

האוניברסיטה הפתוחה

20476

**מתמטיקה בדידה**  
חוברת הקורס אביב 2020ב

כתב: ישראל פרידמן

מרץ 2020 - סמסטר אביב תש"פ

**פנימי – לא להפצה.**

© כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה.

## תוכן העניינים

א	אל הסטודנטים
ג	לוח זמנים ופעילויות
ה	מטלות הקורס
1	ממ"ח 01
3	ממ"ן 11
5	ממ"ח 02
7	ממ"ח 03
9	ממ"ן 12
11	ממ"ן 13
13	ממ"ח 04
15	ממ"ן 14
17	ממ"ן 15
19	ממ"ח 05
21	ממ"ן 16



## אל הסטודנטים,

ברוכים הבאים לקורס "מתמטיקה בדידה".  
לפני שתתחילו בלימוד אנא קראו עמודים אלה בעיון.

על חלק מספרי הלימוד וחלק מחומרי העזר של הקורס מופיעים מספרי קורס 20276, 20283.  
חומרים אלה הועברו לקורס שלנו מקורס שפעל באו"פ בשנים קודמות.

באתר האינטרנט של הקורס תמצאו חומרי למידה נוספים והדרכה ללמידה. אתר הקורס הוא גם  
ערוץ תקשורת אפשרי עם צוות ההוראה ועם סטודנטים אחרים בקורס. אתרי הקורסים נמצאים

בכתובת <http://opal.openu.ac.il>.

הסבר על למידה מתוקשבת אפשר למצוא כאן: <http://www.openu.ac.il/shoham>.  
מערכות אחרות של האו"פ זמינות כאן:

<https://sheilta.apps.openu.ac.il/pls/dmyopt2/sheilta.myop>.

מידע על שירותי ספרייה ומקורות מידע שהאוניברסיטה מעמידה לרשותכם תמצאו באתר  
הספרייה: [www.openu.ac.il/Library](http://www.openu.ac.il/Library). פרטים לגבי נהלי האוניברסיטה הפתוחה מפורטים  
בידיעון האקדמי, באתר הכללי של האו"פ: <http://www.openu.ac.il>.

מרכז ההוראה בקורס הוא ישראל פרידמן. ניתן לפנות אליו באופן הבא:

- בטלפון 09-7781431, בימי ג' בשעות 12:00 - 13:00 (ניתן גם לנסות בימים אחרים).
- דרך אתר הקורס.
- בפקס 09-7780631

אנו מאחלים לכם לימוד פורה ומהנה.

בברכה,  
צוות הקורס

**שימו לב:**

**חובה להגיש מטלות במשקל של 14 נקודות לפחות.**

**ללא הגשת מטלות במשקל זה**

**אי-אפשר לעבור את הקורס.**

**ראו הסבר בעמוד ה'**

**לוח זמנים ופעילויות** (מס' קורס : 20476 / 2020ב)

שבוע לימוד	תאריכי שבוע הלימוד	יחידת הלימוד המומלצת	מפגשי ההנחיה*	תאריך אחרון למשלוח	ממ"ן (למנחה)
1	20.03.2020-15.03.2020	מבוא מהיר ללוגיקה		ממ"ח 01 עד 25.3.2020	
2	27.03.2020-22.03.2020	תורת הקבוצות פרק 1			ממ"ן 11 עד 1.4.2020
3	03.04.2020-29.03.2020	תורת הקבוצות פרק 2		ממ"ח 02 עד 8.4.2020	
4	10.04.2020-05.04.2020 (ד ערב פסח) (ה-ו פסח)	תורת הקבוצות פרק 3			
5	17.04.2020-12.04.2020 (א-ד פסח)	תורת הקבוצות פרק 3			ממ"ן 12 עד 15.4.2020
6	24.04.2020-19.04.2020 (ג יום הזכרון לשואה)	תורת הקבוצות פרק 4			
7	01.05.2020-26.04.2020 (ג יום הזיכרון, ד יום העצמאות)	תורת הקבוצות פרק 4		ממ"ח 03 עד 25.4.2020	
8	08.05.2020-03.05.2020	קומבינטוריקה סעיפים 1.1-2.3			ממ"ן 13 עד 4.5.2020
9	15.05.2020-10.05.2020 (ג ל"ג בעומר)	קומבינטוריקה סעיפים 2.4-3.2			
10	22.05.2020-17.05.2020	קומבינטוריקה פרקים 4 - 5			ממ"ן 14 עד 24.5.2020
11	29.05.2020-24.05.2020 (ו שבועות)	קומבינטוריקה פרקים 6-7		ממ"ח 04 עד 2.6.2020	
12	05.06.2020-31.05.2020	קומבינטוריקה פרקים 6-7			ממ"ן 15 עד 10.6.2020
13	12.06.2020-07.06.2020	תורת הגרפים פרקים 1-2			
14	19.06.2020-14.06.2020	תורת הגרפים פרקים 3-4		ממ"ח 05 עד 24.6.2020	
15	26.06.2020-21.06.2020	תורת הגרפים פרקים 5-6			ממ"ן 16 עד 30.6.2020

מועדי בחינות הגמר יפורסמו בנפרד

\* התאריכים המדויקים של המפגשים הקבוצתיים מופיעים ב"לוח מפגשים ומנחים".

## מטלות הקורס

**קראו היטב עמודים אלה לפני שתתחילו לענות על השאלות**

פתרון המטלות הוא חלק בלתי נפרד מלימוד הקורס. הבנה של חומר הלימוד דורשת תרגול רב. מטלות המנחה (ממנ"ים) יבדקו על-ידי המנחה ויוחזרו לכם בצירוף הערות המתייחסות לתשובות. על מטלות המחשב (ממ"חים) תקבלו רק פירוט תשובות נכונות ולא נכונות.

### מבנה המטלות

בכל מטלה כמה שאלות. משקל כל השאלות במטלה זהה אלא אם כן צוין אחרת. את הפתרונות לממ"ן עליכם לרשום על דף בכתב יד ברור ובצורה מסודרת. רצוי להשאיר שוליים רחבים להערות המנחה. לחלופין ניתן להגיש את המטלות מודפסות במעבד תמלילים, בתנאי שכל הסימונים המתמטיים ברורים. אין להשתמש בסימונים שאינם מופיעים ביחידות.

### ניקוד המטלות

בקורס שש מטלות מנחה (ממנ"ים) וחמש מטלות מחשב (ממ"חים). משקל כל ממ"ן הוא 3 נקודות, משקל כל ממ"ח הוא 2 נקודות מלבד ממ"ח 01 שמשקלו נקודה אחת. בהגשת כל המטלות ניתן אפוא לצבור 27 נקודות.

**דרישות חובה בהגשת המטלות:**

**חובה להגיש מטלות במשקל של 14 נקודות לפחות.  
ללא הגשת מטלות במשקל זה לפחות,  
אי-אפשר לעבור את הקורס.**

### תנאים לקבלת נקודות זכות בקורס

- א. להגיש מטלות במשקל של 14 נק' לפחות.
- ב. לקבל בבחינת הגמר ציון 60 לפחות.
- ג. לקבל בציון הסופי 60 נקודות לפחות.





# **הערות חשובות לתשומת לבך!**

פתרון המטלות הוא מרכיב מרכזי בתהליך הלמידה, לכן מומלץ שתשתדלו להגיש מטלות רבות ככל האפשר, כולל מטלות שעליהן אתם מצליחים להשיב רק באופן חלקי.

כדי לעודדכם להגיש לבדיקה מספר רב של מטלות הנהגנו הקלה כדלהלן:

בחישוב הציון הסופי נשקלל את כל המטלות שציוניהן גבוהים מהציון בבחינת הגמר. ציוני מטלות כאלה תורמים לשיפור הציון הסופי.

ליתר המטלות נתייחס במידת הצורך בלבד. מתוכן נבחר רק את הטובות ביותר עד להשלמת המינימום ההכרחי לעמידה בתנאי הגשת מטלות. משאר המטלות נתעלם.

זכרו! ציון סופי מחושב רק לסטודנטים שעברו את בחינת הגמר בציון 60 ומעלה והגישו מטלות כנדרש באותו קורס.

מותר, ואפילו מומלץ לדון עם עמיתים, ועם סגל ההוראה של הקורס על נושאי הלימוד ועל השאלות המופיעות במטלות. עם זאת, מטלה שסטודנט מגיש לבדיקה אמורה להיות פרי עמלו. הגשת מטלה שפתרונה אינו עבודה עצמית, או שלא נוסחה אישית על-ידי המגיש היא עבירת משמעת.

**השאירו לעצמכם העתק של המטלה**

**האוניברסיטה הפתוחה אינה אחראית  
למטלה שתאבד בשל תקלות בדואר.**

# מטלת מחשב (ממ"ח) 01

הקורס: 20476 מתמטיקה בדידה חומר הלימוד למטלה: החוברת "מבוא מהיר ללוגיקה"

מספר השאלות: 13 משקל המטלה: נקודה אחת

סמסטר: 2020 מועד הגשה: 25.3.2020

את התשובות לממ"ח יש לשלוח באמצעות מערכת שאילת"א  
בכתובת <http://www.openu.ac.il/sheilta/>  
הממ"ח נבדק בצורה ממוחשבת. אין לשלוח את פתרון הממ"ח למנחה!

בכל שאלה במטלה זו מופיעות שתי טענות. סמנו:

- א - אם רק טענה 1 נכונה,      ב - אם רק טענה 2 נכונה,  
ג - אם שתי הטענות נכונות,      ד - אם שתי הטענות אינן נכונות.

## שאלה 1

1. האמירה      המספרים 6, 7 הם מספרים זוגיים      היא פסוק.  
2. הביטוי המתמטי  $1 + 2 + 3 + 4$       הוא פסוק.

## שאלה 2

1. שלילת הפסוק      הכד נמצא על השולחן  
היא הפסוק      הכד נמצא מתחת לשולחן  
2. שלילת הפסוק      איציק שפך את המים מהכד  
היא הפסוק      איציק מילא את הכד במים

## שאלה 3

1. הפסוק  $1 + 1 = 2$  וגם  $2 + 3 > 5$       הוא אמת.  
2. הפסוק  $1 + 1 = 2$  או  $3 + 3 > 2$       הוא אמת.

## שאלה 4

1. הפסוק אם  $2 = 3$  אז  $2 = 1 + 1$       הוא אמת.  
2. הפסוק אם  $2 = 3$  אז  $2 = 10$       הוא אמת.

$p$	$q$	$r$	$(p \rightarrow q) \vee (r \rightarrow q)$
T	T	T	T
T	T	F	T
T	F	T	F
T	F	F	T
F	T	T	T
F	T	F	T
F	F	T	T
F	F	F	T

## שאלה 5

1. לוח האמת של הפסוק הפורמלי  
 $(p \rightarrow q) \vee (r \rightarrow q)$  הוא:

2. הפסוק הפורמלי  $(\neg p) \wedge \neg(p \rightarrow q)$  הוא סתירה.

## שאלה 6

1. הפסוק הפורמלי  $\neg(p \rightarrow q)$  שקול טאוטולוגית לפסוק הפורמלי  $p \wedge \neg q$ .
2. הפסוק הפורמלי  $p \leftrightarrow q$  שקול טאוטולוגית לפסוק הפורמלי  $(p \wedge q) \vee ((\neg p) \wedge (\neg q))$ .

## שאלה 7

1.  $\neg((p \vee q) \wedge r)$  שקול טאוטולוגית ל-  $((\neg p) \wedge (\neg q)) \vee \neg r$ .
2.  $p \wedge \neg(p \wedge q)$  שקול טאוטולוגית ל-  $p \wedge \neg q$ .

## שאלה 8

1. **שלילת הפסוק האוכל היה חם וטעים**  
שקולה לפסוק **האוכל לא היה חם והאוכל לא היה טעים**.
2. **שלילת הפסוק רצחת וגם ירשת** שקולה לפסוק **לא רצחת או לא ירשת**.

## שאלה 9

1. מתוך הפסוק  $(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r) \wedge p$  נובע טאוטולוגית הפסוק  $r$ .
2. מתוך הפסוק  $r$  נובע טאוטולוגית הפסוק  $(p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow r) \wedge p$ .

## שאלה 10

1. את הפסוק "הריבוע של מספר לעולם אינו קטן מ-0" אפשר לרשום כך:  $\forall x \neg (x^2 < 0)$ .
2. את הפסוק "קיים מספר גדול מ-0 שהריבוע שלו הוא 9" אפשר לרשום כך:  $(\exists x (x > 0)) \wedge (\exists x (x^2 = 9))$ .

## שאלה 11

נתבונן בפסוק: **לכל מספר הגדול/שווה 0, קיים מספר שאם נעלה אותו בריבוע נקבל את המספר המקורי**. ניתן להצרין פסוק זה כך:

1.  $(\forall x (x \geq 0)) \rightarrow (\exists y (y^2 = x))$
2.  $\forall x (x \geq 0 \rightarrow \exists y (y^2 = x))$

## שאלה 12

- את שלילת הפסוק **לכל  $x$  קיים  $y$  שהוא השורש הריבועי של  $x$**  ניתן לנסח כך:
1. **קיים  $x$  כך שקיים  $y$  שאינו השורש הריבועי של  $x$** .
  2. **לכל  $x$  קיים  $y$  שאינו השורש הריבועי של  $x$** .

## שאלה 13

- נתבונן בטענה:
- A: לכל סנדלר קיים אדם, שכל הנעלים שלו עברו תיקון אצל הסנדלר הזה.**
- טענה השקולה ל**שלילת** A היא:
1. קיים סנדלר כך שלכל אדם יש לפחות נעל אחת שלא עברה תיקון אצל סנדלר זה.
  2. קיים סנדלר שמעולם לא תיקן שתי נעלים של אותו אדם.

# מטלת מנחה (ממ"ן) 11

חומר הלימוד למטלה: תורת הקבוצות פרק 1

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד הגשה: 1.4.2020

סמסטר: 2020ב

**מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):

- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
- על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
- על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

**שאלה 1** (24 נק')

לכל אחת מהטענות הבאות קבעו אם היא נכונה או לא.

בשאלה זו בלבד אין צורך לנמק, די לרשום בכל סעיף נכון / לא נכון.

- א.  $\{1,2\} \subseteq \{\{1\},\{2\}\}$     ב.  $\{2\} \subseteq \{\{1\},2\}$     ג.  $\{\{1\},\{2\}\} \in \{\{1\},\{2\}\}$     ד.  $\emptyset \subseteq \{\emptyset\} \setminus \{\emptyset\}$
- ה.  $\emptyset \in \{\emptyset\} \setminus \{\{\emptyset\}\}$     ו.  $\{2\} \in \{N\}$     ז.  $| \{1,N\} | = | \{N\} |$     ח.  $\{1,2\} \cap \mathcal{P}(\{1,2\}) \neq \emptyset$

**שאלה 2** (24 נק')

יהיו  $A, B, C$  קבוצות. הוכיחו את הטענות הבאות:

א.  $(A \cup B) \setminus (C \setminus B) = B \cup (A \setminus C)$

ב.  $\mathcal{P}(A \setminus B) \subseteq (\mathcal{P}(A) \setminus \mathcal{P}(B)) \cup \{\emptyset\}$

ג. אם  $A, B$  קבוצות סופיות אז  $|\mathcal{P}(A)| = |\mathcal{P}(A \cap B)| \cdot |\mathcal{P}(A \setminus B)|$

**שאלה 3** (24 נק')

יהיו  $A, B, C$  קבוצות חלקיות לקבוצה אוניברסלית  $U$ . הוכיחו את הטענות הבאות:

א. אם  $A \cup B^c \neq U$  ו-  $B \cup A^c \neq U$  אז  $|A \Delta B| \geq 2$

ב. אם  $A \Delta B \subseteq A \Delta C$  אז  $A \cap C \subseteq B \subseteq A \cup C$

ג. אם  $A \Delta \{1,2\} = B \Delta \{2,3\}$  אז  $A \Delta B = \{1,3\}$

**שאלה 4** (28 נק')

בשאלה זו, קבוצת המספרים הטבעיים  $N$  היא הקבוצה האוניברסלית.

לכל  $k \in N$  נסמן  $A_k = \{2^0, 2^k, 2^{2k}, 2^{3k}, \dots\} = \{2^{nk} \mid n \in N\}$

בכל אחד מן הסעיפים הבאים, מיצאו מספר טבעי  $k$  כך שהקבוצה באותו סעיף תהיה שווה ל- $A_k$ . נמקו טענותיכם.

א.  $\bigcup_{k=0}^{\infty} A_k$     ב.  $\bigcap_{k=2}^5 A_k$     ג.  $\bigcap_{k=1}^{\infty} A_k$     ד.  $\{\frac{x}{8} \mid x \in (A_1 \setminus A_2) \cap A_3\}$



## מטלת מחשב (ממ"ח) 02

חומר הלימוד למטלה: תורת הקבוצות פרקים 2,1

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות: 20

מועד הגשה: 8.4.2020

סמסטר: 2020ב

את התשובות לממ"ח יש לשלוח באמצעות מערכת שאילת"א  
בכתובת <http://www.openu.ac.il/sheilta/>  
הממ"ח נבדק בצורה ממוחשבת. אין לשלוח את פתרון הממ"ח למנחה!

בכל שאלה במטלה זו מופיעה טענה אחת. סמנו:

א - אם הטענה נכונה      ב - אם הטענה לא נכונה

במטלה זו  $A, B, C$  הן קבוצות,  $R, S$  הם יחסים והאות  $n$  מייצגת מספר טבעי

**שאלה 1**

$$\{2,3\} \cap \{\{2\},\{3\}\} = \{\{2\},3\} \cap \{2,\{3\}\}$$

**שאלה 2**

$$B = C \text{ או } A \cup B = A \cup C \text{ אם}$$

**שאלה 3**

$$A \subseteq C \text{ או } A \subseteq B \text{ או } A \subseteq B \cup C \text{ אם}$$

**שאלה 4**

$$| \mathcal{P}(A) \cup \mathcal{P}(B) | = 2^{|A|} + 2^{|B|} \text{ אם } A, B \text{ קבוצות סופיות זרות או}$$

**שאלה 5**

$$A \subseteq \mathcal{P}(A)$$

**שאלה 6**

$$B \subseteq A \text{ או } A \Delta B = A \setminus B \text{ אם}$$

**שאלה 7**

$$x \notin A \cap B \text{ או } x \in A \Delta B \Delta C \text{ אם}$$

**שאלה 8**

$$x \in A \cap B \text{ או } x \notin A^c \cap B^c \text{ אם}$$

**שאלה 9**

$$C \neq \emptyset \text{ וגם } B \neq \emptyset \text{ או } A \subset B \times C \text{ אם}$$

**שאלה 10**

$$\bigcup_{n=1}^{\infty} \left(1 + \frac{1}{n}, 2 - \frac{1}{n}\right) \subseteq \bigcap_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{n}, 2 + \frac{1}{n}\right)$$

**שאלה 11**

אם כל איבר של  $A$  הוא זוג סדור אז קיימות קבוצת  $B, C$  כך ש-  $A = B \times C$

**שאלה 12**

אם  $R$  יחס רפלקסיבי וטרנזיטיבי אז  $R^2 = R$ .

**שאלה 13**

אם יחס  $R$  מקיים  $R^2 = R$  אז  $R$  הוא יחס טרנזיטיבי.

**שאלה 14**

אם  $R \cup S$  יחס אנטי-סימטרי אז גם  $R, S$  הם יחסים אנטי-סימטריים

**שאלה 15**

מספר יחסי השקילות השונים שניתן להגדיר על הקבוצה  $\{1, 2, 3\}$  קטן ממספר יחסי הסדר המלא שניתן להגדיר על קבוצה זו.

**שאלה 16**

כל יחס רפלקסיבי  $R$  המקיים  $R^2 = R$  הוא יחס שקילות.

**שאלה 17**

אם ליחס שקילות  $R$  על  $\{1, 2, 3, \dots, n\}$  יש פחות מ-  $n$  מחלקות אז  $|R| \geq n + 2$

**שאלה 18**

אם  $1 < n < m$  מספרים טבעיים אז החלוקה של  $\mathbb{Z}$  המוגדרת על-ידי יחס השקילות  $\equiv_m$  היא

עידון של החלוקה של  $\mathbb{Z}$  המוגדרת על ידי יחס השקילות  $\equiv_n$ .

**שאלה 19**

אם  $A$  קבוצה סדורה (סדר מלא!) ואינסופית אז אין ב-  $A$  איבר אחרון

**שאלה 20**

אם  $A = \{1, 2, 3, 4\}$  ואם  $\langle A, < \rangle$  הוא סדר חלקי שבו קיימים שני אברים מינימליים ושני איברים מקסימליים אז כל איבר של  $A$  הוא מינימלי או מקסימלי.



# מטלת מנחה (ממ"ן) 12

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה חומר הלימוד למטלה: תורת הקבוצות פרקים 2, 3  
 מספר השאלות: 4 משקל המטלה: 3 נקודות  
 סמסטר: 2020 מועד הגשה: 15.4.2020

- מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):
- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

## שאלה 1

על הקבוצה  $\mathcal{P}(\{1,2,3,4\})$  נתונים שני יחסים  $R, S$  המוגדרים כך: לכל  $A, B \in \mathcal{P}(\{1,2,3,4\})$

א.  $ARB$  אם ורק אם  $A \cup \{1,2\} = B \cup \{1,2\}$  ו-  $ASB$  אם ורק אם  $A \cup \{1,2\} \subset B \cup \{1,2\}$ .

א. הראו שאחד מהיחסים הוא יחס שקילות ומיצאו את מחלקות השקילות שלו.

ב. הראו שאחד היחסים הוא יחס סדר. קבעו אם הוא סדר חלקי או מלא ומיצאו את האיברים המינימליים והמקסימליים לגבי יחס סדר זה.

## שאלה 2

א. על הקבוצה  $A = \mathbf{R} \times \mathbf{R}$  מגדירים יחס  $R$  כך: לכל  $\langle x_1, y_1 \rangle, \langle x_2, y_2 \rangle \in A$ , מתקיים  $\langle x_1, y_1 \rangle R \langle x_2, y_2 \rangle$  אם ורק אם  $x_1 + y_1 = x_2 + y_2 = 1$  או  $(x_1 + y_1 - 1)(x_2 + y_2 - 1) > 0$ .

הוכיחו ש-  $R$  יחס שקילות ומיצאו את מספר מחלקות השקילות שלו. תארו אותן במישור.

ב. על הקבוצה  $B = (0, \infty) \times (0, \infty)$  מגדירים יחס  $S$  כך:

$$\langle a, b \rangle S \langle c, d \rangle, \langle a, b \rangle, \langle c, d \rangle \in B \text{ אם ורק אם } \frac{ab}{a^2 + b^2} < \frac{cd}{c^2 + d^2}$$

1. הוכיחו שלכל  $a, b > 0$  מתקיים  $\langle a, b \rangle S \langle a, a \rangle$  ושם  $n$  מספר טבעי כך ש-

$$\frac{1}{n} < \frac{ab}{a^2 + b^2} \text{ אז } \langle 1, 1/n \rangle S \langle a, b \rangle$$

2. הוכיחו ש-  $S$  הוא יחס סדר חלקי.

3. מיצאו את כל האיברים המקסימליים והמינימליים ב-  $B$  לגבי הסדר  $S$ .

### שאלה 3

נתונה פונקציה  $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ .

א. הוכיחו ש-  $f$  היא חד-חד-ערכית אם ורק אם לכל שתי קבוצות אינסופיות שונות  $A, B \subseteq \mathbb{N}$

מתקיים  $f[A] \neq f[B]$ .

ב. הוכיחו ש-  $f$  היא פונקציה על אם ורק אם לכל שתי קבוצות אינסופיות שונות  $A, B \subseteq \mathbb{N}$

מתקיים  $f^{-1}[A] \neq f^{-1}[B]$ .

### שאלה 4

א. נסמן  $\mathbb{Z}^* = \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ .

נתונה  $f: \mathbb{Q} \times \mathbb{Z}^* \rightarrow \mathbb{Q} \times \mathbb{Z}^*$  המוגדרת כך: לכל  $q \in \mathbb{Q}$  ו-  $n \in \mathbb{Z}^*$   $f\langle q, n \rangle = \langle \frac{q}{n}, n \rangle$ .

1. הוכיחו ש-  $f$  היא חד-חד-ערכית ועל.

2. מיצאו את  $f^{-1}$ .

ב. נתונות מהפונקציות  $g, h: \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$  המוגדרות כך:  $\langle x, y \rangle \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ ,

$$g\langle x, y \rangle = \langle 2x + 3y, 3x + 5y \rangle, \quad h\langle x, y \rangle = \langle x + 3y, x + 5y \rangle.$$

הוכיחו שרק אחת משתי הפונקציות היא הפיכה ומיצאו את ההפכית שלה.

# מטלת מחשב (ממ"ח) 03

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה חומר הלימוד למטלה: "תורת הקבוצות" פרקים 4,3  
מספר השאלות: 20 משקל המטלה: 2 נקודות  
סמסטר: 2020 מועד הגשה: 25.4.2020

את התשובות לממ"ח יש לשלוח באמצעות מערכת שאילת"א  
בכתובת <http://www.openu.ac.il/sheilta/>  
הממ"ח נבדק בצורה ממוחשבת. אין לשלוח את פתרון הממ"ח למנחה!

בכל אחת מהשאלות הבאות מופיעה טענה.

סמנו: א - אם הטענה נכונה ; ב - אם הטענה לא נכונה

במטלה זו האותיות  $f, g$  מסמנות פונקציות

שאלה 1

עבור כל מספר  $n \in \mathbb{N}$  השלשות  $\langle \mathbb{N}, \mathbb{N}, \{ \langle x, 1 - x + x^2 - x^3 \dots + x^{2n} \rangle \mid x \in \mathbb{N} \} \rangle$   
ו-  $\langle \mathbb{N}, \mathbb{N}, \{ \langle x, (1 + x^{2n+1}) / (1 + x) \rangle \mid x \in \mathbb{N} \} \rangle$  הן פונקציות שוות.

שאלה 2

אם  $f : A \rightarrow B$  היא פונקציה ו-  $C_1, C_2 \subseteq A$ , כך ש-  $f[C_1] \cap f[C_2] = \emptyset$  או  $C_1 \cap C_2 = \emptyset$ .

שאלה 3

אם  $f : A \rightarrow B$  פונקציה ו-  $D_1, D_2 \subseteq B$ , כך ש-  $f^{-1}[D_1] \cap f^{-1}[D_2] = \emptyset$  או  $D_1 \cap D_2 = \emptyset$ .

שאלה 4

$f : A \rightarrow B$  היא חד-חד-ערכית אם ורק אם לכל קבוצה סופית  $C \subseteq A$  מתקיים  $|f[C]| = |C|$

שאלה 5

$f : A \rightarrow B$  היא על אם ורק אם לכל קבוצה סופית  $D \subseteq B$  מתקיים  $|f^{-1}[D]| = |D|$

שאלה 6

אם  $A, B$  תת-קבוצות של קבוצה אוניברסלית  $U$  אז  $\chi_A^{-1}[\{1\}] \cap \chi_B^{-1}[\{0\}] = A \setminus B$

שאלה 7

אם  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  היא חד-חד-ערכית אז  $f$  היא על.

שאלה 8

אם  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  היא על אז  $f$  היא חד-חד-ערכית.

### שאלה 9

אם  $f, g : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  ואם  $f \circ g = I_{\mathbb{N}}$  אז  $f$  היא פונקציה הפיכה.

### שאלה 10

אם  $f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$ ,  $f(n) = n + 3$  לכל  $n \in \mathbb{N}$  אז קיימת פונקציה קבועה  $g : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  כך ש-

$$f \circ g = g \circ f$$

בשאלות 11-20 נתייחס ל-  $B = \{\frac{1}{k} \mid k \in \mathbb{N} \setminus \{0\}\}$  ו-  $A_n = [0, \frac{1}{n}]$  כאשר  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$ .

### שאלה 11

קיימים  $m, n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  כך ש-  $|A_n \cap \mathbb{Q}| < |A_m \cap \mathbb{Q}|$

### שאלה 12

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|A_n \cap \mathbb{Q}| < |A_n \setminus \mathbb{Q}|$

### שאלה 13

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|A_n \cap \mathbb{Q}| = |A_n \cap B|$

### שאלה 14

קיים  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  כך ש-  $|B \setminus A_n| = \aleph_0$

### שאלה 15

$$\left| \bigcup_{n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}} \mathcal{P}(B \setminus A_n) \right| = \aleph_0$$

### שאלה 16

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|A_n \setminus A_{n+1}| = |\mathcal{P}(B)|$

### שאלה 17

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n| = |A_{n+1}|$

### שאלה 18

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|B|^{|B \setminus A_n|} = |B|$

### שאלה 19

קיים  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  כך ש-  $|B \setminus A_n|^{|B|} = |B|^{|B \setminus A_n|}$

### שאלה 20

לכל  $n \in \mathbb{N} \setminus \{0\}$  :  $|A_n^B| < |B^{A_n}|$

# מטלת מנחה (ממ"ן) 13

חומר הלימוד למטלה: תורת הקבוצות פרק 4

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 4

מועד הגשה: 4.5.2020

סמסטר: 2020ב

- מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):
- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

## שאלה 1

מיצאו את העוצמות של כל אחת מן הקבוצות הבאות. נמקו את התשובות.

א. קבוצת כל המספרים הממשיים בקטע  $(0,1)$  אשר בפיתוח שלהם כשבר עשרוני אינסופי

מופיעות רק הספרות 0 ו-1 ומימין לכל ספרה שהיא 0 מופיע תמיד הספרה 1.

ב.  $\{(x, y\sqrt{2}) \in \mathbf{Q} \times \mathbf{R} \mid x + y = 1\}$

ג.  $\{(x, y, z) \in \mathbf{Q} \times \mathbf{R} \times \mathbf{R} \mid x + y + z = 1\}$

ד.  $\mathcal{P}(\mathbf{Q} \cap (11^{-10}, 10^{-10}))$

## שאלה 2

פונקציה  $f: \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  נקראת **ריבועית** אם קיימים  $a, b, c \in \mathbf{R}$ ,  $a \neq 0$  כך ש-

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad \text{לכל } x \in \mathbf{R}. \text{ נסמן:}$$

$A$  - קבוצת כל הפונקציות הריבועיות.

$$B = \{f \in A \mid f(0) \in \mathbf{Q}\}$$

$$C = \{f \in A \mid f[\mathbf{Q}] \subseteq \mathbf{Q}\}$$

מיצאו את היחסים (" $=$ " או "<") בין כל שתיים מהעוצמות הבאות:

$$|A|, |B|, |C|, |\mathcal{P}(B)|, |\mathcal{P}(C)|. \text{ נמקו את התשובות.}$$

### שאלה 3

- א. נניח ש-  $A, B, C$  קבוצות כך ש-  $C = A \cup B$  ו-  $A \cap B = \emptyset$ . הוכיחו שהפונקציה  $f: \mathcal{P}(C) \rightarrow \mathcal{P}(A) \times \mathcal{P}(B)$  המוגדרת על ידי  $f(X) = \langle X \cap A, X \cap B \rangle$  לכל  $X \in \mathcal{P}(C)$  היא הפיכה. הסיקו ש-  $2^{|A \cup B|} = 2^{|A|} \cdot 2^{|B|}$ .
- ב. בחרו קבוצות  $A, B$  מתאימות והשתמשו בתוצאה מסעיף א' כדי להוכיח את הטענות הבאות:
1.  $\mathbb{A} \cdot \mathbb{A} = \mathbb{A}$  (מותר להיעזר בטענות 4.14 ו-4.15)
  2.  $\mathbb{A}' \cdot \mathbb{A}' = \mathbb{A}$  (ראו ההגדרה של  $\mathbb{A}'$  בפסקה המופיעה לפני סעיף 4.7 בספר)

### שאלה 4

- א. יהי  $a$  מספר ממשי כך ש-  $a + \frac{1}{a}$  הוא מספר שלם. הוכיחו באינדוקציה שלכל  $n$  טבעי המספר  $a^n + \frac{1}{a^n}$  הוא שלם.
- ב. נתונה הפונקציה  $f: [0, \infty) \rightarrow [0, \infty)$  המוגדרת על ידי  $f(x) = \frac{x}{1+x}$  לכל  $x \geq 0$ . לכל  $n \geq 1$  טבעי נסמן ב-  $f^{(n)} = \underbrace{f \circ f \circ \dots \circ f}_n$  (ההרכבה של  $f$  על עצמה  $n$  פעמים). מיצאו נוסחה ל-  $f^{(n)}$  והוכיחו באותה באינדוקציה על  $n$ .

# מטלת מנחה (ממ"ן) 14

חומר הלימוד למטלה: קומבינטוריקה פרקים 4-1

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 5

מועד הגשה: 24.5.2020

סמסטר: 2020ב

- מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):
- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

**שאלה 1** (20 נקודות)

הוכיחו את זהות  $\sum_{k=m}^n \binom{k}{m} = \binom{n+1}{m}$  בשתי הדרכים הבאות:

א. אינדוקציה על  $n$ .

ב. שיקול קומבינטורי: ספירת מספר הקבוצות בנות  $m+1$  מספרים מתוך הקבוצה  $\{0,1,\dots,n\}$  שבהן המספר הגדול ביותר הוא  $k$ .

**שאלה 2** (20 נקודות)

א. מיצאו את מספר הפונקציות  $f: \{1,2,3,4,5,6,7,8\} \rightarrow \{1,2,3,4\}$  המקיימות

$$|f^{-1}[\{1\}]| = |f^{-1}[\{2\}]| = |f^{-1}[\{3\}]| = |f^{-1}[\{4\}]|$$

ב. בשמונה מקומות המסומנים ב-  $1,2,3,4,5,6,7,8$  מסדרים את הסימנים  $1,1,2,2,3,3,4,4$ . מיצאו את מספר הסידורים שבהם אף אחד מהמספרים  $1,2,3,4$  לא יושב במקום שמסומן במספר הזהה לו.

**שאלה 3** (20 נקודות)

מפזרים 13 כדורים זהים ב- 6 תאים שונים.

א. מיצאו את מספר הפיזורים שבהם שלושת התאים הראשונים מכילים ביחד לפחות 10 כדורים.

ב. מיצאו את מספר הפיזורים שבהם אין אף תא שבו 3 כדורים בדיוק.

**שאלה (20 נקודות)**

- א. יהיו  $p_1, p_2, \dots, p_n$  מספרים ראשוניים שונים ו-  $k_1, k_2, \dots, k_n$  מספרים טבעיים. מיצאו את מספר המספרים הטבעיים המחלקים את  $p_1^{k_1} p_2^{k_2} \dots p_n^{k_n}$ .
- ב. מיצאו את מספר המספרים הטבעיים המחלקים לפחות אחד מהמספרים  $10^{40}, 20^{30}, 40^{20}$ .

**שאלה 5 (20 נקודות)**

- א. מיצאו את כל השלשות  $(j, k, l)$  של מספרים טבעיים המקיימות  $j + 2k + 3l = 10$ .
- ב. מיצאו את המקדם של  $x^{10}$  בביטוי  $(1 + x^2 + x^3 + x^5)^{10}$  על-ידי שימוש בפיתוח המולטינומי שבעמוד 79 בספר. (היעזרו בסעיף א')
- ג. מיצאו את המקדם של  $x^{10}$  בביטוי  $(1 + x^2 + x^3 + x^5)^{10}$  על ידי שימוש בפירוק  $1 + x^2 + x^3 + x^5 = (1 + x^2)(1 + x^3)$  השוו עם התוצאה מסעיף ב'.



# מטלת מחשב (ממ"ח) 04

חומר הלימוד למטלה: "קומבינטוריקה" פרקים 1-7

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות: 20

מועד הגשה: 2.6.2020

סמסטר: 2020ב

את התשובות לממ"ח יש לשלוח באמצעות מערכת שאילת"א

בכתובת <http://www.openu.ac.il/sheilta/>

הממ"ח נבדק בצורה ממוחשבת. אין לשלוח את פתרון הממ"ח למנחה!

בכל אחת מהשאלות הבאות מופיעה טענה.

סמנו: א - אם הטענה נכונה ; ב - אם הטענה לא נכונה  
בשאלות 1-3 האות A מסמנת את הקבוצה בעלת 3 איברים.

## שאלה 1

מספר היחסים שניתן להגדיר על A הוא 9 ב

## שאלה 2

מספר היחסים האנטי רפלקסיביים על A הוא  $2^6$  א

## שאלה 3

מספר היחסים על A שווה למספר הפונקציות מ-A ל-  $\mathcal{P}(A)$

בשאלות 4 - 11 נתייחס לקבוצה  $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

## שאלה 4

מספר הפונקציות  $f: A \rightarrow A$  המקיימות  $f[\{1, 2, 3\}] = \{1, 2, 3\}$  שווה למספר הפונקציות  $f: A \rightarrow A$  המקיימות  $f^{-1}[\{1\}] = \{1, 2\}$ .

## שאלה 5

מספר הפונקציות  $f: A \rightarrow A$  שהן חד-חד-ערכיות שווה למספר הפונקציות  $f: \{1, 2, 3, 4, 5\} \rightarrow A$  שהן חד-חד-ערכיות.

## שאלה 6

מספר הפונקציות  $f: A \rightarrow A$  המקבלות את הערך 1 פעם אחת, את הערך 2 פעמיים ואת הערך 3 שלוש פעמים, גדול ממספר הפונקציות  $f: A \rightarrow A$  המקבלות פעמיים כל אחד מן הערכים 1, 2, 3.

## שאלה 7

מספר הפונקציות החד-חד-ערכיות  $f: A \rightarrow A$  המקיימות  $f[\{1, 2\}] = \{1, 2\}$  קטן ממספר הפונקציות החד-חד-ערכיות  $f: A \rightarrow A$  המקיימות  $f[\{1, 2, 3\}] = \{1, 2, 3\}$ .

## שאלה 8

מספר הזוגות הסדורים  $\langle B, C \rangle$  שבהם  $B, C \subseteq A$ ,  $|B| = |C| = 2$ ,  $B \cap C = \emptyset$  שווה למספר המילים באורך 6 שבהן כל אחת מהספרות 0, 1, 2 מופיעה פעמיים.

### שאלה 9

מספר הקבוצות  $\{B, C\}$  שבהן  $B, C \subseteq A$ ,  $|B| = |C| = 3$  ו-  $B \cap C = \emptyset$  שווה למספר המילים באורך 6 שבהן כל אחת מהספרות 0, 1 מופיעה שלוש פעמים.

### שאלה 10

מספר הזוגות הסדורים  $\langle B, C \rangle$  שבהם  $B, C \subseteq A$ ,  $|B| = 2$ ,  $|C| = 3$  ו-  $B \cap C = \emptyset$  שווה למספר המילים באורך 6 שבהן 0 מופיע פעם אחת, 1 מופיע פעמיים ו- 2 מופיע שלוש פעמים.

### שאלה 11

מספר יחסי השקילות השונים על  $A$  שהם בעלי שלוש מחלקות בדיוק הוא גדול מ- 100.

### שאלה 12

יש בדיוק 84 הפונקציות  $f: \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5\}$  המקיימות  $\{1, 2, 3\} \subseteq f[\{1, 2, 3, 4\}]$

### שאלה 13

מספר הפונקציות החד-חד-ערכיות  $f: \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5\}$  המקיימות  $\{1, 2, 3\} \subseteq f[\{1, 2, 3, 4\}]$  שווה למספר הפונקציות החד-חד-ערכיות  $f: \{1, 2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5\}$  המקיימות  $\{1, 2\} \not\subseteq f[\{1, 2, 3, 4\}]$

### שאלה 14

מספר הדרכים לפיזור 12 כדורים זהים ב- 8 תאים שונים כך שבשני התאים הראשונים ביחד יימצאו לפחות 10 כדורים, הוא 396

### שאלה 15

הפתרון לשאלה הקודמת הוא המקדם של  $x^{12}$  בפיתוח של  $x^{10}(1+x+x^2+\dots)^8$

### שאלה 16

מספר הדרכים לפיזור 12 כדורים זהים ב- 8 תאים שונים כך ששניים מן התאים יכילו לפחות 5 כדורים כל אחד, הוא 1008

### שאלה 17

הפתרון לשאלה הקודמת הוא המקדם של  $x^{12}$  בפיתוח של  $(x^5 + x^6 + x^7 + \dots)^2(1+x+x^2+\dots)^8$

### שאלה 18

מספר הדרכים לפיזור 12 כדורים זהים ב- 8 תאים שונים כך ששניים מן התאים יכילו ביחד לפחות 10 כדורים הוא  $28 \cdot 316$

בשאלות 19-20 נסמן ב-  $P(mn, m)$  את מספר כל הפיזורים האפשריים של  $mn$  כדורים שונים ב-  $m$  תאים זהים כך שבכל תא יימצאו בדיוק  $n$  כדורים.

### שאלה 19

$$P(8, 4) = \frac{(8!)}{2^4}$$

### שאלה 20

$$P(6, 3) > P(6, 2)$$

# מטלת מנחה (ממ"ן) 15

קורס: 20476 מתמטיקה דיסקרטית חומר הלימוד למטלה: קומבינטוריקה פרקים 5-7

מספר השאלות: 4 משקל המטלה: 3 נקודות

סמסטר: 2020 מועד הגשה: 10.6.2020

- מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):
- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
  - על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

## שאלה 1 (20 נק')

א. הוכיחו שלא ניתן לבחור 28 נקודות בקובייה בעלת צלע באורך 3 כך שכל שתי נקודות יימצאו במרחק של 1.75 לפחות.

ב. נתונה קבוצה  $A \subseteq \mathbb{N}$  כך ש-  $|A| = 20$  וכך ש-  $1 \leq k \leq 63$  לכל  $k \in A$ .

הוכיחו שקיימים 4 זוגות שונים של מספרים ב-  $A$  שבהם ההפרש בין המספר הגדול לבין המספר הקטן בזוג, שווה לאותו מספר שלם חיובי.

## שאלה 2 (20 נק')

תהי  $A$  קבוצת כל המספרים הטבעיים שבהם מופיעות רק הספרות 1,2,3. נסמן:

$a_n$  את מספר איברי  $A$  שהם בעלי  $n$  ספרות והספרה 2 מופיעה בהם מספר זוגי של פעמים.

$b_n$  את מספר איברי  $A$  שהם בעלי  $n$  ספרות והספרה 2 מופיעה בהם מספר אי-זוגי של פעמים.

א. מיצא את  $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ .

ב. לכל  $n \geq 2$  הביעו את  $a_n$  בעזרת  $a_{n-1}$  ו-  $b_{n-1}$ , את  $b_n$  בעזרת  $a_{n-1}$  ו-  $b_{n-1}$ .

ג. היעזרו בתוצאות של סעיף ב' כדי למצוא יחסי נסיגה עבור כל אחת מהסדרות  $a_n, b_n$ .

ד. פתרו את יחסי הנסיגה וקבלו נוסחה מפורשת עבור  $a_n, b_n$ .

ה. בדקו ש-  $a_n + b_n$  שווה למספר האיברים של  $A$  שהם בעלי  $n$  ספרות.

**שאלה 3 (20 נק')**

נתונה  $f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n + \dots$  המקיימת:  $1 + x(7 + 8x)f(x) = f(x)$

א. ממצאו יחס רקורסיה עבור  $a_n$ .

ב. חשבו את  $a_n$  לכל  $n \geq 0$ .

**שאלה 4 (20 נק')**

א. ממצאו את המקדם של  $x^{13}$  בפיתוח של  $\frac{1}{(1-x^2-x^3+x^5)^n}$ . (פרקו את המכנה לגורמים).

ב. חשבו את מספר הפתרונות בטבעיים של המשוואה  $x_1 + x_2 + \dots + x_n + y_1 + y_2 + \dots + y_n = 13$

כאשר  $x_1, x_2, \dots, x_n$  הם מספרים זוגיים ו-  $y_1, y_2, \dots, y_n$  מתחלקים ב-3.

**שאלה 5 (20 נק')**

בשאלה זו נתייחס לפתרונות בטבעיים של  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + 3x_8 + 3x_9 + 3x_{10} = n$

כאשר  $x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \leq 2$ , (אין תנאים נוספים על שאר הנעלמים)

א. רישמו פונקציה יוצרת מתאימה לחישוב מספר הפתרונות של המשוואה.

פשטו את הביטוי בעזרת:  $1 + x + x^2 = (1-x^3)/(1-x)$ .

ב. ממצאו את מספר פתרונות המשוואה.

# מטלת מחשב (ממ"ח) 05

חומר הלימוד למטלה: תורת הגרפים

קורס: 20476 מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 2 נקודות

מספר השאלות: 20

מועד הגשה: 24.6.2020

סמסטר: 2020

תשובות לממ"ח יש לשלוח באמצעות מערכת שאלת"א

בכתובת <http://www.openu.ac.il/sheilta/>

הממ"ח נבדק בצורה ממוחשבת. אין לשלוח את פתרון הממ"ח למנחה!

בכל אחת מהשאלות הבאות מופיעה טענה.

סמנו: א - אם הטענה נכונה ; ב - אם הטענה לא נכונה

## שאלה 1

קיים גרף פשוט שבו דרגות הצמתים הן 6.6.6.4.4.2

## שאלה 2

אם  $G, H$  הם שניהם גרפים על קבוצת הצמתים  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  ואם  $\deg_G(v_i) = \deg_H(v_i)$  וכל  $1 \leq i \leq n$ , אז  $G, H$  גרפים איזומורפיים.

## שאלה 3

לכל  $n \geq 2$  הגרף הדו-צדדי המלא  $K_{n,n}$  מכיל מעגל באורך  $2n$ .

## שאלה 4

לכל  $n \geq 2$  הגרף הדו-צדדי המלא  $K_{n,n}$  מכיל מעגל באורך  $n$ .

## שאלה 5

קיים גרף מלא שבו מספר הקשתות שווה למספר הקשתות של  $K_{35,35}$

## שאלה 6

$K_{n,n}$  הוא תת-גרף של  $K_m$  אם ורק אם  $2n \leq m$ .

בשאלות 7-9,  $G$  הוא גרף על 9 צמתים שבו הדרגה של כל צומת היא לפחות 4.

## שאלה 7

$G$  הוא גרף קשיר

### שאלה 8

$G$  הוא גרף מישורי

### שאלה 9

$G$  הוא גרף לא מישורי

בשאלות 10-13,  $G = (V, E)$  הוא הגרף שבו  $V = \{A \in \mathcal{P}(\{1, 2, 3, 4, 5\}) \mid |A| = 3\}$  ולכל  $A, B \in V$  הקבוצה  $\{A, B\}$  היא קשת ב- $E$  אם ורק אם  $|A \cap B| = 1$ .

### שאלה 10

$G$  הוא גרף אוילרי

### שאלה 11

$G$  המילטוני

### שאלה 12

$G$  הוא דו-צדדי

### שאלה 13

$G$  הוא מישורי

בשאלות 14-16, נתייחס לעצים המתוייגים שבהם 10 צמתים המתוייגים במספרים  $1, 2, 3, \dots, 10$ .

### שאלה 14

קיים עץ כזה שבו הדרגה של כל צומת שאינו עלה היא 4.

### שאלה 15

מספר העצים שבהם יש שני צמתים בעלי דרגה 5 הוא 3150.

### שאלה 16

כל העצים עם שני צמתים בעלי דרגה 5 הם איזומורפיים כגרפים לא מתוייגים (הגדרה 2.7)

### שאלה 17

כל גרף על 6 צמתים שבו כל הצמתים הם בעלי דרגה 4 הוא מישורי.

### שאלה 18

כל גרף על 6 צמתים שבו כל הצמתים הם בעלי דרגה 4 הוא לא מישורי.

### שאלה 19

לכל גרף על 6 צמתים שבו כל הצמתים הם בעלי דרגה 4 יש מספר צביעה גדול מ-2

### שאלה 20

קיים גרף על 6 צמתים שבו כל הצמתים הם בעלי דרגה 4 אשר מספר צביעה שלו הוא 3

# מטלת מנחה (ממ"ן) 16

חומר הלימוד למטלה: תורת הגרפים

קורס: 20476 – מתמטיקה בדידה

משקל המטלה: 3 נקודות

מספר השאלות: 5

מועד הגשה: 30.6.2020

סמסטר: 2020

**מטלת מנחה** ניתן להגיש באחת הדרכים הבאות (הסבר מפורט ב"נוהל הגשת מטלות מנחה"):

- במערכת המטלות המקוונת (קובץ מוקלד. לגבי הגשת קובץ סרוק יש להתעדכן אצל המנחה/בודק של קבוצת הלימוד שלך). כניסה מאתר הקורס או משאילת"א
- על דפי נייר, עם טופס נלווה, באופן ישיר למנחה במפגש ההנחיה
- על דפי נייר, עם טופס נלווה, באמצעות דואר ישראל, לכתובתו של המנחה.

**הערה חשובה: במטלה זו כל הגרפים הם פשוטים!**

**שאלה 1** (20 נקודות)

בשאלה זו נתייחס לעצים על  $n$  צמתים המתויגים במספרים  $1, 2, 3, \dots, n$  שבהן יש בדיוק 5 צמתים שאינם עלים והם בעלי דרגות 2, 3, 4, 5, 6.

א. מיצאו את  $n$ .

ב. מיצאו את מספר העצים המקיימים את נתוני השאלה.

**שאלה 2** (20 נקודות)

נתון גרף פשוט  $G = (V, E)$  שבו  $|V| = n \geq 3$ .

א. הוכיחו שאם  $u, v \in V$  צמתים לא סמוכים ו-  $H = (V \setminus \{u, v\}, F)$  הגרף המתקבל מ-  $G$  על ידי השמטת  $u, v$  וכל הקשתות הסמוכות להם אז:  $|F| = |E| - (\deg_G(u) + \deg_G(v))$ .

ב. הוכיחו שאם  $|E| > \binom{n-1}{2} + 1$  אז  $G = (V, E)$  המילטוני. (רמז: משפט Ore)

**שאלה 3** (20 נקודות)

יהיו  $k, n > 0$  מספרים טבעיים. נתון גרף דו-צדדי  $G = (A \cup B, E)$  כך ש-  $\deg_G(v) = k$  לכל  $v \in A$  ו-  $\deg_G(w) = n$  לכל  $w \in B$ .

א. תהי  $X \subseteq A$  קבוצת צמתים. מיצאו את מספר הקשתות ב-  $G$  שיש להן קצה אחד ב-  $X$ .

ב. תהי  $Y \subseteq A$  קבוצת צמתים. מיצאו את מספר הקשתות ב-  $G$  שיש להן קצה אחד ב-  $Y$ .

ג. הוכיחו שלכל  $X \subseteq A$  מתקיים:  $|X| \leq n |\Gamma_G(X)|$  (ראו הגדרת  $\Gamma_G(X)$  בפרק 4 בספר).

ד. הוכיחו שאם  $n \leq k$  אז קיים ב-  $G$  זיווג המזווג את כל צומתי  $A$ .

ה. יהי  $G = (A \cup B, E)$  כאשר  $A = \{1, 2, 3, \dots, 100\}$ ,  $B = \{S \subseteq A \mid |S| = 99\}$  ו-  $E$  היא קבוצת כל הקשתות מהצורה  $\{i, S\}$  שבהן  $S \in B$  ו-  $i \in S$ .

הוכיחו שקיים ב-  $G$  זיווג המזווג את כל צומתי  $A$ .

#### שאלה 4 (20 נקודות)

יהי  $G = (V, E)$  גרף מישורי פשוט על  $n$  צמתים. בשאלה נתייחס לשיכון מישורי נתון של  $G$ .

תהי  $F$  קבוצת הפאות של  $G$ . ידוע שהאורך המקסימלי של מעגל ב- $G$  הוא  $c$ .

נסמן ב- $A$  את קבוצת כל הזוגות  $(e, f) \in E \times F$  שבהם  $e$  קשת המקיפה את  $f$ .

א. הוכיחו ש-  $|A| \leq 2|E|$  ו-  $|A| \geq c|F|$ .

ב. הוכיחו ש-  $|E| \leq \frac{c}{c-2}(n-2)$ . (היעזרו בנוסחת אוילר)

ג. הסיקו מסעיף ב' ש-  $K_{3,3}$  אינו מישורי.

#### שאלה 5 (20 נקודות)

א. נתונות קבוצה של  $2n$  צמתים  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n, w_1, w_2, \dots, w_n\}$ , ושתי קבוצות של

קשתות:  $F = \{v_i w_j \mid 1 \leq i, j \leq n\}$ ,  $E = \{v_i v_j \mid 1 \leq i < j \leq n\} \cup \{w_i w_j \mid 1 \leq i < j \leq n\}$ .

נסמן:  $G = (V \cup W, E)$  ו-  $H = (V \cup W, F)$ .

מיצאו את  $\chi(G)$  ואת  $\chi(H)$ . נמקו את התשובה.

ב. הוכיחו או הפריכו את הטענה הבאה: אם  $G$  ו- $H$  הם גרפים על אותה קבוצת צמתים אז

$$\chi(G \cup H) \leq \chi(G) + \chi(H)$$