2 \\ -3 & 1 \end{pmatrix}$ $A^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1.5 & -0.5 \end{pmatrix}$
 $adj(A) = A^{-1} = \begin{pmatrix} 8 & -1 & -3 \\ -5 & 1 & 2 \\ -10 & 1 & 4 \end{pmatrix}$ (2)

(3) $A^{-1} = \begin{pmatrix} 7 & -10 & -20 & 4 \\ -2 & 3 & 6 & -1 \\ 3 & -5 & -8 & 2 \\ -1 & 2 & 3 & -1 \end{pmatrix}$, $adj(A) = \begin{pmatrix} -7 & 10 & 20 & -4 \\ 2 & -3 & -6 & 1 \\ -3 & 5 & 8 & -2 \\ 1 & -2 & -3 & 1 \end{pmatrix}$

(14) 1 (240) 2 (0.5) (15) 1 (לא) 2 (לא) 3 (לא) 4 (לא) 5 (כן) (16) $k=0$.

(17) א. 1. 13. א. 2. 14. ב. 22 ג. $3x - y + 4z + 2 = 0$ ד. 2.

פרק 4 - מרחבים וקטורים

סימונים:

R^n - המרחב הוקטורי של כל הוקטורים הממשיים מממד n מעל השדה הממשי R .

$M_n[R]$ - המרחב הוקטורי של כל המטריצות הריבועיות מסדר n מעל השדה הממשי R .

$P_n[R]$ - המרחב הוקטורי של כל הפולינומים ממעלה קטנה או שווה ל- n מעל השדה R .

$F[R]$ - המרחב הוקטורי של כל הפונקציות הממשיות $(f: R \rightarrow R)$ מעל השדה R .

תת-מרחבים

(1) בכל אחד מהסעיפים הבאים בדוק האם W תת מרחב של R^3 :

א. $W = \{(a, b, c) \mid a + b + c = 0\}$

ב. $W = \{(a, b, c) \mid a = c\}$

ג. $W = \{(a, b, c) \mid a = 3b\}$

ד. $W = \{(a, b, c) \mid a < b < c\}$

ה. $W = \{(a, b, c) \mid a = c^2\}$

ו. $W = \{(a, b, c) \mid b = a + d, c = a + 2d\}$, כלומר a, b ו- c מהווים סדרה חשבונית.

ז. $W = \{(a, b, c) \mid b = a \cdot q, c = a \cdot q^2\}$, כלומר a, b ו- c מהווים סדרה הנדסית.

(2) בכל אחד מהסעיפים הבאים בדוק האם W תת מרחב של $M_n[R]$:

א. $W = \{A \mid A = A^T\}$, כלומר, W מורכב מן המטריצות הסימטריות.

ב. W מורכב מכל המטריצות המתחלפות בכפל עם מטריצה נתונה B .

כלומר, $W = \{A \mid AB = BA\}$.

ג. $W = \{A \mid |A| = 0\}$, כלומר, W מורכב מכל המטריצות שהדטרמיננטה שלהן אפס.

ד. $W = \{A \mid A^2 = A\}$, כלומר, W מורכב מכל המטריצות ששוות לריבוע שלהן.

ה. W מורכב מכל המטריצות שהן משולשות עליונות.

ו. W מורכב מכל המטריצות שמכפלתן במטריצה נתונה B הוא אפס. כלומר,

$W = \{A \mid AB = 0\}$

ז. $W = \{A \mid \text{tr}(A) = 0\}$, כלומר, W מורכב מכל המטריצות שהעקבה שלהן אפס.

ח. W מורכב מכל המטריצות שבהן סכום כל שורה הוא אפס.

(3) בכל אחד מהסעיפים הבאים בדוק האם W הוא תת מרחב של $P_n[R]$.

א. $W = \{p(x) \mid p(4) = 0\}$, כלומר, W מורכב מכל הפולינומים בעלי 4 כשורש.

ב. W מורכב מכל הפולינומים בעלי מקדמים שלמים.

ג. $W = \{p(x) \mid \deg(p) \leq 4\}$, כלומר, W מורכב מכל הפולינומים בעלי מעלה ≥ 4 .

ד. W מורכב מכל הפולינומים בעלי חזקות זוגיות בלבד של x .

ה. W מורכב מכל הפולינומים ממעלה n כאשר $4 \leq n \leq 7$.

ו. $W = \{p(x) \mid p(0) = 1\}$.

(4) בכל אחד מהסעיפים הבאים בדוק האם W הוא תת מרחב של $F[R]$.

א. $W = \{f(x) \mid f(-x) = f(x)\}$, כלומר, W מורכב מכל הפונקציות הזוגיות.

ב. $W = \{f(x) \mid |f(x)| \leq M\}$, כלומר, W מורכב מכל הפונקציות החסומות.

ג. W מורכב מכל הפונקציות הרציפות.

ד. W מורכב מכל הפונקציות הגזירות.

ה. W מורכב מכל הפונקציות הקבועות.

ו. $W = \left\{ f(x) \mid \int_0^1 f(x) dx = 4 \right\}$ (הנח ש- f אינטגרלית ב- $[0,1]$).

ז. $W = \{f(x) \mid f'(x) = 0\}$ (הנח ש- f גזירה לכל x).

ח. $W = \{f(x) \mid f'(x) = 1\}$ (הנח ש- f גזירה לכל x).

ט. $W = \{f(x) \mid f(x) = f(x+1)\}$.

(5) בדוק האם $W = \{(z_1, z_2, z_3) \mid z_2 = \bar{z}_1, z_3 = z_1 + \bar{z}_1\}$ הוא תת מרחב של C^3 :

א. מעל השדה הממשי R .

ב. מעל שדה המרוכבים C .

צירופים לינאריים, מרחב נפרש, תלות לינארית

(6) נתונים הוקטורים הבאים :

$$u_1 = (4, 1, 1, 5), u_2 = (0, 11, -5, 3), u_3 = (2, -5, 3, 1), u_4 = (1, 3, -1, 2)$$

א. האם u_1 הוא צירוף לינארי של u_4 ?

2. האם u_1 שייך ל- $Sp\{u_4\}$?

3. האם הקבוצה $\{u_1, u_4\}$ תלוייה לינארית ?

ב. 1. האם u_3 הוא צירוף לינארי של u_1 ו- u_2 ?

2. האם u_3 שייך ל- $Sp\{u_1, u_2\}$?

3. האם הקבוצה $\{u_1, u_2, u_3\}$ תלוייה לינארית ? במידה וכן רשום כל וקטור בקבוצה

כצירוף לינארי של הוקטורים האחרים.

ג. 1. האם u_4 הוא צירוף לינארי של u_1 ו- u_2 ?

2. האם u_4 שייך ל- $Sp\{u_1, u_2\}$?

3. האם הקבוצה $\{u_1, u_2, u_4\}$ תלוייה לינארית ? במידה וכן רשום כל וקטור בקבוצה

כצירוף לינארי של הוקטורים האחרים.

$$d. \text{ נתון } v = (4, 12, k, -2k)$$

1. מה צריך להיות ערכו של k על מנת שהוקטור v יהיה צירוף לינארי של u_1 ו- u_2 ?

2. מה צריך להיות ערכו של k על מנת שהוקטור v יהיה שייך ל- $Sp\{u_1, u_2\}$.

3. מה צריך להיות ערכו של k על מנת שהקבוצה $\{u_1, u_2, v\}$ תהייה תלוייה לינארית.

$$h. \text{ נתון } v = (a, b, c, d)$$

1. מה התנאים על a, b, c, d על מנת שהוקטור v יהיה צירוף לינארי של u_1 ו- u_2 ?

1. מה התנאים על a, b, c, d על מנת שהוקטור v יהיה שייך ל- $Sp\{u_1, u_2\}$?

1. מה התנאים על a, b, c, d על מנת שהקבוצה $\{u_1, u_2, v\}$ תהייה תלוייה לינארית ?

ו. הבע את הוקטור $(2, -3, 3, 1)$ כצירוף לינארי של u_1, u_2 ו- u_3 .

בכמה אופנים ניתן לעשות זאת ?

ז. הבע את הוקטור $(7,10,-2,11)$ כצירוף לינארי של u_1, u_2, u_3 ו- u_4 . בכמה אופנים

ניתן לעשות זאת ?

(7) נתונות המטריצות הבאות :

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 5 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & 11 \\ -5 & 3 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 2 & -5 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$$

1. בדוק האם המטריצות תלויות לינארית מעל $M_2[R]$.

2. במידה והמטריצות תלויות רשום כל אחת מהמטריצות כצירוף לינארי של יותר המטריצות.

3. האם המטריצה A שייכת ל- $Sp\{B, C\}$?

(8) נתונים הפולינומים הבאים :

$$p_1(x) = 4 + x + x^2 + 5x^3, p_2(x) = 11x - 5x^2 + 3x^3,$$

$$p_3(x) = 2 - 5x + 3x^2 + x^3, p_4(x) = 1 + 3x - x^2 + 2x^3$$

1. בדוק האם הפולינומים תלויים לינארית מעל $P_3[R]$.

2. במידה והפולינומים תלויים לינארית רשום כל פולינום כצירוף לינארי של

שאר הפולינומים.

3. האם הפולינום p_2 שייך ל- $Sp\{p_1, p_4\}$?

(9) עהוא איזה ערכים של a, b, c הוקטורים הבאים תלויים לינארית :

$$\{(c, 2, 4), (2, 4, a), (c, b, 6), (b, 2, a)\}$$

(10) נתון כי קבוצת הוקטורים $\{u, v, w\}$ בלתי תלויה לינארית ב- $V[F]$.

בדוק האם הקבוצות הבאות תלויות לינארית, במידה שכן רשום כל וקטור כצירוף

של הוקטורים האחרים :

$$א. \{u - v, u - w, u + v - 2w\}$$

$$ב. \{u + 2v + 3w, 4u + 5v + 6w, 7u + 8v + 9w\}$$

$$ג. \{u + v, v + w, w\}$$

(11) בדוק האם הוקטורים $\{(1, i, i-1), (i+1, i-1, -2)\}$ תלויים לינארית ב- C^3

א. מעל C . ב. מעל R .

בסיס ומימד

בדיקה האם קבוצת וקטורים מהווה בסיס למרחב

(12) בדוק אם הקבוצות הבאות הן בסיס ל- R^3 :

$$(1) \{ (1, 0, 1), (0, 0, 1) \}$$

$$(2) \{ (1, 1, 2), (1, 2, 3), (3, 3, 4), (2, 2, 1) \}$$

$$(3) \{ (1, 2, 3), (4, 5, 6), (7, 8, 9) \}$$

(13) בדוק אם הקבוצות הבאות הן בסיס ל- $M_{2 \times 2}[R]$:

$$(1) \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 9 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \right\}$$

$$(2) \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 8 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 9 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 7 & 2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 & 16 \\ 7 & 8 \end{pmatrix} \right\}$$

$$(3) \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$$

(14) בדוק אם הקבוצות הבאות הן בסיס ל- $P_2(R)$:

$$(1) \{ 1+x, x^2+2x+3 \}$$

$$(2) \{ 1+x, x^2+2x+3, 2x+4x^3, x-x^3 \}$$

$$(3) \{ 1+2x+3x^3, 4+5x+6x^2, 7+8x+10x^2 \}$$

(15) נתונה קבוצת וקטורים ב- R^3 : $T = \{(1, 2, 3), (4, 5, 6), (7, 8, 9), (2, 3, 4)\}$

א. האם T בסיס ל- R^3 .

ב. מצא קבוצה T' , שהיא קבוצה מקסימלית של וקטורים בלתי תלויה לינארית ב- T .

ג. השלם את T' לבסיס של

מציאת בסיס וממד למרחב פתרונות של מערכת משוואות הומוגניות

(16) לפניך 3 מערכות של משוואות הומוגניות:

$$\begin{cases} x - y + z + w = 0 \\ 2x - 2y + 2z + 2w = 0 \end{cases} \quad (3) \quad \begin{cases} x - y + z + w = 0 \\ x + 2z - w = 0 \\ x + y + 3z - 3w = 0 \end{cases} \quad (2) \quad \begin{cases} x + y - z + 2w = 0 \\ 3x - y + 7z + 4w = 0 \\ -5x + 3y - 15z - 6w = 0 \end{cases} \quad (1)$$

נסמן ב- W את המרחב הנפרש ע"י מערכת המשוואות (1).

נסמן ב- U את המרחב הנפרש ע"י מערכת המשוואות (2).

נסמן ב- V את המרחב הנפרש ע"י מערכת המשוואות (3).

א) מצא בסיס וממד ל- U , W ו- V .

ב) (1) מצא בסיס וממד ל- $U \cup V$. (2) מצא ממד ל- $U \cap V$.

ג) מצא בסיס ל- $U \cap V$.

(17) נתון $U = \{(a, b, c, d) \in \mathbb{R}^4 \mid a = c, b = d\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

(18) נתון $U = \{(a, b, c, d) \in \mathbb{R}^4 \mid c = a + b, d = b + c\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

(19) נתון $U = \{v \in \mathbb{R}^4 \mid v \cdot (1, -1, 1, -1) = 0\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

(20) נתון $U = \{A \in M_{2 \times 2}[\mathbb{R}] \mid A = A^T\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

(21) נתון $U = \left\{ A \in M_{2 \times 2}[\mathbb{R}] \mid A \cdot \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \right\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

(22) נתון $U = \{p(x) \in P_3[\mathbb{R}] \mid p(1) = 0\}$. מצא בסיס וממד ל- U .

מציאת בסיס וממד לתת מרחב

(23) לפניכם שני תתי מרחבים של המרחב R^4 :

$$U = \text{span}\{(1,1,-1,2), (3,-1,7,4), (-5,3,-15,-6)\}$$

$$V = \text{span}\{(1,-1,1,1), (1,0,2,-1), (1,1,3,-3), (5,1,5,8)\}$$

א. מצא בסיס, ממד ומשוואות ל- U .

ב. מצא בסיס, ממד ומשוואות ל- V .

ג. מצא בסיס וממד ל- $U \cup V$.

ד. מצא בסיס וממד ל- $U \cap V$.

(24) לפניכם תת מרחב של המרחב $M_{2 \times 2}[R]$:

$$U = \text{span}\left\{\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & -3 \end{pmatrix}\right\}$$

מצא בסיס וממד ל- U .

(25) לפניכם תת מרחב של המרחב $P_3[R]$:

$$U = \text{span}\{1+x-x^2+2x^3, 4+x-x^2+x^3, 2-x+x^2-3x^3\}$$

מצא בסיס וממד ל- U .

מציאת בסיס וממד למרחב שורה ומרחב עמודה של מטריצה, דרגת מטריצה

(26) מצא בסיס וממד למרחב השורה ומרחב העמודה של המטריצות הבאות וציין את דרגת

המטריצה (rank) :

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 3 & 5 \\ 2 & 5 & 3 & 1 & 6 \\ 1 & -1 & -2 & 2 & 1 \\ -2 & 3 & 5 & -4 & -1 \end{pmatrix}^{(2)} \quad \begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 & 5 \\ 0 & 11 & -5 & 3 \\ 2 & -5 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & -1 & 2 \end{pmatrix}^{(1)}$$

וקטורי קואורדינטות, שינוי בסיס(27) נתונים שני בסיסים של R^3 :

$$B_1 = \{(1,1,0), (0,1,0), (0,1,1)\}, \quad B_2 = \{(1,0,1), (0,1,1), (0,0,1)\}$$

א. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס B_1 . סמן וקטור זה ב- $[v]_{B_1}$.ב. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס B_2 . סמן וקטור זה ב- $[v]_{B_2}$.ג. מצא מטריצת מעבר מהבסיס B_1 לבסיס B_2 . סמן מטריצה זו ב- $[M]_{B_1}^{B_2}$.ד. מצא מטריצת מעבר מהבסיס B_2 לבסיס B_1 . סמן מטריצה זו ב- $[M]_{B_1}^{B_2}$.

ה. אשר את הטענות הבאות :

$$[M]_{B_1}^{B_2} = \left([M]_{B_2}^{B_1}\right)^{-1} \quad (3) \quad [M]_{B_1}^{B_2} \cdot [v]_{B_2} = [v]_{B_1} \quad (2) \quad [M]_{B_2}^{B_1} \cdot [v]_{B_1} = [v]_{B_2} \quad (1)$$

(27) נתונים שני בסיסים של $P_2[R]$:

$$B_1 = \{1+x, x, x+x^2\}, \quad B_2 = \{1+x^2, x+x^2, x^2\}$$

א. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס B_1 . סמן וקטור זה ב- $[v]_{B_1}$.ב. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס B_2 . סמן וקטור זה ב- $[v]_{B_2}$.ג. מצא מטריצת מעבר מהבסיס B_1 לבסיס B_2 . סמן מטריצה זו ב- $[M]_{B_1}^{B_2}$.(28) נתונים שני בסיסים של $M_2[R]$:

$$B = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$$

$$E = \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}$$

א. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס B . סמן וקטור זה ב- $[v]_B$.ב. מצא את וקטור הקואורדינטות ביחס לבסיס E . סמן וקטור זה ב- $[v]_E$.ג. מצא מטריצת מעבר מהבסיס B לבסיס E . סמן מטריצה זו ב- $[M]_B^E$.

פרק 6 - וקטורים

הערה: אנו נסמן את הוקטור u כך $\underline{u}$. סימונים מקובלים נוספים: $\vec{u}$, $\mathbf{u}$.

את גודל הוקטור $\underline{u}$ נסמן כך $|\underline{u}|$. סימון מקובל נוסף הוא $\|\underline{u}\|$.

גודל וקטור נקרא גם אורך הוקטור וגם הנורמה של הוקטור.

(1) מצא את x , y ו- z אם נתון ש- $\underline{u} = \underline{v}$ כאשר $\underline{u} = (4, -1, 2)$, $\underline{v} = (z - 2, y + 1, x - 3)$.

(2) נתונים הוקטורים: $\underline{u} = (-3, 1, 4)$, $\underline{v} = (4, -2, -6)$, $\underline{w} = (2, 6, -5)$. חשב:

א. $2\underline{u}$ ב. $-0.5\underline{v}$ ג. $3\underline{u} - 2\underline{v}$ ד. $0.25\underline{v} - 0.5\underline{u}$ ה. $\underline{v} - 0.5\underline{u} + 2\underline{w}$

ו. $2\underline{v} - \underline{u} + 4\underline{w}$ ז. $\underline{u} / |\underline{u}|$ ח. $d(\underline{u}, \underline{v})$ ט. $\underline{v} \cdot \underline{u} + 2\underline{w} \cdot \underline{v}$ י. $proj(\underline{u}, \underline{v})$

* בסעיפים ז, ח, י הסבר את משמעות התוצאות מבחינה גיאומטרית.

(3) נתונות הנקודות: $A(1, -3, 0)$, $B(4, 2, -1)$, $C(3, -1, 2)$. מצא את הוקטורים הבאים:

א. $\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB}$ ב. $2\overrightarrow{AC} - 4\overrightarrow{AB}$ ג. $2\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{AB} - \overrightarrow{BC}$

(4) א. נתונה הצגה פרמטרית של ישר $x = (1, 2, 3) + t(4, 5, 6)$.

כתוב את ההצגה בעזרת הקואורדינטות x , y ו- z .

ב. נתונה הצגה של ישר בעזרת קואורדינטות $x = 1 + 2t$, $y = 10$, $z = 4 - t$.

כתוב את ההצגה הפרמטרית שלו.

(5) נתונות הנקודות $A(1, -3, 0)$, $B(4, 2, -1)$, $C(3, -1, 2)$.

א. מצא הצגה פרמטרית של ישר במרחב העובר דרך הנקודות:

1. A ו- B 2. B ו- C 3. A ו- C

ב. מי מבין הנקודות $D = (4, 2, -1)$ ו- $E(7, 7, -3)$ נמצאת על הישר AB שמצאת

בסעיף הקודם.

ג. חשב את הזווית שבין הישר AB והישר BC .

(6) א. מצא במרחב הצגה פרמטרית של ציר ה- x , ציר ה- y וציר ה- z .

ב. מצא הצגה פרמטרית של ישר במרחב העובר דרך הנקודה $(4, 5, 6)$ ומקביל לציר z .

(7) מצא במרחב הצגה פרמטרית של ישר העובר דרך הנקודה $(1, 2, 3)$ והמאונך לישר

$\underline{x} = (1, 2, 0) + s(1, -2, 4)$

(8) מצא במרחב הצגה פרמטרית של ישר ℓ_2 העובר דרך הנקודה $P(-4,1,1)$, מאונך לישר

$$\ell_1: (2, -3, 1) + t(1, 4, -3) \text{ וחותך אותו.}$$

(9) א. נתונה הצגה פרמטרית של מישור $\underline{x} = (1, -2, 3) + t(2, 0, 1) + s(-4, 1, 5)$.

כתוב את ההצגה בעזרת הקואורדינטות x, y, z .

ב. נתונה הצגה של מישור בעזרת קואורדינטות $x = 1 + 2t - s, y = 10 + t, z = 4 - t + s$.

כתוב את ההצגה הפרמטרית שלו.

(10) א. 1. הראה ששלוש הנקודות $(2, 0, 5), (0, 1, -2), (1, 1, 0)$ אינן נמצאות על ישר אחד ומצא

הצגה פרמטרית של המישור הנקבע על ידן.

2. מצא את משוואת המישור העובר דרך שלוש הנקודות הנ"ל.

ב. מצא שתי נקודות נוספות הנמצאות על המישור שמצאת בסעיף א.

ג. האם הנקודה $(4, 2, 1)$ נמצאת על המישור שמצאת בסעיף א?

(11) נתונות הנקודות: $C(1, 1, 1), B(1, 2, 0), A(1, 1, 3)$.

א. מצא הצגה פרמטרית של הישר, המחבר את B עם C הראה כי הנקודה A לא נמצאת על

הישר הזה.

ב. חשב את המרחק בין הנקודה A לבין הישר המחבר את B עם C .

ג. מצא את משוואת המישור העובר דרך הנקודה A והמאונך לישר המחבר את B עם C .

(12) נתונה תיבה $ABCD A'B'C'D'$ כמתואר בציור.

$$\text{נתון: } |AA'| = 6, |AD| = 2, |AB| = 4, C'F = FB'.$$

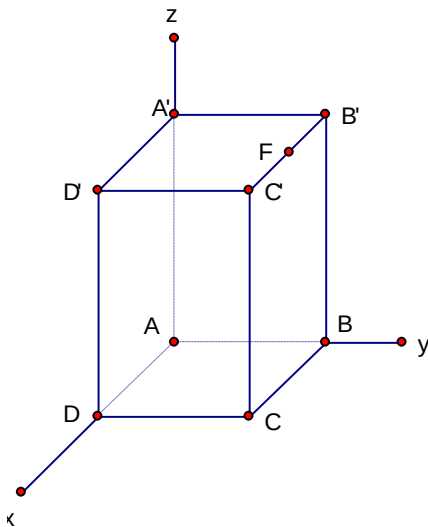
א. מצא הצגה פרמטרית של הישר העובר

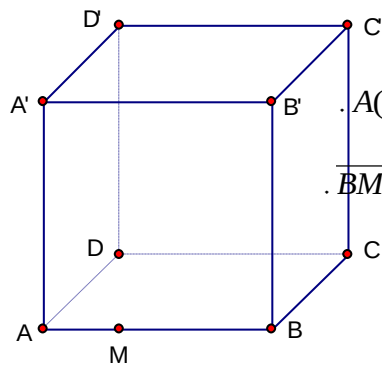
דרך הנקודה F ומאונך למישור העובר

העובר דרך $A'DB$.

ב. מצא את מרחק הנקודה F מהמישור העובר

העובר דרך $A'DB$.





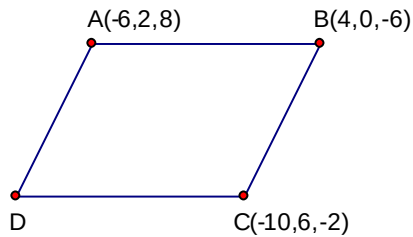
(13) בתיבה $ABCD A' B' C' D'$ נתונים הקודקודים :

$$A(7, -9, 5), B(1, -3, -7), C(-5, -1, -3), C'(-1, 7, -1)$$

הנקודה M מחלקת את המקצוע AB כך ש- $\overrightarrow{BM} = 2\overrightarrow{MA}$.

א. חשב: $|\overrightarrow{MC}|, |\overrightarrow{MA}'|$.

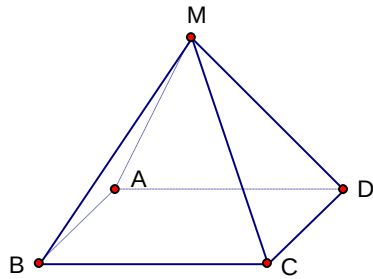
ב. חשב את שטח המשולש $\Delta A' MC$.



(14) נתונה מקבילית $ABCD$ (ראה ציור).

א. מצא את קודקוד D .

ב. מצא את הזווית בין אלכסוניה של המקבילית.



(15) נתונה פירמידה שבסיסה מקבילית $ABCD$

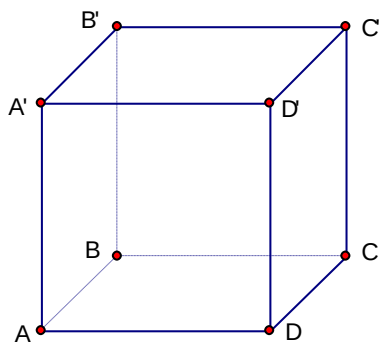
וקודקודה M (ראה ציור). נתון :

$$A(3, 6, -1), B(-1, 2, -3), C(7, 6, -3), M(4, -3, -4.5)$$

א. מצא את גודל זווית $\angle ABC$.

ב. מצא את שטח בסיס הפירמידה.

ג. מצא את נפח הפירמידה.



(16) נתונה תיבה $ABCD A' B' C' D'$.

$$\text{נתון: } A(1, 2, 0), C(4, 0, 1), D(2, 2, -1), B'(9, 12, 8)$$

חשב את נפח התיבה.

(17) מצא את מצבם ההדדי של זוגות הישרים הבאים וקבע אם הם :

נחתכים, מקבילים, מתלכדים או מצטלבים.

א. $\underline{x} = (1, 0, 1) + t(1, 2, 0)$, $\underline{x} = (1, 1, 0) + s(2, 4, 0)$

ב. $\underline{x} = (-2, 2, 4) + u(6, 6, 1)$, $\underline{x} = (1, -1, 0) + t(12, -3, 1)$

ג. $\underline{x} = (1, 1, 2) + t(1, 2, -1)$, $\underline{x} = (2, 3, 1) + s(2, 4, -2)$

ד. $\underline{x} = (1, -1, 0) + t(0, 2, -4)$, $\underline{x} = (2, 0, 3) + s(-1, -3, 1)$

במקרה בו הישרים נחתכים מצא גם את נקודות החיתוך ואת הזווית בין הישרים.

במקרה בו הישרים מקבילים או מצטלבים מצא גם את המרחק ביניהם.

(18) נתונים שני ישרים :

$$\ell_1 : (x, y, z) = (4, 3, 1) + t(1, -3, 2)$$

$$\ell_2 : (x, y, z) = (5, -1, 4) + m(-1, 3, 5)$$

א. הראה כי הישרים מצטלבים.

ב. מצא משוואה של מישור שמכיל את ℓ_2 ומקביל ל- ℓ_1 .

ג. חשב את המרחק בין הישרים.

(19) נתונים שני ישרים :

$$\ell_1 : (x, y, z) = (3, 1, 1) + u(2, -1, -2)$$

$$\ell_2 : (x, y, z) = (3, 9, -6) + m(6, 2, -1)$$

א. מהו המצב ההדדי של הישרים?

ב. אם הישרים מקבילים או נחתכים, מצא את משוואת המישור המכיל אותם.

אם הישרים מצטלבים מצא את המרחק ביניהם.

(20) נתונות ארבע נקודות : $P(k, 0, 0)$, $Q(0, 4, 0)$, $R(0, k, 3)$, $S(1, 1, -1)$

א. הראה שלא קיים ערך של k עבורו הישרים PQ ו- SR מקבילים.

ב. מצא עבור איזה ערך של k הישרים אורתוגונליים (מאונכים) זה לזה,

ומצא את המרחק ביניהם במקרה זה.

(21) הישר ℓ_1 עובר דרך הנקודות $(6,1,3)$ ו- $(5,2,3)$.

הצגה פרמטרית של הישר ℓ_2 היא: $(2, k+1, 3) + t(k^2 - 9, -7, 0)$: ℓ_2 .

א. 1. עבור איזה ערך של k הישרים מקבילים (לא מתלכדים)?

2. עבור איזה ערך של k הישרים מתלכדים?

ב. מצא משוואה של מישור π , המכיל את הישר ℓ_1 ומקביל לציר ה- z .

ג. עבור k שמצאת בתת סעיף א.1., מצא את המרחק של ℓ_2 מהמישור π .

(22) נתונות ארבע נקודות: $A(1,1,-1)$, $B(-1,k,3)$, $C(0,-4,0)$, $D(k,0,0)$

הישר ℓ_1 מחבר את הנקודה A עם הנקודה B .

הישר ℓ_2 מחבר את הנקודה C עם הנקודה D .

א. מצא עבור איזה ערך של k הישרים מאונכים זה לזה.

ב. עבור הערך של k שמצאת בסעיף א., מצא את משוואת המישור המכיל את הישר ℓ_1

ומקביל לישר ℓ_2 .

(23) מצא את המצב ההדדי של המישור והישר וקבע אם הישר:

חותך את המישור, מקביל למישור או מוכל במישור.

א. $2x - 3y + 4z - 5 = 0$, $\underline{x} = (1, 0, 2) + t(-1, 2, 2)$.

ב. $2x - 5y + 3z - 6 = 0$, $\underline{x} = (-3, 0, 4) + t(4, -2, -6)$.

ג. $2x - 14y + 10z = -6$, $\underline{x} = (2, 1, -2) + t(-2, 2, 0)$.

במקרה שהישר חותך את המישור, מצא גם את נקודת החיתוך וגם את הזווית בין הישר

למישור. במקרה בו הישר מקביל למישור מצא את מרחק הישר מהמישור.

(24) ידוע כי הישר ℓ עובר דרך הנקודות $A(4, -6, 5)$ ו- $B(4+k, 3, 2)$

ונתון מישור $\pi: x - 4y - kz - 5 = 0$.

א. עבור איזה ערך של k הישר מקביל למישור?

ב. המישור π חותך את ציר ה- x בנקודה C .

עבור k שמצאת בסעיף א, חשב את הזווית בין המישור π לבין $\overrightarrow{BC}$.

(25) נתונים ישר: $\ell: (2,1,-1) + t(0,a,-1)$ ומישור: $\pi: x - 2y - 4z = 4$.

א. עבור איזה ערך של הקבוע a יהיה הישר מוכל במישור?

ב. מצא משוואה של מישור המכיל את הישר ℓ ומאונך למישור π .

(26) נתונים שני ישרים ומישור:

$$\ell_1: (x, y, z) = (2, 1, 1) + t(1, -1, -1)$$

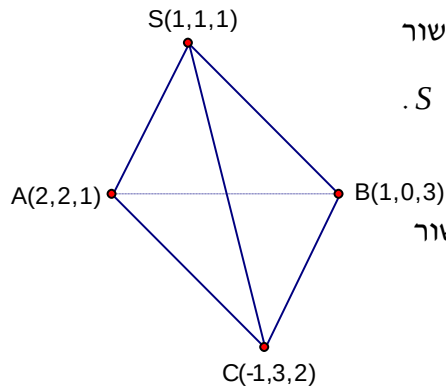
$$\ell_2: (x, y, z) = (3, -1, 2) + s(-2, 1, 1)$$

$$\pi: x - y + 2z = 3$$

א. קבע את המצב ההדדי בין כל אחד מהישרים למישור.

ב. מצא את הנקודות על הישר ℓ_2 שמרחקן מראשית הצירים הוא $\sqrt{18}$.

(27) בצויר משמאל נתון טטראדר $SABC$.



א. הוכח כי אחד המקצועות דרך S , ניצב למישור

הנקבע על-ידי שני המקצועות האחרים דרך S .

ב. מצא את משוואות המישור הנ"ל.

ג. חשב את הזווית שבין המקצוע AC לבין מישור

המשולש $\triangle SAB$.

(28) מצא את המצב ההדדי של המישורים וקבע אם הם:

מקבילים, מתלכדים או נחתכים.

א. $x - 2y + 2z - 10 = 0$, $2x + y + 2z - 4 = 0$

ב. $2x - 5y + 3z - 6 = 0$, $4x - 10y + 6z - 8 = 0$

ג. $2x - 14y + 10z = -6$, $x - 7y + 5z = -3$

במקרה בו המישורים מקבילים מצא את המרחק ביניהם. במקרה בו הם נחתכים מצא את

הזווית ביניהם ואת ישר החיתוך ביניהם.

(29) א. נתונים שני מישורים: $x + 2y - z = 7$, $2x + 3y - 4z = 10$.

מצא הצגה פרמטרית לישר החיתוך ℓ_1 של שני המישורים.

ב. נתון: $\ell_2: (6, 2, -2) + s(2, -1, 1)$. מהו המצב ההדדי בין ℓ_1 ו- ℓ_2 .

(30) נתונים שני מישורים: $x - y + 2z - 7 = 0$, $2x + y - 3z + 1 = 0$.

א. מצא הצגה פרמטרית לישר החיתוך ℓ של שני המישורים.

ב. עבור איזה ערך של הפרמטר C , יקביל הישר ℓ למישור $\pi: 4x - y + Cz - 1 = 0$?

ג. עבור C שמצאת בסעיף ב, חשב את מרחק הישר ℓ מהמישור π .

(31) נתונים שני מישורים: $x + y + 2z = 6$, $x - 3y + 4z = -10$ ונקודה $M(1, 8, -3)$.

הישר ℓ הוא ישר החיתוך של המישורים הנ"ל.

א. מצא את משוואת המישור העובר דרך הנקודה M וניצב לישר ℓ .

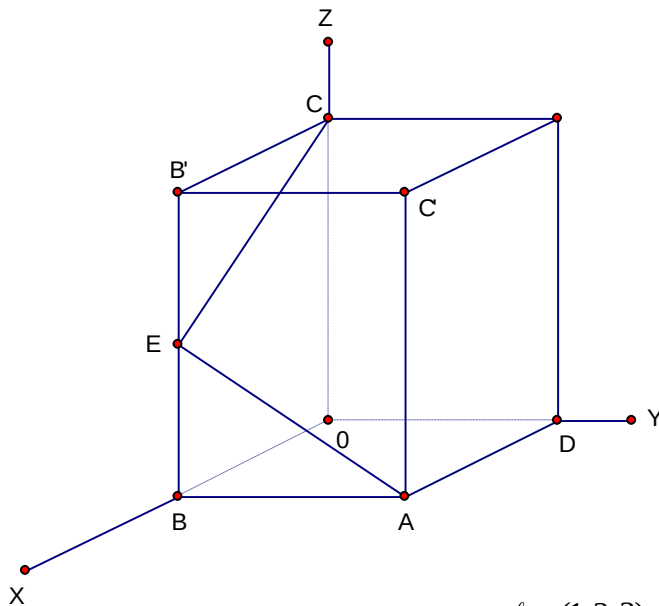
ב. מצא את מרחק הנקודה M מהישר ℓ .

(32) הישר $\ell: (0, -2, 1) + t(-3, 4, m)$ מקביל למישור $\pi_1: x - 2y - 4z = 4$.

א. מצא את הקבוע m .

ב. הנקודה $N(2, -1, 4)$ נמצאת על המישור π_1 ויוצרת עם הישר ℓ מישור π_2 .

מצא הצגה פרמטרית של ישר החיתוך של המישורים π_1 ו- π_2 .



(33) אחד מקודקודי קוביה נמצא

בראשית הצירים.

E אמצע BB' , $|AB| = 1$.

א. חשב את זווית $\angle CEA$.

ב. חשב את הזווית בין שני

המישורים AEC ו- $BODA$.

(34) נתונים שני ישרים:

$$\ell_1: (1, 2, 3) + t(3, -12, 18)$$

$$\ell_2: (2, 5, -1) + u(-4, 16, -24)$$

א. הראה כי הישרים קובעים מישור יחיד ומצא את משוואתו.

ב. מצא משוואת מישור, המקביל למישור שמצאת ב-א, ועובר דרך הנקודה $(0, -1, 0)$.

תשובות:

לתשומת לבכם!

הצגה פרמטרית של ישר (או מישור) היא לא יחידה. ייתכן למשל, שהישר הפרמטרי שאתם תקבלו "ייראה" שונה מהישר שאני קיבלתי. בכל אופן אם תבצעו בדיקה תוכלו לראות שהם מתלכדים.

$$(1) \quad x = 5, y = -2, z = 6$$

$$(2) \quad \begin{array}{llll} \text{א. } (-6, 2, 8) & \text{ב. } (-2, 1, 3) & \text{ג. } (-17, 7, 24) & \text{ד. } (2.5, -1, -3.5) \\ \text{ה. } (9.5, 9.5, -18) & \text{ו. } (19, 19, -36) & \text{ז. } \frac{1}{\sqrt{26}}(-3, 1, 4) & \text{ח. } 12.5698 \\ \text{ט. } 14 & \text{י. } \left(-\frac{19}{7}, \frac{19}{14}, \frac{57}{14}\right) & & \end{array}$$

$$(3) \quad \text{א. } (5, 7, 1) \quad \text{ב. } (-8, -16, 8) \quad \text{ג. } (8, 12, 0)$$

$$(4) \quad \text{א. } x = 1 + 4t, y = 2 + 5t, z = 3 + 6t \quad \text{ב. } \underline{x} = (1, 10, 4) + t(2, 0, -1)$$

$$(5) \quad \begin{array}{ll} \text{א. } (1, -3, 0) + t(3, 5, -1) & \text{א. } (4, 2, -1) + t(-1, -3, 3) \\ \text{א. } (1, -3, 0) + t(2, 2, 2) & \text{ב. הנקודה } D \\ \text{ג. } 35.477^\circ & \end{array}$$

$$(6) \quad \text{א. } t(0, 0, 1), t(0, 1, 0), t(1, 0, 0) \quad \text{ב. } (4, 5, 6) + t(0, 0, 1)$$

$$(7) \quad (1, 2, 3) + t(2, 1, 0)$$

$$(8) \quad (-4, 1, 1) + t(83, -32, -15)$$

$$(9) \quad \text{א. } x = 1 + 2t - 4s, y = -2 + s, z = 3 + t + 5s \quad \text{ב. } (1, 10, 4) + t(2, 1, -1) + s(-1, 0, 1)$$

$$(10) \quad \begin{array}{ll} \text{א. } (1, 1, 0) + t(-1, 0, -2) + s(1, -1, 5) & \text{א. } 2. \quad -2x + 3y + z - 1 = 0 \\ \text{ב. למשל: } (0, 0, 1), (-0.5, 0, 0) & \text{ג. לא} \end{array}$$

$$(11) \quad \text{א. } (1, 2, 0) + t(0, -1, 1) \quad \text{ב. } 1.4142 \quad \text{ג. } y - z + 2 = 0$$

$$(12) \quad \text{א. } (1, 4, 6) + t(6, 3, 2) \quad \text{ב. } \frac{18}{7}$$

$$(13) \quad \text{א. } |\overline{MC}| = \sqrt{152}, |\overline{MA}| = \sqrt{108} \quad \text{ב. } 59.396$$

$$(14) \quad \text{א. } D(-20, 8, 12) \quad \text{ב. } 81.62^\circ$$

$$(15) \quad \text{א. } 26.565^\circ \quad \text{ב. } S = 24 \quad \text{ג. } V = 32$$

$$(16) \quad V = 72$$

$$(17) \quad \begin{array}{ll} \text{א. מקבילים, } 1.095 & \text{ב. מצטלבים, } 4.07 \\ \text{ד. נחתכים בנקודה } (1, -3, 4). & \text{זווית בין הישרים } 47.6^\circ. \end{array}$$

$$(18) \quad \text{א. } 3x + y = 14 \quad \text{ג. } 0.31622$$

- (19) א. מצטלבים ב. 10
- (20) ב. $d = \frac{2}{15}, k = 0.8$
- (21) א. 1. $k = -4$ א. 2. $k = 4$ ב. $x + y = 7$ ג. 5.65685
- (22) א. $k = 2$ ב. $8x - 4y + 5z + 1 = 0$
- (23) א. מקביל, 0.9284 ב. מוכל ג. חותך בנק' $(3.5, -0.5, -2)$, זווית בין הישר למישור 40.78°
- (24) א. $k = 9$ ב. 14.67°
- (25) א. $a = 2$ ב. $10x + y + 2z - 19 = 0$
- (26) א. ℓ_1 מוכל, ℓ_2 חותך. ב. $(-1, 1, 4), (\frac{11}{3}, \frac{4}{3}, \frac{5}{3})$
- (27) א. $SC \perp SAB$ ב. $2x - 2y - z + 1 = 0$ ג. 64.76°
- (28) א. המישורים נחתכים. ישר החיתוך: $(0, -2, 3) + t(3, -1, -2.5)$. זווית 63.612° .
ב. המישורים מקבילים, המרחק ביניהם: 0.324 ג. המישורים מתלכדים.
- (29) א. $(9, 0, 2) + t(-5, 2, -1)$ ב. מצטלבים
- (30) א. $(2, -5, 0) + t(1, 7, 3)$ ב. $C = 1$ ג. 2.8284
- (31) א. $5x - y - 2z = 3$ ב. 5.07
- (32) א. $m = -8$ ב. $(2, -1, 4) + t(-4, 4, -8)$
- (33) א. 78.463° ב. 35.26°
- (34) א. $2x - 10y - 7z + 39 = 0$ ב. $2x - 10y - 7z - 10 = 0$

פרק 9 - מספרים מרוכבים

(1) פתור את המשוואות הבאות ומצא את z .

$$z^2 + 9 = 0 \quad (1) \quad z^2 - 4z + 5 = 0 \quad (2) \quad z^2 - 6z + 13 = 0 \quad (3)$$

(2) חשב:

$$(1) (i\sqrt{2})^6 \quad (2) (i^5 - i^{13})^2 \quad (3) (4+i) - (2+10i) \quad (4) (-4-i)(2-3i)$$

(3) חשב (כתוב את התוצאה בצורה $z = x + yi$):

$$(1) \frac{5}{2+i} \quad (2) \frac{1+i}{1-3i} \quad (3) \frac{i}{1-i} - \frac{1}{(i+1)^2}$$

(4) פתור את המשוואות הבאות ומצא את המספר המרוכב z :

$$(1) 2z - 6i = \bar{z} - 1 \quad (2) z\bar{z} - 5\bar{z} = 10i \quad (3) (1+i)z^2 + 2z - i + 1 = 0$$

(5) כתוב את המספרים הבאים בצורה קוטבית:

$$(1) 1 + \sqrt{3}i \quad (2) -1 - i \quad (3) -3 - \sqrt{3}i \quad (4) 1 - i$$

$$(5) 1 + i \quad (6) \sqrt{3} - i \quad (7) \sqrt{3}i \quad (8) -8$$

(6) חשב:

$$(1) \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}i\right)^{10} \quad (2) (1 + \sqrt{3}i)^9 \quad \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i\right)^{100}$$

$$(4) \sqrt[6]{-8} \quad (5) \sqrt[5]{1} \quad (6) \sqrt[3]{-8}$$

(7) א. מצא את כל הפתרונות של המשוואה $z^4 + z^2 + 1 = 0$.

ב. הראה כי אם z הוא פתרון של המשוואה מסעיף א אזי: $z^6 = 1$.

(8) נתונה המשוואה $z^4 = -8 - 8\sqrt{3}i$.

א. מצא את פתרונות המשוואה הנתונה.

ב. הוכח כי החזקה השלישית של כל אחד מפתרונות הנתונה היא מספר ממשי או מספר

מדומה טהור.

$$(9) \text{ פתור את המשוואה } \left(\frac{z+i}{z-i}\right)^4 = 1$$

(10) א. מצא את שלושת הפתרונות של המשוואה $z^3 = i$.

ב. הראה שמכפלת שלושת הפתרונות היא i .

ג. הראה שאם מעלים בריבוע פתרון כלשהו של המשוואה, התוצאה שווה למכפלת

שני הפתרונות האחרים.

(11) א. פתור את המשוואה $z^5 = -16(\sqrt{3} - i)$.

ב. הוכח כי חמשת השורשים מהווים סדרה הנדסית, ומצא את מנת הסדרה.

הערה: סדרה הנדסית היא סדרה מהצורה $a_1, a_1q, a_1q^2, \dots, a_1q^{n-1}$ כאשר q מנת הסדרה.

(12) נתון $w = \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}i$.

א. מצא את פתרונות המשוואה $z^3 = w^3$.

ב. הראה כי מכפלת הפתרונות של המשוואה היא w^3 .

(13) נתונה המשוואה $(iz + 1)^2 = 2 - 2\sqrt{3}i$.

א. מצא את פתרונות המשוואה z_1 ו- z_2 .

ב. הראה כי $\left| \frac{z_1 \cdot z_2}{z_1 + z_2} \right| = \sqrt{3.25}$.

(14) נתונה המשוואה $(z - 1)^3 = 1$. הוכח ששכום שורשיה הוא 3.

(15) נתונה המשוואה $z^3 = -\sqrt{3} + i$.

א. מצא את שורשי המשוואה: z_1, z_2, z_3 .

ב. מצא את הסכום $|z_1|^3 + |z_2|^3 + |z_3|^3$.

ג. הראה כי הסכום $(z_1)^9 + (z_2)^9 + (z_3)^9$ הוא מספר מדומה טהור.

(16) נתונה המשוואה $z^2 + |z|^2 - 2ti = 18s^2$, z הוא מספר מרוכב.

כאשר s ו- t הם מספרים ממשיים שונים מאפס. z_1 ו- z_2 הם פתרונות המשוואה.

א. הבע את פתרונות המשוואה באמצעות s ו- t .

ב. נתון $z_1 \cdot z_2 = -18i$. מצא את הפרמטרים s ו- t .

$$(17) \text{ א. פתור את המשוואה } \bar{z} \cdot i + (\bar{z})^2 + |z|^2 + z + \bar{z} = 0$$

ב. אחד מהפתרונות שמצאת בסעיף א., הוא איבר אחרון בסדרה חשבונית שכל איבריה

שונים מאפס. הפרש סדרה זו הוא: $1 + \frac{1}{16}i$. האיבר הראשון בסדרה הוא מספר ממשי.

חשב את האיבר הראשון בסדרה.

הערה: סדרה חשבונית היא סדרה מהצורה: $a_1, a_1 + d, a_1 + 2d, \dots, a_1 + (n-1)d$

באשר d נקרא הפרש הסידרה.

$$(18) \text{ נתון: } u = (3 - 2i, 4i, 1 + 6i), v = (5 + i, 2 - 3i, 7 + 2i) \text{ מצא:}$$

$$u \cdot v \quad (3) \quad 2i \cdot u - v \quad (2) \quad 4u + v \quad (1)$$

$$|v| \quad (6) \quad |u| \quad (5) \quad u \cdot u \quad (4)$$

תשובות:

$$(1) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \pm 3i \quad (2) \begin{pmatrix} 2 \pm i \\ 3 \end{pmatrix} \quad (3) \begin{pmatrix} 2 - 9i \\ 3 \end{pmatrix} \quad (4) \begin{pmatrix} -11 + 10i \\ 4 \end{pmatrix} \quad (2) \begin{pmatrix} -8 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (6) \begin{pmatrix} 3 \pm 2i \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$(3) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} - i \quad (2) \begin{pmatrix} -\frac{1}{5} + \frac{2}{5}i \\ 3 \end{pmatrix} \quad (3) \begin{pmatrix} -\frac{1}{2} + i \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$(4) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} z = -1 + 2i \quad (2) \begin{pmatrix} z = 1 + 2i, z = 4 + 2i \\ 3 \end{pmatrix} \quad (3) \begin{pmatrix} z = i, z = -1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$(5) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2(\cos \frac{\pi}{3} + i \sin \frac{\pi}{3}) \\ 2 \end{pmatrix} \quad (2) \begin{pmatrix} \sqrt{2}(\cos \frac{5\pi}{4} + i \sin \frac{5\pi}{4}) \\ 3 \end{pmatrix} \quad (3) \begin{pmatrix} \sqrt{12}(\cos \frac{7\pi}{6} + i \sin \frac{7\pi}{6}) \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$(4) \begin{pmatrix} \sqrt{2}(\cos \frac{7\pi}{4} + i \sin \frac{7\pi}{4}) \\ 4 \end{pmatrix} \quad (5) \begin{pmatrix} \sqrt{2}(\cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4}) \\ 4 \end{pmatrix} \quad (6) \begin{pmatrix} 2(\cos \frac{11\pi}{6} + i \sin \frac{11\pi}{6}) \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$(7) \begin{pmatrix} \sqrt{3}(\cos \frac{\pi}{2} + i \sin \frac{\pi}{2}) \\ 8 \end{pmatrix} \quad (8) \begin{pmatrix} 8(\cos \pi + i \sin \pi) \\ 8 \end{pmatrix} \quad (6) \begin{pmatrix} \frac{1}{32}i \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2) \begin{pmatrix} -2^9 \\ 3 \end{pmatrix} \quad (3) \begin{pmatrix} -1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$(4) \quad k = 0, 1, 2, 3, 4, 5 \quad .8^{\frac{1}{6}} \left(\cos \frac{\pi + 2\pi k}{6} + i \sin \frac{\pi + 2\pi k}{6} \right)$$

$$(5) \quad k = 0, 1, 2, 3, 4 \quad .1^{\frac{1}{5}} \left(\cos \frac{0 + 2\pi k}{5} + i \sin \frac{0 + 2\pi k}{5} \right)$$

$$(6) \quad k = 0, 1, 2 \quad .8^{\frac{1}{3}} \left(\cos \frac{\pi + 2\pi k}{3} + i \sin \frac{\pi + 2\pi k}{3} \right)$$

$$(7) \quad z_1 = cis 60^\circ, z_2 = cis 240^\circ, z_3 = cis 120^\circ, z_4 = cis 300^\circ$$

$$(8) \quad .\aleph \quad z_1 = 1 + \sqrt{3}i, z_2 = -\sqrt{3} + i, z_3 = -1 - \sqrt{3}i, z_4 = \sqrt{3} - i \quad (9) \quad z = 0, z = 1, z = -1$$

$$(10) \quad .\aleph \quad z_1 = \frac{1}{2}\sqrt{3} + \frac{1}{2}i, z_2 = -\frac{1}{2}\sqrt{3} + \frac{1}{2}i, z_3 = -i$$

$$(11) \quad .\aleph \quad z_n = 2cis[30^\circ + (n-1)72^\circ] \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \quad .\aleph \quad q = cis 72^\circ$$

$$(12) \quad .\aleph \quad z_1 = cis 45^\circ, z_2 = cis 165^\circ, z_3 = cis 285^\circ \quad (13) \quad .\aleph \quad 1 + (1 + \sqrt{3})i, -1 + (1 - \sqrt{3})i$$

$$(15) \quad .\aleph \quad z_1 = \sqrt[3]{2}cis 50^\circ, z_2 = \sqrt[3]{2}cis 170^\circ, z_3 = \sqrt[3]{2}cis 290^\circ \quad .\aleph \quad 24i \quad .\aleph \quad 6$$

$$(16) \quad .\aleph \quad z_2 = -3s - \frac{t}{3s}i, z_2 = -3s - \frac{t}{3s}i \quad .\aleph \quad t = 9, s = \pm 1 \quad (17) \quad .\aleph \quad z_1 = 0$$

$$(18) \quad .\aleph \quad a_1 = -8.5 \quad .\aleph \quad z_2 = -0.5 + 0.5i, \quad .\aleph \quad (17 - 7i, 2 + 13i, 11 + 26i)$$

$$. \aleph \quad (-1 + 5i, -10 + 3i, -19) \quad . \aleph \quad 20 + 35i \quad . \aleph \quad 66 \quad . \aleph \quad \sqrt{66} \quad . \aleph \quad \sqrt{92}$$

פרק 7 - וקטורים - הסברים ותרגול נוסף**פרק 8 - פתרון בחינות לדוגמה שעיקרן שאלות תיאורטיות**

הספר אינו כולל את התרגילים של שני פרקים אלו

מומלץ לעצור את הסרטון בתחילתו ולצפות בתרגיל, על מנת לפתור אותו באופן עצמאי.