

השפעת שינויי אקלים על החמצת האוקיינוסים והשלכותיהם.

תוכן

1. השפעת שינויי אקלים על החמצת האוקיינוסים והשלכותיהם.
2. משימה 1: השפעת עודפי פחמן דו-חמצני על המערכת האקולוגית.
4. משימה 2: מתכננים מודל.
4. משימה שלישית – חוקרים חומצה ובסיס.
4. ניסוי מספר 1 ברומותימול כחול וחומץ.
5. ניסוי מספר 2 – שינוי pH של תמיסה בעזרת חומץ וסודה לשתייה.
6. ניסוי מספר 3 - שינוי צבע תמיסת ברומותימול כחול בעזרת סודה.
8. משימה רביעית מתקנים את המודל.
8. משימה חמישית – מנתחים נתונים מתחנת אלוהה בהוואי.
9. משימה שישית – משפרים את המודל פעם שלישית.
9. משימה שביעית – מנתחים נתונים מתוך דו"ח ה- IPCC.
10. נספח – איזה גרף לבחור ?

תלמידים יקרים,

סביר להניח שעד כה שמעתם לא אחת על שינויי האקלים או משבר האקלים. לצערנו התחזיות המדעיות שצפו כי שינויים דרמטיים צפויים להתרחש עד סוף המאה הנוכחית מתממשות ביתר שאת. בהתאם לכך מדינות רבות משקיעות משאבים במציאת דרכים להתמודד עם שינויים אלו. כדי להמחיש כיצד מדענים מגיעים למסקנותיהם, ולהציג את ההשפעה האפשרית של שינויי האקלים על המערכות האקולוגיות, בחרנו להציע עבודת חקר מעט שונה ממה שנהוג לבצע בכיתה ט'. במסגרת עבודת החקר תבצעו ניתוח של בסיס נתונים מדעיים קיימים אותם רכזנו עבורכם מתוך מאגרי מידע עולמיים. כמו בכל מחקר, גם במחקר המבוסס על נתונים יש חשיבות בשמירה על עבודה לפי השיטה המדעית. כלומר, צריכה להיות שאלת מחקר מובילה, תיאור של השיטות בהן נאסף ועובד המידע, הצגה של תוצאות באמצעות גרפים או טבלאות ולבסוף דיון ומסקנות. עבודה מחולקת לשלבים, בכל חלק תצטרכו לענות על שאלות מוגדרות ולבסוף תצרכו את כלל התשובות לעבודת הסיכום. את התוצר אתם תציגו ביריד החקר הבית ספרי באמצעות פוסטר.

הנחיות כלליות

- נושא העבודה של קבוצתכם הוא: השפעת שינויי אקלים על החמצת האוקיינוסים והשלכותיהם.
- בעבודה זו תשתמשו במקורות מידע משני מאגרי מידע: מתחנת ניטור אלוהה בהוואי (תחנה מצוידת בחיישנים למדידת משתנים שונים באוקיינוס), ודו"ח הפאנל בין ממשלתי לשינויי אקלים.
- מרכיב מרכזי בעבודתכם יהיה לבנות מודל המתאר את הגורמים המשפיעים על החמצת האוקיינוסים ויחסי הגומלין ביניהם. לשם כך תלמדו להשתמש באפליקציה בשם SAGE-MODELER, ובאתר CODAP.

משימה 1: השפעת עודפי פחמן דו-חמצני על המערכת האקולוגית.

1. צפו בשני הסרטונים ונסחו שתי-שלוש שאלות בעקבות הצפייה בשני הסרטונים.

[סרטון 1](#)

[סרטון 2](#)

2. קראו את הקטע הבא ובקשו מהמורה הבהרות על חלקים שאינם ברורים לכם.

החמצת אוקיינוסים - קטע מידע

כ – 70% משטח כדור הארץ מכוסה אוקיינוסים. לאוקיינוסים תפקיד מרכזי בוויסות האקלים בכדור הארץ. בין השאר משמשים האוקיינוסים כמקום בו פחמן דו-חמצני מתמוסס ומצטבר בקלות. מדענים מעריכים כי מאז המהפכה התעשייתית, לפני כ – 150 שנה, כ – 525 מיליארדי

טונות של פחמן דו-חמצני התמוססו במי האוקיינוסים. אלמלא כך, גז זה היה מצטבר באטמוספירה בכמות גדולה ועליית הטמפרטורה אותה אנו חווים הייתה דרמטית בהרבה. אחת הסכנות בתהליך ההתחממות הגלובלית היא, שעם עליית טמפרטורת המים, יכולת ההתמוססות של גזים וביניהם פחמן דו-חמצני תקטן בצורה משמעותית וכמויות רבות של גז זה ישתחררו בחזרה לאטמוספירה ויתרמו להמשך תהליך ההתחממות במעין "מעגל רשע".

חומציות במי האוקיינוסים

להרחבה:

להרחבה על חומצה בסיס וסולם pH קראו בספר: "חוקרים חומר ואנרגיה ב' פרק 1', עמודים 135-139, סדרת מטמון חדש, מכון ויצמן למדע, רחובות

כאשר פחמן דו-חמצני מתמוסס במים הוא יוצר חומצה פחמתית (H_2CO_3), המתפרקת במים ליוני מימן (H^+) וליוני קרבונט (CO_3^{2-}).

1. $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
2. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
3. $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-}$

משוואות 1-3: משוואות כימיות המתארות את תגובת פחמן דו-חמצני עם מים

עליה בריכוז יוני המימן במים מורידה את דרגת ה- pH של מי הים. לשינוי בדרגת החומציות של מי הים יש השלכות רבות. במשימה זו נתמקד בהשפעה של עלייה בחומציות מי האוקיינוס על תהליך בניית הקונכיות של חסרי חוליות ימיים.

חסרי חוליות הנם יצורים חיים חסרי עמוד שדרה גבי כמו חרקים, סרטנים, רכיכות ואלמוגים. חלק מחסרי החוליות הימים כמו, צדפות, חלזונות ואלמוגים משתמשים בסידן פחמתי (CaCO_3), לבנייה של השלד החיצוני שלהם. במים מתפרק הסידן הפחמתי ליוני סידן (Ca^{+2}) , וליוני קרבונט (CO_3^{2-}). לצורך גידול השלד קולט היצור מהסביבה את היונים הללו לבנייה של הקונכיה או השלד החיצוני. אולם, כאשר ריכוז יוני המימן במים גבוה, הם נקשרים ליוני הקרבונט ויוצרים יון ביקרבונט (HCO_3^-) (משוואות 1-3). יון זה אינו זמין לבניה של השלד החיצוני ולכן עליה בריכוז יוני המימן במים מסכנת בצורה משמעותית את התפתחות היצורים החיים התלויים בו.

אנחנו יכולים לסכם אם כך, את תהליך החמצת האוקיינוסים באופן הבא: ריכוז גבוה של פחמן דו חמצני באטמוספירה מעלה את כמות הפחמן הדו-חמצני המתמוסס במים. יותר פחמן דו-חמצני במים גורמים לעליה בריכוז יוני המין ולהורדת ה- pH. ירידת ה- pH מחליפה את יוני הקרבונט ביוני ביקרבונט ומונעת בכך יצירה של שלד גירני.

3. הכינו תרשים המסביר את הקשר בין עליה בריכוז הפחמן הדו-חמצני לבין החמצת

האוקיינוסים לבין פגיעה ביצירת השלד של חסרי חוליות ימיים.

4. מהו האיום הצפוי על המערכת האקולוגית אם חומציות האוקיינוסים תמשיך לעלות?

משימה 2: מתכננים מודל.

אחת הדרכים בהם מדענים נעזרים כדי לחקור תהליכים ארוכי טווח כמו שינויי אקלים הוא על ידי שימוש במודלים. מודלים יכולים להיות מנבאים למשל תחזית מזג האוויר, או מודל המסביר תופעה מסוימת למשל, מודל מתמטי המתאר יחסי טורף נטרף במערכת אקולוגית. בעבודה זו יהיה עליכם לבנות שני מודלים באמצעות שימוש ב- SAGE-modeler. הסבר על שימוש בסביבה תקבלו מהמורה בנפרד.

1. פתחו את האפליקציה [SAGE-modeler](#) ובחרו באפשרות צור מסמך חדש. העזרו

במדריך לעבודה עם התכנה.

2. בחרו שלושה משתנים עליהם קראתם בקטע הקריאה, וייצגו אותם בעזרת מודל.

3. הוסיפו תיאור למודל המסביר מהם המשתנים שבחרתם ומה יחסי הגומלין ביניהם.

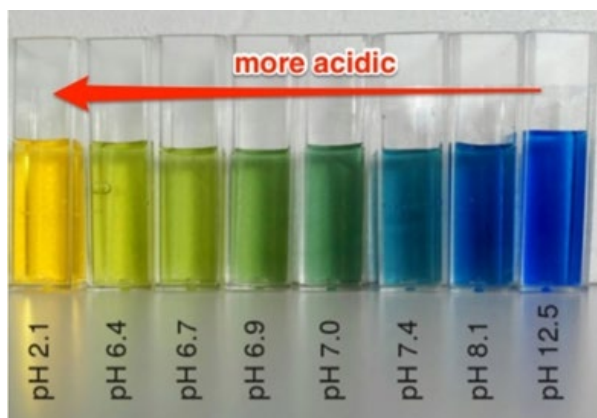
משימה שלישית – חוקרים חומצה ובסיס.

ניסוי מספר 1 ברומותימול כחול וחומץ

מטרת הניסוי: להדגים את השינוי של ברומותימול כתלות בחומציות התמיסה ברומותימול כחול (BTB), הוא אינדיקטור למידת החומציות, המשנה את צבעו בהתאם לדרגת ה-pH. בתמיסה בסיסית (דרגת $pH > 7$) צבעו כחול, ובתמיסה חומצית (דרגת $pH < 7$) צבעו צהוב.

ציוד לניסוי:

- כוס כימית מזכוכית בנפח 100 מ"ל
- מי ברז
- תמיסת ברומותימול כחול 0.1%



- חומץ 5% כ-20 מ"ל בכוס כימית
- פיפטת פסטר
- מקל זכוכית לערבוב.

מהלך הניסוי

- מלאו את הכוס הכימית במים עד למחציתה
 - הוסיפו 10 טיפות של ברומתימול כחול
 - תארו את צבע התמיסה שהתקבל.
 - הוסיפו בהדרגה מספר טיפות של חומץ, לאחר כל הוספה ערבבו את התמיסה ותארו את צבע התמיסה שהתקבל. המשיכו בתהליך עד שצבע התמיסה לא ישתנה (בערך 3-4 טיפות).
 - בהסתמך על העובדה שחומץ הוא חומצה, הסבירו את התוצאות שהתקבלו.
 - בהשוואה למים, האם חומץ הוא חומצי יותר? הסבר בעזרת סקלת הצבעים של pH:
 - חומץ חומצי יותר ממים
 - חומץ חומצי פחות ממים
 - לחומץ ומים דרגת חומציות זהה
 - אני לא בטוח
- הסבר:

ניסוי מספר 2 – שינוי pH של תמיסה בעזרת חומץ וסודה לשתייה.

מטרת הניסוי: הדגמה של פעפוע של פחמן דו חמצני מהאוויר לתמיסה והשפעתו על חומציות התמיסה

חומרים



1. תמיסת 0.04% ברומתימול כחול.
2. אבקת סודה לשתייה
3. חומץ
4. כוסות חד פעמיות שקופות גבוהות.
5. כוסות חד פעמיות נמוכות מקרטון.
6. שני מכסים של צלחות פטרי
7. סלופיפ
8. נייר לבן
9. טוש לסימון

מהלך הניסוי

1. הוסף 50 מ"ל של תמיסת הברומתימול כחול לכל אחת מהכוסות הגבוהות שלפניך.
2. הוסף 2 גרם (חצי כפית) אבקת סודה לשתייה לכוס קרטון אחת. הדבק את כוס הקרטון לדופן הפנימית של כוס הפלסטיק. הקפד שהכוס לא תיגע באינדיקטור. (ראה תמונה).
3. הוסף 5 מ"ל חומץ לכוס הקרטון. הקפד לא לשפוך חומץ לתמיסת האינדיקטור.
4. כסה מייד את שתי הכוסות בעזרת מכסה של צלחת פטרי.

שאלה לסיכום:

האם פחמן דו-חמצני המומס במים הופך לחומצה?

ניסוי מספר 3 - שינוי צבע תמיסת ברומתימול כחול בעזרת סודה.

מטרת הניסוי: הדגמה של פעפוע של פחמן דו חמצני ממקורות שונים לתמיסה והשפעתו על חומציות התמיסה

חומרים

- 6 מבחנות מסומנות בספרות 1-6.
- מעמד למבחנות.
- משאבת אוויר (פיפטת פסטור/ טפי)
- קשים לשתייה
- משקפי מגן.
- 3 פיפטות פסטור.
- תמיסה מהולה של ברומתימול כחול (10 טיפות ברומתימול בתוך 50 מ"ל מי ברז).
- כלי עם כ-20 מ"ל מי סודה שנפתחו לפחות 12 שעות לפני השיעור.
- פחית סודה סגורה

מהלך הניסוי

בניסוי תבדקו השפעה של טיפולים שונים על צבע תמיסת ברומתימול. הטיפולים השונים מתוארים בטבלה 1.

1. תנו כותרת לטבלה.
2. הוסיפו 5 מ"ל מהתמיסה המהולה של הברומתימול לכל אחת מהמבחנות 1-6. השוו את צבע התמיסה לצבע התמיסה שהתקבל בניסוי הראשון עם החומץ ומלאו את העמודה המתאימה בטבלה.

3. התבוננו בטבלה 1 ושערו מה צפוי להיות צבע המבחנות בכל אחד מהטיפולים השונים.

כתבו את השערתכם בטבלה ואת הסיבה להשערה זו.

4. הוסיפו לכל אחת מהמבחנות את החומרים כפי שמצויין בטבלה, והשלימו את התוצאות בטבלה.

5. תארו במילים את התוצאות בכל אחד מהמבחנות והציעו להן הסבר מדעי.

הערת בטיחות:

בנשיפת האוויר לתוך מבחנה 3, יש למנוע שתייה של התמיסה עם הקשית! לכן, הנחו את התלמידים **קודם** לנשוף דרך הקשית לאוויר החופשי ותוך כדי להכניס לנוזל (אין לנשוף מההתחלה ישירות לנוזל). הנשיפה צריכה להיות איטית ועדינה. יש להשתמש במשקפי מגן.

טבלה 1:

ניסוי	מבחנה 1 ברומותימול במים (ביקורת)	מבחנה 2 ברומותימול, מים + אוויר ממשאבה	מבחנה 3 ברומותימול, במים + אוויר שננשף לכלי	מבחנה 4 ברומותימול, מים + חומץ	מבחנה 5 ברומותימול + סודה מבקבוק סגור	מבחנה 6 ברומותימול + סודה מבקבוק פתוח
השערה: מה צבע התמיסה שיתקבל.						
הצבע שהתקבל						
האם חומצי יותר ממי ברז?						

שאלה לסיכום:

הסבירו את ההבדל בשינוי צבע התמיסה עם ברומותימול כחול, לאחר הוספת סודה מבקבוק שזה עתה נפתח לעומת בקבוק שנפתח 12 שעות קודם לתחילת הניסוי?

שאלות סיכום לפי מודל טענה-ראיות-נימוק.

1. אילו חומרים גורמים לשינוי צבע התמיסה לאחר הוספת ברומתימול כחול לתמיסת סודה לשתייה טריה לעומת כזו שנפתחה כ- 12 שעות לפני ההוספה?

א. מהן ההוכחות שלך?

ב. מהו ההסבר שלך?

2. האם פחמן דו-חמצני המומס במים הופך לחומצה?

משימה רביעית מתקנים את המודל

במשימה זו עליכם לחזור למודל הראשוני שבניתם ולשפר אותו על ידי הוספת משתנים, הסרת משתנים או שינוי הקשרים בין המשתנים. לפניכם שאלות מנחות שיעזרו לכם במהלך העבודה.

1. האם המודל שתכננתי מכיל את כל המידע שלמדתי עד כה? במידה ולא הוסיפו את המשתנים החדשים.

2. האם כל המרכיבים במודל עוזרים להסביר את שאלת המחקר? במידה ולא עליכם להוסיף או להסיר את המרכיבים הלא נחוצים.

1. פתחו את האפליקציה [SAGE-modeler](#) ופתחו את המודל הראשוני שבניתם.

2. תקנו את המודל.

3. שמרו את המודל בשם חדש.

משימה חמישית – מנתחים נתונים מתחנת אלוהה בהוואי.

במשימה הזו, אתם תנתחו נתונים שנאספו מתחנת אלוהה בהוואי. תחנת אלוהה (ALOHA Cabled Observatory), היא מצפה תת ימי הממוקם כ- 100 ק"מ צפונית ל Oahu הוואי, בעומק של כ- 4700 מטר מתחת לפני הים. התחנה מצוידת בחיישנים למדידה של ריכוז חמצן מומס במים, ריכוז פחמן דו-חמצני מומס במים, pH, מליחות, טמפרטורה, דפוס הזרמים ועוד. הנתונים נאספים ונשמרים משנת 1988 ועד היום.

שאלות

הערה: הסבר על סוגי תרשמים תוכלו למצוא וסרטונים תמצאו בנספח.

1. פתחו את קובץ הנתונים: Aloha data set.xls. בקובץ תמצאו נתונים על המשתנים

הבאים:

- ריכוז פחמן דו-חמצני באוויר
- ריכוז פחמן דו-חמצני מומס במים
- חומציות המים

■ דרגת pH של המים

2. בחרו זוג משתנים ותארו את הקשר ביניהם בעזרת תרשים. למשל תארו את הקשר בין ריכוז פחמן דו-חמצני באוויר לבין ריכוז פחמן חמצני מומס במים.
3. תארו בעזרת תרשימים מתאימים, את הקשר בין משתנים נוספים המופיעים בקובץ הנתונים.
4. בהסתמך על הגרפים שהכנתם, מה אתם מסיקים על הקשר שבין רמת CO_2 באטמוספירה, רמת CO_2 באוקיינוס ודרגת ה-pH של המים? נמקו את תשובתכם.
5. בהסתמך על הגרף שהכנתם, האם אתם יכולים להגדיר איזה משתנה מצין סיבה ואיזה משתנה מייצג תוצאה? הסבירו את תשובתכם.

משימה שישית – משפרים את המודל פעם שלישית

כעת לאחר שחקרתם את הנתונים של תחנת המדידה בהוואי, נרצה לעדכן פעם נוספת את המודל.

1. פתחו את האפליקציה [SAGE-modeler](#) ופתחו את המודל השני שיצרתם.
2. תקנו את המודל כך שייצג בצורה טובה את הנתונים אותם ניתחתם מתחנת המדידה.
3. בחרו בשני משתנים אותם תרצו לבדוק בעזרת המודל והריצו את הסימולציה.
4. השוו את הגרפים המתקבלים לגרפים שיצרתם במשימה הקודמת.
5. שמרו את המודל בשם חדש
6. בהסתמך על תוצאותיכם, האם המודל שלכם מתאר בצורה נכונה את הקשר שבין פחמן דו-חמצני אטמוספירי, חומציות אוקיינוסים ודרגת pH באוקיינוס? הסבירו את תשובתכם.

משימה שביעית – מנתחים נתונים מתוך דו"ח ה-IPCC

בחלק הזה אתם תנתחו נתונים שפורסמו על ידי הפאנל הבינלאומי לשינויי אקלים (IPCC). באופן ספציפי תתמקדו בתחזיות שפרסמו מחברי הדו"ח תוך שימוש במודלים ממוחשבים. המודל המרכזי אותו מתארים מחברי הדוח הוא RCP (Representative Concentration Pathway). קיימים מספר מודלים המתייחסים למספר תרחישים אפשריים של פליטת גזי חממה במהלך המאה ה-21. אנחנו נתמקד בשני מודלים RCP 2.6 ו-RCP 8.5.

פתחו את קובץ הנתונים : IPCC pH data.xls.

1. תארו בעזרת תרשימים מתאימים את שינוי בדרגת ה-pH של האוקיינוסים לפי נתוני התצפיות, ולפי כל אחד מהמודלים. שימו לב שבכל אחד מהמודלים מופיעים נתוני אי ודאות. אלה הם סטיות התקן האפשריות מהמודל.
2. בהסתמך של התוצאות של שני המודלים, מי מהמודלים לדעתכם הוא מחמיר יותר?

3. כיצד תציעו למקבלי ההחלטות לפעול לאור התוצאות שקבלתם?

מקורות מידע

1. ללזר, א' ושוורץ י' (11.11.20). [החמצת אוקיינוסים מתוך אוגדן בנושא משבר](#)

[האקלים.](#)

נספח – איזה גרף לבחור ?

מהו גרף

גרף (או תרשים בעברית) היא דרך חזותית, להצגת נתונים. אנו משתמשים בגרף כאשר אנו מעוניינים להציג קשר בין שני משתנים או יותר. קיימים סוגים רבים של גרפים, ובעוד שבמקרים רבים, עבור אותו סוג נתונים נוכל להתאים יותר מסוג גרף אחד, הרי שיש מקרים בהם שימוש בגרף מסוים הוא פשוט לא נכון. על כן חשוב שנלמד להבדיל בין סוגים שונים של נתונים וכיצד להתאים לנתונים שונים את הגרף הנכון. סוגי הגרפים העיקריים בהם נעסוק הם: גרף עמודות, גרף קווי וגרף מסוג פיזור XY.

כיצד יודעים איזה גרף לבחור?

נקודת המוצא שלנו בבחירת הגרף היא שגרף עמודות תמיד נכון. גרף קווי נכון במקרים מסוימים. לשם כך עלינו להבחין בין סוגי המשתנים. משתנה יכול להיות:

1. **קטגוריאלי:** למשל ארץ, מספר בית (הוא משתני קטגורי מאחר ואין משמעות לבית מספר 38.5), צבע שיער, זווית ועוד.
2. **אורדינלי:** משתנה אורדינלי, דומה למשתנה קטגוריאלי למעט העובדה שניתן לסדר את הקטגוריות לפי סדר בעל משמעות. למשל עונה (קיץ, אביב, סתיו).
3. **מספרי:** דומה למשתנה אורדינלי, אבל המרווחים בין הערכים של המשתנה הם זהים. זהו משתנה רציף, שקל לזהותו לפי העובדה שיש משמעות לערכי הביניים שלו. למשל דרגת pH, צפיפות, הכנסה חודשית ועוד.

אם כך נאמר שכאשר המשתנה הבלתי תלוי שלנו הוא קטגוריאלי נבחר בתרשים מסוג עמודות. כאשר המשתנה הבלתי תלוי הוא רציף נעדיף בדרך כלל להשתמש בגרף קווי או פיזור XY (שוב, גרף עמודות יהיה נכון גם במקרה זה). לגבי ההבחנה בין גרף קווי לפיזור XY, הטענה היא שהתרשים הנכון ביותר יהיה פיזור XY שכן כאשר מחברים את הנקודות בעזרת קו זה כאילו יצרנו מודל של הניסוי שלנו. למשל, אם נמדוד את טמפרטורת הגוף שלנו כל שעה למשך

12 שעות, נוכל ליצור מהנתונים תרשים פיזור XY או תרשים קווי. אבל נניח ונרדמנו ל- 4 שעות בין השעות 10:00 ל 14:00, חיבור הנקודות בקו הוא טענה לגבי האופן שבו התנהגה הטמפרטורה בארבע השעות האלה, למרות שאין לנו שום מושג. במקרה זה נעדיף שלא לחבר את הנקודות בקו ולהציג גרף פיזור.

מתרגלים הכנה של גרף עמודות בעזרת תכנת אקסל.

שיעור באחוזים	יסוד
0.1	מגנזיום
1.5	סידן
3.3	חנקן
1.0	זרחן
18.5	פחמן
0.3	גפרית
0.2	כלור
0.2	נתרן
9.5	מימן
65	חמצן
0.4	אשלגן

לפניכם טבלה ובה מידע אודות החלק היחסי של היסודות העיקריים בגוף האדם. הקלידו את הנתונים בדף עבודה חדש בתכנת Excel.

השתמשו בתכנת Excel והציגו את הנתונים המופיעים בטבלה בצורה של גרף עמודות.

לקבלת הדרכה בשימוש בתוכנת Excel, היעזרו בסרטון הבא: [בונים גרף עמודות](#)

במהלך בניית הגרף, התייחסו לנקודות הבאות:

א. כתבו כותרת מתאימה לציר X ולציר Y.

ב. תנו כותרת לגרף.

ג. צרפו את התמונה של התרשים שהכנתם.