

היכרות עם הספר "בכיוון הנכון עם ארכימדס לשאלון 472" כרך ב'

הספר נכתב עבור תוכנית הלימודים החדשה במתמטיקה לכיתה י"ב ברמת 4 יח' לימוד (שאלון 472). בכרכי הספר מופיעים הסברים מפורטים, דוגמאות ומגוון רחב ועשיר של שאלות. הספר נכתב לאחר ביצוע שיח מעמיק עם צוותי הוראה בתיכונים.

המטרה שלנו הייתה לכתוב ספר שונה וייחודי בשני מובנים בהשוואה לספרים הקודמים שנלמדו בכיתה י"ב:

ראשית, הספר אינו מוגבל לתרגול טכני שנועד להכנה לבחינת הבגרות. **מטרתו ללמד מתמטיקה ולא רק ללמד לבחינת הבגרות במתמטיקה.** אנו שואפים לאפשר לתלמידים ללמוד ולהבין את המתמטיקה באופן מעמיק, כך שלא רק יכינו את עצמם לבחינה, אלא גם ירכשו כלים להבנת תהליכים מתמטיים וליישומם בתחומים שונים. אנו מאמינים שחשוב להראות כיצד מתמטיקה נבנית מתוך חקירה ושאלות ולא רק כחומר "יבש" שיש ללמוד בעל פה לצורכי בחינה.

שנית, חשוב לנו להציג את **המתמטיקה כבעלת שורשים עמוקים בתרבות ובהיסטוריה האנושית ולהציגה כמקושרת לכל תחומי החיים.** לפיכך, שילבנו בספר מגוון רחב של הקשרים בין המתמטיקה לבין תחומי חיים שונים על מנת להדגיש את הרלוונטיות של המתמטיקה בעידן המודרני, ולצידם הוספנו אזכורים היסטוריים על הדרך שבה התפתחה המתמטיקה ועל האופן שבו מושגים מתמטיים רבים שנלמדו בספר, הם חלק מההיסטוריה האנושית.

אילו עקרונות הנחו אותנו בכתיבת הספר?

- **מקצועיות:** הסברים "בגובה העיניים" המשלבים דוגמאות פתורות, פתרונות מלאים לכל השאלות שבהן התלמידים נדרשים להסביר, שפע שאלות חקר ושרטוטים צבעוניים המאפשרים למידה מעמיקה ונוחה בכיתה. סגנון הכתיבה של ההסברים מאפשר לתלמידים שנעדרו מהשיעור להשלים את החסר בכוחות עצמם.
- **הדרגתיות:** כל פרק נפתח בשאלות ברמת הבסיס המאפשרות לכיתה "נחיתה רכה". עם התקדמות הפרק רמות המורכבות והקושי עולות בהדרגה.
- **עקרון הספירליות:** התלמידים נחשפים לאותו נושא או רעיון מתמטי אשר חוזר ומהדהד שוב ושוב בפרקים מתקדמים יותר כדי לאפשר חזרה והעמקה. בכל חשיפה מתווסף רובד נוסף של העמקה לצורך פיתוח הדרגתי של פרספקטיבה מתמטית רחבה על הנושא.
- **אוריינות מתמטית ורלוונטיות לחיי היום־יום:** בספר מופיעות שאלות אוריינות רבות המציגות סוגיות מן המציאות. מטרתן לפתח את היכולת של התלמידים להבין בעיה מורכבת מעולם המציאות, לזהות כיצד המתמטיקה יכולה לסייע בפתרונה ולבנות תוכנית מסודרת לפתרון.
- **נגישות לתלמידים ולמורים:** הספר צבעוני, מרווח, מזמין ונעים לעין.



כיצד הותאם הספר לדגשי ההוראה העדכניים ולתוכנית הלימודים החדשה?

הספר נכתב מתוך כוונה להיענות לשלוש מגמות מרכזיות בהוראת המתמטיקה בישראל בעשור האחרון:

- **"הצמחה ולא הצנחה":** מגמה של הבניית ידע והוראה מתוך **שאלות חקר, המחשבות צורך והתנסויות** אשר מובילות את התלמידים להגיע לתובנות בעזרת שאלה מדורגת ומכוונת, **לפני** שהנושא מוצג באופן פורמלי בספר. בתוך כך מרבית פרקי הספר נפתחים עם שאלות חקר והמחשבת צורך, ובפרקים עצמם מופיעות שאלות חקר המובילות את ההתקדמות בתוך כל נושא ומעניקות הזדמנויות רבות לממש את **מודל "התלמיד החוקר"** במהלך השנה. שאלות אלו מגבירות את המעורבות של התלמיד, מטפחות הבנה מעמיקה יותר והטמעה של הנושא. השאלות מסומנות באיור .

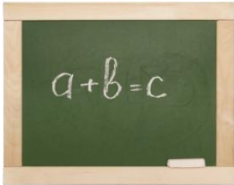
- **שאלות מדורגות:** מגמה של כתיבת שאלות שבנויות **כרצף מתוכנן ומדורג של סעיפים, שכל אחד מהם חיוני להמשך ותורם את חלקו בהתקדמות של התלמידים לקראת שיא** או תובנה בסוף השאלה, בין שמדובר בחישוב, בשרטוט סקיצה של גרף או בניסוח חוק מתמטי במילים משלהם. שאלות מסוג זה מאפשרות לתלמידים ברמת מיומנות נמוכה למצות יכולות רבות יותר, להיעזר בדירוג כדי ליישם את הידע המתמטי שלהם ולהציגו, וכן לחזק את הביטחון העצמי שלהם.

- **"יותר מחשבה ופחות מחשבון":** מגמה של צמצום התרגול האלגברי הטכני ה"יבש" לטובת שאלות הבנה ואסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה, גם כשהשאלות אינן ברמת קושי גבוהה, אך דורשות חשיבה מעבר לתרגול טכני, יבש ורפטיטיבי. בתוך כך שולבו בפרקי הספר שאלות רבות מהסוגים הבאים:

1. **שאלות חקר** המכוונות את התלמידים להגיע בעצמם לתובנה לפני הופעת ההסבר המפורט בספר.
2. **שאלות פתוחות** הן שאלות שאינן מובילות לפתרון יחיד, ובהן התלמידים יכולים להציע תשובות שונות על סמך החשיבה והפרשנות האישית שלהם. בחלק משאלות אלו התלמידים מתבקשים **לכתוב שאלות** משל עצמם. שאלות מסוג זה מעודדות יצירתיות והעמקה ("הציעו פונקציה משלכם ש..."), "הציעו שיעורים משלכם לנקודה A כך ש...)", "כתבו שתי שאלות שהייצוג האלגברי של הפונקציה עונה עליהן."
3. **שאלות שיח מתמטי** המציגות טענות מנומקות שונות, כאשר התלמידים נדרשים לבחון את הטענות, לקבוע אם הן נכונות על בסיס הידע המתמטי שלהם, ובתוך כך לפתח חשיבה ביקורתית.
4. שאלות העוסקות ב**שגיאות נפוצות** המאפשרות לתלמידים לזהות שגיאות שנעשו בידי אחרים ולהבין אותן, וכך ללמוד להימנע מהן בעתיד.
5. שאלות שבהן התלמידים מתבקשים להציע **שתי דרכים לפתרון** מעודדות יצירתיות וגמישות מחשבתית, מחזקות את הקישוריות בין שיטות שונות ומפתחות מיומנויות לפתרון בעיות.

אילו עקרונות הנחו אותנו בכתיבת המדריך למורה?

- **תכליתיות:** ציפייה מרכזית שעלתה בשיח עם צוותי ההוראה היא הצורך במדריך תכליתי, ממוקד ונוח לשימוש, כדי לא להכביד ולהעמיס על צוותי ההוראה במהלך ההכנה לשנת הלימודים ולשיעורים עצמם. לפיכך בחרנו לעסוק במדריך בנושאים ובשאלות שלהבנתנו נכון להתעמק בהם.



- **ההמלצה שלנו - ההחלטה בידי המורה:** במדריך מתווה מומלץ לסדר הלימוד והמלצות שלנו לאופן שבו כדאי להציג את הנושא ולתרגל אותו לאורך הפרק. צוותי ההוראה יוכלו לבחור אילו המלצות ברצונם לאמץ, לאור ניסיונם ומתוך היכרותם עם הכיתות.

כיצד בנויים פרקי הספר?

כל פרק נפתח במסגרות צהובות, ובהן מוצגים הסברים, מונחים, דוגמאות פתורות, שרטוטים והתנסויות מוחשיות. אנו ממליצים להציג בפני הכיתה את כל הדגשים והמונחים המופיעים במסגרות הצהובות, לפי הסדר שבו הם מופיעים, מכיוון שהתלמידים יידרשו להשתמש בהם בהמשך הפרק.

בפתיחת הפרק יופיעו שאלות חקר או המחשת צורך, ואחריהן שאלות ברמת הבסיס המאפשרות לכיתה "נחיתה רכה" בנושא החדש. עם התקדמות הפרק רמות המורכבות והקושי עולות בהדרגה. במהלך הפרק שזורות שאלות מגוונות, לרבות שאלות חקר, שאלות פתוחות, שאלות שיח מתמטי ושאלות העוסקות בשגיאות נפוצות.

בהמשך הפרק יופיעו מסגרות צהובות נוספות, עם הסברים, חידודים, הבהרות ודוגמאות. כל המידע המופיע בהן כלול בתוכנית הלימודים.

בפרקים מופיעות מסגרות כחולות להעשרה בנושאים שונים הקשורים בהיסטוריה של המתמטיקה ובתפקיד שהיא ממלאת בעולם לצד מבזקי "הידעת?". המסגרות הכחולות נועדו לעורר בתלמידים סקרנות ועניין. המידע המופיע בהן אינו כלול בתוכנית הלימודים, וההחלטה אם להתייחס אליהן בכיתה היא לפי שיקול הדעת של המורה.

אילו סימונים בספר כדאי להכיר?

האיור  מסמן שאלות חקר או שאלות שיש בהן הזדמנות לתובנה מעניינת או להיבט ייחודי.

זהו סימון של פעילות דיגיטלית בנושא,  והיא נגישה בלחיצה או בסריקה.
זהו סימון של סרטון פתרון זמין,  והוא נגיש בלחיצה או בסריקה.

שאלות המסומנות בכוכבית (*) מיועדות לתלמידים מיומנים ולכיתות מתקדמות.

מה כדאי לדעת לגבי סדר הלימוד המומלץ?

שני הכרכים כתובים לפי הסדר שבו אנו ממליצים ללמד אותם.

אילו שאלות כדאי לבחור לעבודת כיתה / בית?

בכל פרק אנו ממליצים אילו שאלות כדאי לתת כעבודת כיתה וכעבודת בית. הבחירה בפועל אילו שאלות ייכללו בעבודת הכיתה, היא כמובן בידי המורה בכיתה מתוך שיקולי זמן ועל פי רמת המיומנות של התלמידים.

אילו חומרי לימוד מלווים את הלמידה בספר?

באתר 'הוצאת ארכימדס', בעמוד של הספר "בכיוון הנכון עם ארכימדס לשאלון 472", יש קישור ל"מרחב ההוראה", ובו יהיו זמינות לצוותי ההוראה חוברות לתרגול נוסף בנושאי הספר.



הגישה בקישור <https://bit.ly/3WtvPoN> או בסריקת הברקוד משמאל.

את הסיסמה למרחב ההוראה יקבלו בתי ספר שרכשו את הספר לשכבה,

או הפנו את התלמידים לרכוש את הספר באופן עצמאי כספר הלימוד הרשמי,

בפנייה בוואטסאפ למספר: 050-9074007.

ברצוני להודות ...

לד"ר ענת שילה על הייעוץ הפדגוגי. לד"ר עדי בן-צבי על הייעוץ המקצועי.

לאורית מסינגר על העריכה הלשונית. לקארין קופרמן על הייעוץ הגרפי.

לאדר חבה וליוחאי לוי על ההגהה המקצועית ועל עריכת הספר.

לצוות המקצועי - עופר מנדל, ניר קסטוריאנו, שי סלטו, שלום אדורם, עדן עמבר, מיטב שילר, יונתן שקוף,

דניאל פופול, אמיר בילינסקי, אייל בילינסקי, עומר קדרון ועומר פאריינתי- על תרומתם בהגהה המקצועית

ובבדיקת ההסברים והשאלות.

לנועם פרץ ולליטל דבש-אשכנזי על תרומתם היצירתית בהכנת הכריכה של הספר.

ליואב בלוך על סיועו בהבאת הספר לדפוס.

בהצלחה!

אסף לוי

חולון, מרץ 2025



תוכן עניינים - בכיוון הנכון עם ארכימדס לשאלון 472 - כרך ב'

6	פרק 1 - גיאומטריה במרחב
8	פרק 2 - היכרות עם הווקטור הגיאומטרי
10	פרק 2 - פעולות בווקטורים גיאומטריים
12	פרק 2 - המכפלה הסקלרית – וקטור גיאומטרי
14	פרק 2 - וקטור ניצב למישור – וקטור גיאומטרי
15	פרק 2 - שאלות סיכום – וקטור גיאומטרי
16	פרק 3 - היכרות עם הווקטור האלגברי
18	פרק 3 - המכפלה הסקלרית של וקטורים בהצגה אלגברית
20	פרק 3 - וקטור ניצב למישור - וקטור אלגברי
21	פרק 3 - שאלות סיכום הנושא
22	פרק 4 - מבוא לסדרות
24	פרק 5 - סדרה חשבונית
27	פרק 5 - סכום סדרה חשבונית
30	פרק 5 - שאלות סיכום - סדרה חשבונית
31	פרק 6 - סדרה הנדסית
34	פרק 6 - סכום סדרה הנדסית
36	פרק 6 - סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס
37	פרק 6 - שאלות המשלבות סדרה הנדסית וסדרה חשבונית
38	פרק 6 - שאלות סיכום - סדרה הנדסית

פרק 1 - גאומטריה במרחב - 19-6

מה נלמד בפרק זה?

- נלמד את מושגי היסוד בגאומטריה במרחב.
- נלמד מהם המצבים ההדדיים בין ישרים, בין מישורים ובין ישר למישור.
- נעסוק בדרכים לקביעת מישור.
- נלמד מהי מנסרה ומהי פירמידה.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 3 שעות.

מהי המטרה המרכזית בפרק? היכרות עם מושגים בנושא גאומטריה במרחב.

על אילו נושאים קודמים נחזור בפרק?

- | | | |
|---------|----------------|-----------------|
| - ישר | - ישרים נחתכים | - ישרים מקבילים |
| - מנסרה | - שטח מעטפת | - שטח פנים |
| - תיבה | - קובייה | |

מה חשוב לי לדעת?

- מטרת הפרק היא להציג בפני הכיתה מונחים מרכזיים בגאומטריה במרחב, שבהם נשתמש לאורך הלמידה של הנושא.

- נציין שהנושא הנקרא "גאומטריה במרחב", והוא כולל בתוכו, בפרקים הבאים, גם שימוש בווקטורים. הווקטורים הם אחד מהכלים שבהם נשתמש לפתרון שאלות בגאומטריה במרחב.

- מרבית השאלות בפרק כוללות סעיפים פתוחים שיש להם מספר תשובות אפשריות. מומלץ להקρίן את השאלות בכיתה ולפתור בשיתוף התלמידים, ותוך כדי שהם מציעים תשובות אפשריות משלהם, והמורה מראה אפשרויות נוספות להעמקה בהבנת המונחים.

שאלות מומלצות לעבודה בכיתה: עמודים 10-8 : 1, 2, 4, 5.

עמודים 18-13 : 1, 3, 5, 9, 10.

שאלות מומלצות לעבודת בית: עמודים 10-8 : 3, 6.

עמודים 18-13 : 2, 4, 5-א, 6-8, 11, 12.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק פותח בעמוד 6** בהגדרות של מושגי היסוד בגיאומטריה במרחב, ביניהם: ישר, מישור ומצבים הדדיים בין ישרים. נשים לב שהמצב ההדדי "ישרים מצטלבים" חדש לתלמידים. אנו נעזרים ב**תיבה ובתמונה של מחלף תנועה** כדי להמחיש את המצב הזה. מומלץ להקריין בכיתה את התמונה **בעמוד 7** כדי להמחיש לתלמידים את הנושא. **שאלה 1** עוסקת בתרגול בסיסי ואינטואיטיבי של מושגי היסוד שנלמדו. **סעיף ד'** הוא **סעיף פתוח** שיש לו מספר תשובות אפשריות. מומלץ להקריין את השאלה על הלוח ולפתור אותה ביחד עם הכיתה.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 8** מציגה את הדרכים הרלוונטיות לתלמידים לקביעת מישור. **שאלות 2-3** עוסקות בכך, ובשתיהן יש **סעיפים פתוחים** עם מספר תשובות אפשריות.
- **שאלות 4-6** עוסקות במצבים הדדיים בין ישר למישור ובין מישורים. השאלות כוללות **סעיפים פתוחים** עם מספר תשובות אפשריות.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 12** מציגה מושגים בסיסיים שקשורים בגופים תלת־ממדיים ובמנסרה שחלקם כבר נלמדו בעבר. **שאלות 1-2** עוסקות בכך ומטרתן להמחיש ולהטמיע מושגים אלו. השאלות כוללות **סעיפים פתוחים** עם מספר תשובות אפשריות.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 13** מגדירה מהו ישר מאונך למישור לקראת ההגדרה של מנסרה ישרה המבוססת על הגדרה זו. **שאלה 3** עוסקת בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 14** מציגה מהי מנסרה ישרה ומתמקדת במנסרות הישרות שבהן נעסוק בשאלון 472: תיבה, קובייה ומנסרה ישרה משולשת. **שאלות 4-8** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 16** מציגה מהי פירמידה. **שאלה 9** עוסקת בכך ומטרתה להטמיע את המושגים הנדרשים. השאלה כוללת **סעיפים פתוחים** שיש להם מספר פתרונות.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 17** עוסקת בפירמידה ישרה ובתכונה הייחודית: הגובה בפירמידה ישרה שבסיסה מלבן חותך את הבסיס במפגש האלכסונים שלו. **שאלות 10-12** עוסקות בכך.

פרק 2 - הווקטור הגיאומטרי

היכרות עם הווקטור הגיאומטרי - עמודים 20-29

מה נלמד בפרק זה?

- נלמד מהו וקטור.
- נעסוק בווקטורים שווים, נגדיים וקוליניאריים.
- נלמד מהו וקטור האפס.
- נלמד כיצד לסמן וקטורים וכיצד לסמן את אורכם.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: 3 שעות.

מהי המטרה המרכזית בתת־הפרק? היכרות עם הווקטור הגיאומטרי ושילובו בגיאומטריה במרחב.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- מנסרות
- פירמידות

מה חשוב לי לדעת?

- תת־הפרק מציג את הווקטור הגיאומטריה - הגדרתו ותכונותיו - כבסיס להיכרות עם הווקטורים שבעזרתם נפתור שאלות של גיאומטריה במרחב.
- העיסוק בווקטורים מראשיתו הוא במרחב. קיים מספר מצומצם של שאלות דו־ממדיות וזאת כדי להרגיל את התלמידים לראייה ולהבנה מרחבית. על אף שמדובר בשרטוטים תלת־ממדיים נשים לב שהשאלות הראשונות בכל נושא עוסקות במישור אחד בלבד בתוך הצורה התלת־ממדית. זאת, כדי להקל על התלמידים בתחילת הנושא, תוך שמירה על המטרה להרגיל אותם לראייה מרחבית.
- רבות מהשאלות הן "שאלות הצלחה" קלות שמטרתן להנגיש את הנושא בשלבים הראשונים.
- **שאלות מומלצות לעבודת כיתה:** 1, 2, 6, 8, 10, 15.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח בעמוד 20** בהצגת הווקטור הגיאומטרי ומושגים בסיסיים בנושא, לרבות וקטורים שווים, וקטורים נגדיים, וקטורים קולינאריים.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 22** מציגה דוגמה של שאלה בנושא המושגים שלמדנו במרחב. **שאלות 1-4** עוסקות בכך באופן דרמטי ובאופן תלת־ממדי כדי להקל על התלמידים להבין את המושגים תוך הרגלה לראייה מרחבית. **שאלות 1, 3 ו-4** כוללות **סעיפים פתוחים** שיש להם מספר תשובות שונות.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 24** מציגה לראשונה סימון וקטורים בעזרת האותיות $\underline{u}$, $\underline{v}$ ו- $\underline{w}$, שהוא הסימון הנפוץ שבו נשתמש במרבית התרגול. **שאלות 5-7** עוסקות בכך תוך שילוב המושגים שהכרנו עד עתה בגיאומטריה במרחב.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 25** מציגה את דרך ההצגה של אורכו של וקטור. **שאלות 8-15** עוסקות בכך באופן אינטגרטיבי. **בשאלה 12** התלמידים מתבקשים להציג **שתי דרכים** לפתרון.

”הפעילות הגבוהה ביותר שבן אנוש יכול לעסוק בה היא למידה לצורך הבנה,
כי להבין פירושו להיות חופשי.”

ברוך שפינוזה, פילוסוף

פרק 2 - הווקטור הגיאומטרי

פעולות ווקטורים גיאומטריים - עמודים 30-52

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נעסוק בחיבור וחסור וקטורים.
- נעסוק בכפל וקטור בסקלר.
- נעסוק בצירוף ליניארי של וקטורים.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: 5.5 שעות.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? היכרות עם פעולות בין ווקטורים ושימוש בהן לפתרון שאלות בגיאומטריה במרחב.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- וקטורים קוליניאריים
- וקטורים שווים ונגדיים
- מנסרות
- פירמידות

מה חשוב לי לדעת?

- בתת־פרק זה נלמד כללי חיבור, חיסור וכפל בסקלר של וקטורים. בעזרת פעולות אלו נוכל להביע וקטורים במרחב, וגם נוכל לעסוק בצירוף ליניארי של וקטורים. בהמשך, בעזרת צירוף ליניארי נוכל להוכיח שקטעים הם מקבילים, ששלוש נקודות נמצאות על אותו ישר, או שקטע מקביל למישור.
- התרגול של פעולות ווקטורים מתחיל מראשיתו באופן מרחבי, וזאת כדי להרגיל את התלמידים לראייה ולהבנה מרחבית. על אף שהשרטוטים תלת־ממדיים נשים לב שהשאלות הראשונות בכל נושא מתמקדות במישור אחד בלבד. זאת, כדי להקל על התלמידים ולאפשר להם תרגול ראשוני פשוט יותר תוך שמירה על המטרה להרגיל אותם לראייה מרחבית.
- במהלך הפרק קיימים **קישורים להמחשות דיגיטליות** שניתן להיכנס אליהן בסריקה או בלחיצה. מומלץ לבצע אותן בכיתה תוך הקרנה על הלוח.
- **שאלות מומלצות לעבודת כיתה:** 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 16, 19, 22, 25, 29-31, 37.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 1 ב-ד, 4, 5, 7, 11-15, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 26-28, 32-36.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- תת־הפרק נפתח בהצגת שתי דרכים לחיבור וקטורים.
- **בעמוד 31 מופיע קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בחיבור וקטורים ובכלל המשולש שנלמד בעמוד הקודם. בעזרתה ניתן להציג לכיתה את השפעת השינוי בווקטורים המחוברים על וקטור הסכום שלהם. **שאלות 1-4** עוסקות בחיבור בין וקטורים.
- **בעמוד 33** נעסוק בחיבור של שלושה וקטורים בדרך דומה לזו שלמדנו עבור שניים. **שאלות 5-7** עוסקות בכך. **שאלה 6** כוללת **סעיפים פתוחים** שיש להם מספר תשובות. **בשאלה 7** התלמידים מתבקשים למצוא **שתי דרכים** לפתרון.
- **בעמוד 33 למעלה מופיע קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בחיבור שלושה וקטורים. בעזרתה ניתן להציג לכיתה את השפעת השינוי בווקטורים המחוברים על וקטור הסכום שלהם.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 34-35** עוסקת בחיסור וקטורים. **שאלות 8 ו-9** עוסקות לראשונה בהבעת וקטור שכרוכה גם בחיסור וקטורים. **בשאלה 9** התלמידים מתבקשים למצוא **שתי דרכים** לפתרון.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 36** מציגה לראשונה את דרך הסימון של קודקודי גוף תלת־ממדי באמצעות אותיות עם גרש ('). **שאלות 10-18** עוסקות בחיבור וחיסור וקטורים בגופים תלת־ממדיים. **בשאלות 10, 11 ו-15** התלמידים מתבקשים למצוא **שתי דרכים** לפתרון.
- **המסגרות הצהובות בעמוד 39 ו-40** מציגות כפל וקטור בסקלר. **בשאלות 19-20** נעסוק בכך באופן דרממדי. **בעמוד 41 מופיע קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בכפל וקטור בסקלר. **בשאלות 21-28** נעסוק בכפל וקטור בסקלר באופן מרחבי.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 44** מציגה מהו צירוף לינארי של שני וקטורים. בעזרת צירוף לינארי של שני וקטורים נוכל להוכיח ששני וקטורים מונחים על ישרים מקבילים או על אותו ישר, ואף להראות שווקטור נמצא על ישר המקביל למישור. **שאלה 29** עוסקת בכך ומיישמת את הנושא בגיאומטריה במרחב.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 45** מרחיבה את הצירוף הלינארי לשלושה וקטורים. **שאלה 30** עוסקת בכך באופן טכני להטמעה והבנה בסיסית של החומר.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 46** מדגימה כיצד להיעזר בצירוף הלינארי בשאלות של גיאומטריה במרחב. **שאלות 31-37** עוסקות בכך.

”מטרת החינוך היא להחליף מוח ריק בראש פתוח.”

- מלקולם פורבס, עיתונאי ומוציא לאור

פרק 2 - הווקטור הגיאומטרי

המכפלה הסקלרית - עמודים 53-72

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נלמד מהי זווית בין וקטורים.
- נלמד מהי מכפלה סקלרית ונחשב בעזרתה אורכים וזוויות.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: 10.5 שעות.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? היכרות עם המכפלה הסקלרית ככלי לחישוב אורך וגודל של זווית בחישובים בגיאומטריה במרחב.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- וקטורים שווים, נגדיים וקוליניאריים
- גופים תלת־ממדיים
- טריגונומטריה

מה חשוב לי לדעת?

- תת־הפרק פותח בהצגת הזווית בין וקטורים. עלינו להכיר זאת לפני השימוש במכפלה סקלרית.
- בתת־פרק זה, לאחר שכבר עסקנו בגופים תלת־ממדיים ובמהותם של וקטורים, כל השאלות עם שרטוטים יהיו במרחב בלבד. זאת, כדי להרגיל את התלמידים לראייה והבנה מרחבית. על אף שמדובר בשרטוטים תלת־ממדיים נשים לב שהשאלות הראשונות בכל נושא עוסקות במישור אחד בלבד ואינן מרחביות. זאת, כדי להקל על התלמידים ולאפשר להם תרגול ראשוני פשוט יותר תוך שמירה על המטרה להרגיל אותם לראייה מרחבית.
- מומלץ להציג את המכפלה הסקלרית, כבר מתחילת הנושא, ככלי שבהמשך ניעזר בו בחישוב זוויות בין וקטורים ובחישוב אורכים של וקטורים. אחרת, התלמידים מתקשים להבין בשלב הראשוני למה הוא נדרש.
- בתת־הפרק קיימים מספר קישורים להמחשות דיגטליות שניתן להיכנס אליהן בסריקה או בלחיצה. מומלץ לבצע אותן בכיתה תוך הקרנה על הלוח, ולשתף את הכיתה בפעילות.
- **שאלות מומלצות לעבודת כיתה:** 1, 44, 4, 5, 7א, 10, 16, 17, 19, 23, 25, 26א, 28, 30, 34, 36, 37, 41
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 2, 3, 4ב-ג, 6, 7ב, 8, 9, 11-15, 18, 20, 21, 22, 24, 26ב-ד, 27, 29, 31, 32, 33, 35, 38, 39, 40, 42-44.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- **תת־הפרק** נפתח בהצגת המושג זווית בין וקטורים. **שאלות 1-3** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 54** מציגה לראשונה את המושג "מכפלה סקלרית" ולאחריה מופיעה מסגרת צהובה עם הסבר על סימן המכפלה הסקלרית. **בעמוד 55 למעלה מופיע קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בהשפעה של הזווית בין הווקטורים על סימן המכפלה הסקלרית. **בשאלות 4-15** נעסוק בחישוב המכפלה הסקלרית מכמה היבטים שונים ובאופן אינטגרטיבי.
- **המסגרת הצהובה התחתונה בעמוד 57** מציגה שהמכפלה הסקלרית של וקטורים שמאונכים זה לזה שווה ל־0. **שאלות 11-13** עוסקות בכך. **שאלות 11 ו־12** כוללות **סעיפים פתוחים** שיש להם מספר פתרונות.
- **שאלה 16** היא **שאלת חקר מדורגת** אשר מובילה את התלמידים בעזרת המכפלה הסקלרית, לנוסחה: $|\underline{u}|^2 = \underline{u}^2$. נוסחה זו היא בעלת חשיבות גדולה בהמשך, כאשר נרצה לחשב אורכים של וקטורים. **שאלות 17-18** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 59** מדגימה כיצד ניתן להיעזר בנוסחה $|\underline{u}|^2 = \underline{u}^2$ כדי לחשב אורכי וקטורים. בעזרת מציאת אורך של וקטור נוכל למצוא אורכים של קטעים שונים בצורות גיאומטריות במרחב. **שאלות 19-25** עוסקות בכך. **בשאלה 25** התלמידים נדרשים למצוא **שתי דרכים** לפתרון.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 61** מציגה כיצד לחשב את גודל הזווית בין וקטורים בעזרת מכפלה סקלרית. בעמוד זה מופיע גם **קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בכך שאורכי הווקטורים אינם משפיעים על הזווית שביניהם.
- **שאלות 26-44** עוסקות בכך באופן אינטגרטיבי עם שאר הנושאים שנלמדו בפרק.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 62** מדגישה שכדי למצוא את הזווית הנכונה חשוב להיעזר בשני ווקטורים שיש להם אותה נקודת מוצא או אותה נקודת סוף. **בשאלה 37** התלמידים נדרשים למצוא **שתי דרכים** לפתרון.



"מיליונים ראו את התפוח נופל, אך רק ניוטון שאל מדוע."

ברנרד ברוך, כלכלן

פרק 2 - הוקטור הגיאומטרי

וקטור ניצב למישור - עמודים 73-79

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נלמד מהו וקטור ניצב למישור.
- נלמד כיצד להוכיח שישר מאונך למישור.
- נחשב נפחים של גופים תלת־מימדיים.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: שעתיים.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? שימוש בווקטורים כדי להוכיח שישר מאונך למישור וחישוב נפחים.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- מכפלה סקלרית.
- חישוב נפח

מה חשוב לי לדעת?

- בתחילת הנושא של גיאומטריה במרחב עסקנו במונח "ישר ניצב למישור", וכעת נרחיב את עיסוק ל"וקטור ניצב למישור". בהמשך, סוגיה זו תסייע לנו בחישוב נפחים של צורות תלת־ממדיות.
- בתוך כך, נציג את התנאי המספיק להוכחה שוקטור ניצב למישור.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 1, 4, 7, 9.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 2, 3, 4-א, 5, 6, 8.
- שאלות נוספות לתרגול בנושא נמצאות במרחב ההוראה בעמוד של ספר 472 באתר הוצאת ארכימדס.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- תת־הפרק פותח בעמוד 73 בהסבר של מהו ישר הניצב למישור יחד עם דוגמה של תיבה, והסקה על נציבות באמצעות שוויון וקטורים.
- המסגרת הצהובה בעמוד 74 מציגה כיצד להוכיח שישר ניצב למישור ומסבירה בעזרת מכפלה סקלרית מדוע מספיקים רק שני וקטורים שאינם קוליניאריים לשם כך. שאלות 1 ו-2 עוסקות בכך.
- המסגרת הצהובה בעמוד 76 מציגה את הנוסחאות לחישוב מנסרות ופירמידות. שאלות 3-9 עוסקות בחישוב נפחים באופן מדורג.

פרק 2 - הווקטור הגיאומטרי

שאלות סיכום - עמודים 80-86

מה נלמד בתת-פרק זה?

נפתור שאלות סיכום בנושא הווקטור הגיאומטרי ברמת הבגרות.

שעות לימוד מומלצות לתת-הפרק: 3 שעות.

מהי המטרה המרכזית של תת-הפרק? תרגול שאלות בגיאומטריה במרחב עם וקטור גיאומטרי לקראת מבחנים, מתכונות, ובחינת הבגרות.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת-הפרק?

- מכפלה סקלרית
- וקטור ניצב למישור
- חישוב נפחים

מה חשוב לי לדעת?

- פרק זה נועד לסכם את החומר שלמדנו עד כה בפרק הווקטור הגיאומטרי, ומציג שאלות ברמת בחינת הבגרות. סדר השאלות מופיע ברמת קושי עולה.
- שאלות מומלצות לעבודת כיתה: 5, 7, 10.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 1-4, 6, 8, 9, 11, 12.

**”הפעילות הגבוהה ביותר שבן אנוש יכול לעסוק בה היא למידה לצורך הבנה,
כי להבין פירושו להיות חופשי.”**

ברוך שפינוזה, פילוסוף

פרק 3 - הווקטור האלגברי

היכרות עם הווקטור האלגברי - עמודים 87-105

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נלמד מהי מערכת הצירים התלת־ממדית.
- נעסוק בהצגה אלגברית של וקטור.
- נעסוק בפעולות בווקטורים בהצגה אלגברית (חיבור, חיסור וכפל בסקלר).

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק : 7 שעות.

מהי המטרה המרכזית בתת־הפרק? הכרת ההצגה האלגברית של וקטור ושימוש בו לפתרון שאלות בגיאומטריה במרחב.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- גופים תלת־ממדיים
- מערכת הצירים
- כללי החיבור והחיסור של וקטור גיאומטרי
- כפל וקטור בסקלר

מה חשוב לי לדעת?

- כבר מתחילת ההוראה בנושא, יש להבהיר לכיתה שאת וקטור שבו עסקנו קודם בהצגה גיאומטרית, נציג כעת בהצגה אלגברית. לא מדובר על וקטורים שונים כי אם על הצגות שונות של אותו וקטור.
- התרגול של וקטורים בהצגה אלגברית בצורות דו־ממדיות הוא מצומצם, כדי להרגיל את התלמידים לראייה והבנה מרחבית. על אף שרוב השאלות עוסקות בשרטוטים תלת־ממדיים נשים לב שהשאלות הראשונות בכל נושא עוסקות במישור אחד בלבד ואינן מרחביות. זאת כדי להקל על התלמידים ולאפשר להם תרגול ראשוני פשוט יותר תוך שמירה על המטרה להרגיל אותם לראייה מרחבית.
- במהלך הפרק קיימים מספר קישורים **להמחשות דיגיטליות** שניתן להיכנס אליהן בסריקה או בלחיצה. מומלץ לבצע אותן בכיתה תוך הקרנה על הלוח.
- כחלק מתוכנית הלימודים מופיע בספר גם הנושא "וקטורי היחידה של הצירים". הנושא מופיע אך ורק ככלי שבעזרתו נוכיח את הנוסחאות של כפל בסקלר ומכפלה סקלרית שנעסוק בהן בהמשך. אין בנושא זה תרגול והוא אינו מופיע כנושא בשאלות בבחינת הבגרות.
- **שאלות מומלצות לעבודת כיתה:** 1, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 21, 24, 25, 29, 31, 33.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 35.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- **תת־הפרק נפתח** בהצגה של מערכת הצירים התלת־ממדית, והיכרות עם ציר ה־z.
- **שאלה 1** היא **שאלת חקר מדורגת** אשר מובילה את התלמידים להיכרות עם שיעורי הנקודות הנמצאות על הצירים של מערכת הצירים התלת־ממדית. **שאלות 2-3** עוסקות בכך. **שאלה 3** היא **שאלה פתוחה** שיש לה מספר תשובות אפשריות.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 89** מציגה את שלושת המישורים אשר קובעים כל צמד צירים במערכת הצירים התלת־ממדית. **שאלה 4** היא **שאלת חקר מדורגת** אשר מובילה את התלמידים להבנה על שיעורי הנקודות שנמצאות בכל אחד ממישורים אלו. **שאלות 5-6** עוסקות בכך. **שאלה 6** היא **שאלה פתוחה** שיש לה מספר תשובות אפשריות.
- **שאלות 7-9** עוסקות באורכים ובמציאת נקודות, ומטרתן להטמיע את ההבנה של שיעורי הנקודות במערכת הצירים התלת־ממדית.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 91** מציגה מהי הצגה אלגברית של וקטור ומדגישה את ההבדל בינה לבין הצגה של שיעורי נקודה. בעמוד זה מופיע גם **קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בהצגה אלגברית של וקטור במערכת הצירים התלת־ממדית. **שאלה 10** עוסקת בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 92** מציגה הסבר על שוויון וקטורים בהצגה אלגברית.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 93** מציגה את הנוסחה לחיבור של וקטורים בהצגה אלגברית יחד עם הסבר. ההסבר מבוסס על כללי החיבור של וקטורים גיאומטריים שלמדנו עליהם בעבר. בעמוד זה מופיע גם **קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בהשפעה של שינוי שני וקטורים במערכת הצירים התלת־ממדית על וקטור הסכום שלהם. **שאלות 11-12** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 94** מציגה את וקטורי היחידה. כפי שהובהר קודם, לנושא זה אין תרגול בספר והוא אינו מופיע בבחינת הבגרות. הנושא מופיע כהקדמה לכפל וקטור בסקלר וניעזר בו כדי למצוא את הנוסחה לכפל וקטור בסקלר ובהמשך למכפלה סקלרית.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 95** ממחישה ומסבירה באופן ויזואלי כפל של וקטור אלגברי בסקלר. בעמוד זה מופיע גם **קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בכפל וקטור בהצגה אלגברית בסקלר. **שאלות 13-17** עוסקות בכך.
- **שאלה 15** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להסיק על הצגה אלגברית של וקטורים נגדיים בהצגה אלגברית.
- **שאלה 18** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להסיק על הצגת וקטורים קוליניאריים בהצגה אלגברית. בשאלה זו סעיף ד' הוא **סעיף פתוח**. **שאלות 19-20** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 98** מציגה בפני התלמידים לראשונה הצגה של וקטור אלגברי שראשיתו אינה בראשית הצירים. ההסבר על הצגה של וקטור כזה מסתמך על כללי החיבור והחיסור של וקטורים גיאומטריים שלמדנו בעבר. **שאלות 21-35** עוסקות בכך.
- **שאלה 33** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבין כיצד למצוא שיעורי נקודה שנמצאת על וקטור לפי יחס נתון.

פרק 3 - הווקטור האלגברי

המכפלה הסקלרית של וקטורים בהצגה אלגברית - עמודים 106-114

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נלמד כיצד לחשב אורך וקטור בהצגה אלגברית.
- נעסוק במכפלה סקלרית של וקטורים בהצגה אלגברית.
- נחשב גדלים של זוויות בין וקטורים בהצגה אלגברית.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: שתיים.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? שימוש במכפלה סקלרית של וקטורים לחישוב זוויות בין וקטורים.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- אורך וקטור
- משפט פיתגורס
- מכפלה סקלרית
- וקטורי היחידה
- זווית בין וקטורים

מה חשוב לי לדעת?

- הפרק נפתח בנוסחה לחישוב אורך וקטור בהצגה אלגברית. נוסחה זו תאפשר לנו לחשב את המכפלה הסקלרית ולהיעזר בה בהמשך לחישוב זוויות בין וקטורים.
- את נוסחת המכפלה הסקלרית נוכיח בעזרת וקטורי היחידה. נזכיר שלווקטורי היחידה אין תרגול בספר והם אינם מופיעים בבגרות. הנושא מופיע ונלמד רק בשביל להוכיח את הנוסחאות של כפל בסקלר ומכפלה סקלרית שנעסוק בה כעת.
- שאלות מומלצות לעבודת כיתה: 1א, 2ג, 3א, 5א, 6, 7, 14.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 1ב-ג, 2א-ב, 4, 5ב-ג, 8-13.
- שאלות נוספות לתרגול בנושא נמצאות במרחב ההוראה בעמוד של ספר 472 באתר הוצאת ארכימדס.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- **תת־הפרק נפתח** בהצגה של הנוסחה לחישוב אורך של וקטור. ניעזר בנוסחה זו בהמשך לחישוב המכפלה הסקלרית. **שאלות 1-4** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 108** מציגה את הנוסחה לחישוב המכפלה הסקלרית בין וקטורים בהצגה אלגברית. **שאלה 5** עוסקת בכך.
- המסגרת הצהובה בעמוד 109** מדגימה כיצד ניתן להיעזר במכפלה סקלרית כדי למצוא את הזווית בין שני וקטורים בהצגה אלגברית. בעמוד זה מופיע גם **קישור להמחשה דיגיטלית** שניתן להיכנס אליה בסריקה או בלחיצה. ההמחשה עוסקת בחוסר ההשפעה של אורך שני וקטורים במערכת הצירים התלת־ממדית על הזווית שביניהם. **שאלות 6-14** עוסקות בכך.
- שאלה 8** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבין כיצד לחשב את השטח של מקבילית בעזרת נתונים על שלושה מקודקודיה בלבד.
- שאלה 9** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבין כיצד להראות ששני וקטורים בהצגה אלגברית מאונכים זה לזה. הסבר זה מבוסס על ערך המכפלה הסקלרית של וקטורים שמאונכים זה לזה, שלמדנו כבר כשעבדנו על וקטורים בהצגה גיאומטרית.

"היקום עשוי גיאומטריה טהורה.

בבסיסו - צורות יפהפיות סובבות ומרקדות מעבר לזמן ולמרחב."

אנתוני גארט ליסי, פיזיקאי

פרק 3 - הווקטור האלגברי

וקטור ניצב למישור - עמודים 115-120

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נעסוק בהוכחה ישיר מאונך למישור בעזרת וקטור בהצגה אלגברית.
- נחשב נפחים של גופים תלת־ממדיים.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: שעה.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? חישוב נפחים בעזרת וקטורים בהצגה אלגברית.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- נפחים
- מנסרה ישרה
- וקטור מאונך למישור.
- פירמידה ישרה

מה חשוב לי לדעת?

- תת־פרק זה מבוסס על חומר קודם שלמדנו בפרק הווקטור הגיאומטרי. ניעזר בידע שלנו על התנאי המספיק להוכחה שווקטור ניצב למישור ובידע על מכפלה סקלרית של שני וקטורים מאונכים.
- שאלות מומלצות לעבודת כיתה: 1, 5.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 2-4, 6-9.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- תת־הפרק נפתח בעמוד 115 בתזכורת ובדוגמה להוכחה שווקטור ניצב למישור. שאלות 1-4 עוסקות בכך.
- בשאלות 5-9 נעסוק בנוסף גם בחישוב נפחים. בשאלה 5 התלמידים נחשפים לראשונה לדרך שבה ניתן להוכיח שפירמידה היא ישרה.

פרק 3 - הווקטור האלגברי

שאלות סיכום הנושא - עמודים 121-128

מה נלמד בתת־פרק זה?

נפתור שאלות סיכום בנושא הווקטור ברמת הבגרות.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק : שעה.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? תרגול שאלות סיכום בגיאומטריה במרחב לקראת מבחנים, מתכונות, ובחינת הבגרות.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- מכפלה סקלרית - וקטור ניצב למישור - חישוב נפחים

מה חשוב לי לדעת?

- פרק זה נועד לסכם את החומר שלמדנו בגיאומטריה במרחב, ומציג שאלות ברמת בחינת הבגרות. סדר השאלות מופיע ברמת קושי עולה.
- שאלות מומלצות לעבודת כיתה: 7, 12.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 1-6, 8-11, 13, 14.

פרק 4 - מבוא לסדרות - עמודים 129-136

מה נלמד בפרק זה?

- נעסוק בייצוגים שונים של סדרות: מילולי, אלגברי וגרפי.
- נלמד מהי סדרה עולה ומהי סדרה יורדת.
- נגדיר סדרה בעזרת הנוסחה לאיבר כללי ובעזרת כלל נסיגה.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה: 3 שעות.

מהי המטרה המרכזית בפרק? מבוא כללי לנושא הסדרות לפני העמקה בסדרה חשבונית ובסדרה הנדסית.

על אילו נושאים קודמים נחזור בפרק?

- סדרה
- חוקיות
- גרף בדיד

מה חשוב לי לדעת?

- פרק זה מהווה מבוא למונחים בסיסיים בנושא סדרות לקראת העיסוק בסדרות חשבוניות והנדסיות בפרקים הבאים.
- נעסוק בייצוגים שונים של סדרות: ייצוג מילולי, ייצוג אלגברי בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי ובעזרת כלל נסיגה וייצוג גרפי. נציין שייצוג סדרה על ידי טבלה יופיע לראשונה בפרק הסדרה החשבונית.
- בתוכנית הלימודים נעסוק רק בסדרות חשבוניות והנדסיות, אך בשלב זה הן עדיין אינן מוזכרות בשמותיהן.
- שאלות מומלצות לעבודה בכיתה: 1, 3, 5, 8א, 10, 11א, 13, 16, 17.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 2, 4, 6, 7, 8ב, 9, 11ב-ו, 12, 14, 15, 18, 19.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח בעמוד 129** בהגדרה של סדרה. **שאלה 1** מציעה התנסות פשוטה, אשר מובילה את התלמידים להבנה שלא ניתן לקבוע את החוקיות של סדרה לפי מספר איברים ספציפיים בלבד. **שאלה 2** היא **שאלה פתוחה** שיש לה מספר תשובות אפשריות.
- **המסגרת הצהובה העליונה בעמוד 130** מציגה בפני התלמידים מהו מיקום סידורי וכיצד ניתן לסמן איברים בסדרה. **שאלות 3-7** עוסקות בסימון זה **ובייצוג מילולי** של סדרה. **שאלות 3-4** מציעות תרגול אינטואיטיבי של ייצוג מילולי דרך השלמה של ייצוגים קיימים.
- **הייצוג האלגברי** של סדרה כולל בתוכו שני ייצוגים שילוו את הוראת הסדרות:
הנוסחה לאיבר הכללי היא מושג מרכזי בהוראת סדרות, ומוצגת **במסגרת הצהובה בעמוד 131**. נעסוק בה **בשאלות 8-10**. **בשאלות 9-10** נשתמש בסדרות בהקשר של **סוגיות מציאותיות**. נבהיר שבשלב זה טרם הגדרנו סדרה הנדסית או סדרה חשבונית, ולכן התרגול בסיסי ואינו דורש את מציאת הנוסחה לאיבר הכללי באופן עצמאי.
- כלל הנסיגה** מוצג **במסגרת הצהובה בעמוד 132** ונעסוק בו **בשאלות 11-16**. **שאלה 15** היא **שאלה פתוחה** שיש לה מספר תשובות אפשריות. **שאלה 16** היא **שאלת חקר מדורגת** שבה התלמידים עוסקים ביתרון של כל אחד מהייצוגים האלגבריים - הנוסחה לאיבר הכללי וכלל הנסיגה - ומתי נוח יותר להשתמש בכל אחד מייצוגים אלו.
- **שאלות 17-19** עוסקות **בייצוג גרפי** של סדרה. **שאלה 17** היא **שאלת חקר מדורגת** שחושפת את התלמידים לייצוג סדרה בעזרת גרף.

"זה לא שאני כה חכם, אני פשוט נשאר עם השאלות הרבה יותר זמן."
 אלברט איינשטיין, פיזיקאי ומתמטיקאי

פרק 5 - סדרה חשבונית

סדרה חשבונית - עמודים 137-154

מה נלמד בפרק זה?

- נלמד מהי סדרה חשבונית.
- נלמד מהי סדרה עולה וסדרה יורדת.
- נעסוק בייצוגים שונים של סדרה חשבונית.
- נעסוק בכלל נסיגה ובנוסחה לאיבר הכללי בסדרה חשבונית.
- נלמד מהי תכונת הסדרה החשבונית.
- נלמד כיצד להוכיח שסדרה היא סדרה חשבונית.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 5 שעות.

מהי המטרה המרכזית בפרק? היכרות עם הסדרה החשבונית ועם הייצוגים שלה.

על אילו נושאים קודמים נחזור בפרק?

- ייצוגים של סדרות

מה חשוב לי לדעת?

- זהו הפרק הראשון ברצף הפרקים העוסקים בסדרה חשבונית.
- בתחילת הפרק נעסוק בהגדרת סדרה חשבונית ובמונחים סדרה עולה וסדרה יורדת. בפרק זה נסיף גם ייצוג של סדרה חשבונית בעזרת טבלת ערכים חלקית.
- שאלות רבות בפרק עוסקות **במעבר בין ייצוגים שונים** של סדרה חשבונית, שהוא נושא חשוב בתוכנית הלימודים.
- הוכחה שסדרה היא חשבונית הוא נושא מרכזי בשאלון, ונעסוק בו בשלושה הקשרים :
- בפרק זה נעסוק בו בהקשר של הוכחה בעזרת כלל נסיגה והוכחה בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי. בפרק העוסק בסכום סדרה, נעסוק בו גם בהקשר של הנוסחה לסכום n האיברים הראשונים.
- **שאלות מומלצות לעבודה בכיתה :** 1, 2א, 12, 3ה-ו, 5א, 7, 10א, 11, 12א, 13א, 14ד, 16א, 19, 24, 26, 28, 30, 35א, 38, 39א, 41, 47, 48, 49א.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית :** 2ב-ה, 3א-ד, 4, 5ב-ג, 6, 8, 9, 10ב-ג, 12ג-ד, 13ב-ד, 14א-ג, 15, 16ב-ג, 17, 18, 20-23, 25, 27, 29, 31-34, 35ב-ג, 36, 37, 39ב, 40, 42-46, 49ב-ג, 50, 51.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח בשאלה 1** המציעה התנסות פשוטה ובסיסית בסדרה חשבונית וזיהוי המאפיין המרכזי שלה. **המסגרת הצהובה העליונה בעמוד 137** מציגה באופן פורמאלי את ההגדרה של סדרה חשבונית ושל ההפרש. **שאלות 2-4** עוסקות בכך. **המסגרת הצהובה התחתונה בעמוד 137** מציגה את המונחים סדרה עולה וסדרה יורדת ו**שאלה 3** עוסקת בכך בהקשר של סדרה חשבונית. **שאלה 4** היא **שאלה פתוחה** שיש לה מספר תשובות אפשריות. שאלה זו גם מובילה אותנו למונח **סדרה קבועה**.
- **שאלות 5-6** עוסקות ב**ייצוג מילולי** של סדרה חשבונית.
- **שאלות 7-10** עוסקות ב**ייצוג אלגברי** של סדרה חשבונית על ידי כלל נסיגה. **שאלה 7** היא **שאלת חקר** שבעזרתה התלמידים עוסקים במשמעות של כלל נסיגה בהקשר של סדרה חשבונית. הנושא מוצג באופן פורמאלי **במסגרת הצהובה בעמוד 139**.
- **שאלות 11-23** עוסקות ב**ייצוג אלגברי** של סדרה חשבונית על ידי הנוסחה לאיבר הכללי. זהו חלק מרכזי בפרק, שהרי הנוסחה לאיבר הכללי היא כלי נוח למציאת האיבר הראשון, ההפרש ומיקומו של איבר. בפרק זה נעסוק בנוסחה לאיבר הכללי גם בהקשר של שאלות מעולם המציאות, שבהן נעשה **אינטגרציה חשובה** בין כלל נסיגה לבין הנוסחה לאיבר הכללי. **שאלה 11** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבין ולמצוא את הנוסחה לאיבר הכללי של סדרה חשבונית. **בשאלה 19** התלמידים נחשפים לראשונה לדרך שבה ניתן לקבוע שמספר מסוים **אינו איבר בסדרה**. **בשאלה 20** ניעזר בסדרה חשבונית בהקשר של **סוגיה מהמציאות**.
- כעת נעסוק בהוכחה שסדרה היא חשבונית. הנושא נלמד בשלב מוקדם יחסית בפרק, כך שנוכל לתרגל אותו לאורך הפרק:
- הוכחה בעזרת כלל נסיגה**: **שאלה 24** היא **שאלת חקר** שבה התלמידים עוסקים לראשונה בהוכחה שסדרה היא חשבונית בעזרת כלל נסיגה. בחרנו לעסוק בהוכחה זו לפני שנעסוק בהוכחה בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי כי כלל הנסיגה מאפשר הוכחה אינטואיטיבית וקלה יותר מבחינה אלגברית. **שאלות 25-27** עוסקות בכך. **שאלה 26** היא **שאלת חקר קצרה** שבעזרתה התלמידים מגיעים לתובנה שכדי לקבוע שסדרה אינה חשבונית מספיק שנמצא שני איברים סמוכים שההפרש ביניהם אינו שווה להפרש בין שני איברים סמוכים אחרים.
- הוכחה בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי**: **שאלה 28** היא **שאלת חקר** שבה התלמידים עוסקים לראשונה בהוכחה שסדרה היא חשבונית בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי. **שאלה 29** עוסקת בכך. תרגול בנושא זה יחזור באופן אינטגרטיבי לאורך הפרק ובפרקים הבאים, ולכן לא העמקנו מעבר לשאלה זו בחלק זה.
- **בשאלות 30-40** נפתור שאלות בסדרה חשבונית שמשלבות היבטים שונים, ביניהם: מציאת מיקומם הסידורי של איברים המקיימים תכונה כלשהי (סכום, מכפלת איברים ואחרים); איברים חיוביים ושיליים ונוספים. בשאלות אלו נעסוק באופן אינטגרטיבי בכלל נסיגה, בנוסחה לאיבר הכללי,

ובהכחה שסדרה היא חשבונית. **שאלה 38** היא **שאלת חקר מדורגת** שחושפת את התלמידים לראשונה לשימוש באישוויון כדי לפתור שאלה בסדרות.

- **שאלות 41-42** עוסקות בייצוג סדרה חשבונית בעזרת טבלת ערכים.
- **שאלות 43-47** עוסקות בייצוג **גרפי** של סדרה חשבונית, ובין היתר עוסקות במעבר בין ייצוגים שונים של סדרה חשבונית. **בשאלות 46-47** נשתמש בייצוג גרפי של סדרות בהקשר של **סוגיות מציאותיות**.
- **שאלות 48-51** עוסקות בתכונת הסדרה החשבונית. בפרק העוסק בשילוב בין סדרה הנדסית וחשבונית נחזור ונעסוק בתכונה זו. **שאלה 48** היא **שאלת חקר קצרה** שמובילה את התלמידים למצוא את הנוסחה של תכונת הסדרה החשבונית.

"זה שאיננו יכולים למצוא פתרון, זה לא אומר שאין כזה."

אנדרו ויילס, מתמטיקאי

פרק 5 - סדרה חשבונית

סכום סדרה חשבונית - עמודים 155-172

מה נלמד בפרק זה?

- נלמד מהי נוסחת הסכום של סדרה חשבונית.
- נלמד כיצד להוכיח שסדרה היא חשבונית לפי נוסחת הסכום.
- נחשב סכומים מיוחדים (סכום האיברים במקומות הזוגיים, האיזוגיים, ועוד).

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 4 שעות.

מהי המטרה המרכזית בפרק? חישוב סכומים בסדרה חשבונית והוכחה לפי נוסחת הסכום.

על אילו נושאים קודמים נחזור בפרק?

- ייצוגים של סדרה חשבונית.
- הוכחה שסדרה היא חשבונית בעזרת כלל הנסיגה או בעזרת נוסחת האיבר הכללי.

מה חשוב לי לדעת?

- בפרק נעסוק בשתי נוסחאות סכום של סדרה חשבונית:

$$S_n = \frac{n \cdot [2a_1 + (n-1) \cdot d]}{2}, \quad S_n = \frac{n \cdot (a_1 + a_n)}{2}$$

כלומר, לא נעסוק בנוסחה הנוספת שהייתה חלק מתוכנית הלימודים בעבר.

- נעסוק גם בסכומים מיוחדים, לרבות איברים במקומות הזוגיים או האיזוגיים, האחרונים ואחרים.
- שאלות מומלצות לעבודה בכיתה: 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13, 18, 22-24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33-36, 42, 43, 46.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 2-ב, 3-א, ד, 3, 4-7, 9, 10, 12-ב, 13-ב, ג, 14-17, 19-21, 25, 26, 27-א, ב, 29-א, ג, 31-א, ב, ד, 33, 37-41, 44, 45, 47, 48.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח במסגרת כחולה עם רקע על פרידריך גאוס שעליו תתבסס שאלת הפתיחה. שאלה 1 היא שאלת חקר מדורגת** שמציעה לתלמידים התנסות ראשונית ואינטואיטיבית בנוסחת סכום n האיברים הראשונים בסדרה חשבונית בדרך דומה לזו שגאוס נעזר בה. **המסגרת הצהובה בעמוד 156** מציגה באופן פורמאלי את נוסחת הסכום, **ושאלות 2-11** עוסקות בכך. **בשאלה 8** התלמידים מתבקשים להציע **שתי דרכים** לפתור את השאלה. **שאלה 9** מציגה **סוגיה מציאותית וגם שגיאה נפוצה** של תלמידים בהקשר של סכום סדרה חשבונית. **בשאלה 11** ניעזר בנוסחת הסכום בהקשר של **סוגיה מהמציאות**.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 158** מציגה נוסחה נוספת לחישוב סכום n האיברים הראשונים בסדרה חשבונית, בעזרת ההפרש שלה והאיבר הראשון שלה. **שאלות 12-26** עוסקות בנוסחה זו ובנוסחה הקודמת ומציעות תרגול רחב לחישוב הסכום של סדרה הנדסית. **שאלה 18** היא **שאלה הפוכה** ומטרתה לפתח את החשיבה של התלמידים. **בשאלות 20-22, 24-26** נשתמש בנוסחת הסכום בהקשר של **סוגיות מציאותיות**.
- **המסגרת הצהובה העליונה בעמוד 161** מדגימה כיצד למצוא את הנוסחה לסכום n האיברים הראשונים של סדרה חשבונית ספציפית. **שאלות 27-29** עוסקות בכך. תרגול זה מוביל לתובנה שבעזרת נוסחת הסכום ניתן למצוא כל איבר בסדרה, גם אם אינה חשבונית. **שאלה 28** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים לתובנה שבעזרת נוסחת סכום של סדרה חשבונית ניתן למצוא את כלל הנסיגה המגדיר אותה ואת הנוסחה לאיבר הכללי שלה. בתוך כך, חשוב להתעמק על הבדיקה הנדרשת לגבי האיבר הראשון.
- **שאלה 30** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה להבנה שניתן למצוא כל איבר בסדרה (לאו דווקא חשבונית) בעזרת נוסחת הסכום שלה. הבנה זו מטרימה להוכחה שסדרה היא חשבונית בעזרת נוסחת הסכום.
- **המסגרות הצהובות בעמודים 162-163** מציגות הוכחה שסדרה היא חשבונית בעזרת נוסחת הסכום ומדגימות אותה. **שאלה 31** עוסקת בכך.
- **שאלה 32** היא **שאלת חקר מדורגת** שמציגה בפני התלמידים **שתי דרכים** לחישוב סכום האיברים האחרונים של סדרה. **שאלות 33-34** עוסקות בכך. **שאלה 34** עוסקת **בשגיאה נפוצה** בעת חישוב סכום n האיברים האחרונים.
- **שאלה 35** היא **שאלת חקר מדורגת** שבה נעסוק לראשונה בסדרה עם מספר זוגי של איברים וכיצד נתייחס אליה. השאלה מובילה את התלמידים באופן מדורג, ידידותי וצבעוני לעיסוק ב־2 איברים, ולהבנה על חישוב סכום המחצית הראשונה או האחרונה של האיברים. **שאלות 36-41** עוסקות בכך. **שאלה 36** עוסקת **בשגיאה נפוצה** של התלמידים בעת חישוב מספר האיברים של סדרה שיש לה יותר מ־2 איברים. **שאלות 38-41** עוסקות **בסוגיות מציאותיות**.

- **שאלה 42** היא **שאלת חקר מדורגת** שבה נעסוק לראשונה באיברים שמיקומם זוגי, ובאיברים שמיקומם איזוגי, ונחשב את סכומם. **שאלות 43-45** עוסקות בכך.
- **שאלה 46** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבנת ההבדל בין סדרה שמספר האיברים שלה זוגי לכזו שמספר האיברים שלה הוא איזוגי. השאלה עוסקת באיבר האמצעי של סדרה כזו ובמספר האיברים במקומות הזוגיים ובמקומות האיזוגיים. **שאלות 47-48** עוסקות בחישוב סכומים בסדרות דומות.

”שליחותו של המורה. אין מקצוע מיוחס יותר. לעורר באדם אחר כוחות וחלומות מעבר לאלה של האדם; לגרום לאחר לאהוב את שאתה אוהב; להפוך את ההווה הפנימי של אדם לעתידו; זוהי הרפתקה משולשת שאין כמוה.”

פרופסור ג'ורג' שטיינר, מבקר ספרות

פרק 5 - סדרה חשבונית

שאלות סיכום סדרה חשבונית - עמודים 173-182

מה נלמד בתת-פרק זה?

נפתור שאלות סיכום בנושא הסדרה החשבונית ברמת הבגרות.

שעות לימוד מומלצות לתת-הפרק: שתיים.

מהי המטרה המרכזית של תת-הפרק? תרגול שאלות סיכום בסדרות חשבוניות לקראת מבחנים, מתכונות, ובחינת הבגרות.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת-הפרק?

- ייצוגים של סדרה חשבונית
- חישוב סכום של סדרה חשבונית
- הוכחת שסדרה היא חשבונית

מה חשוב לי לדעת?

- פרק זה נועד לסכם את החומר שלמדנו על סדרות חשבונית, ומציג שאלות ברמת בחינת הבגרות. סדר השאלות מופיע ברמת קושי עולה.
- **שאלות מומלצות לעבודת כיתה:** 7, 8, 24.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 1-6, 9-23, 25, 26.

"כשאתה רוצה ללמד ילדים לחשוב, אתה מתחיל עם להתייחס אליהם ברצינות כשהם קטנים, לתת להם אחריות, לדבר איתם בכנות, לספק להם פרטיות ואפשרות לשהות בגפם, ולהפוך אותם לקוראים וכותבים של מחשבות משמעותיות מההתחלה."

ברטראנד ראסל, פילוסוף ומתמטיקאי בריטי

פרק 6 - סדרה הנדסית

סדרה הנדסית - עמודים 183-207

מה נלמד בתת-פרק זה?

- נלמד מהי סדרה הנדסית.
- נעסוק בייצוגים שונים של סדרה הנדסית.
- נעסוק בכלל נסיגה ובנוסחה לאיבר הכללי בסדרה הנדסית.
- נעסוק בתכונת הסדרה ההנדסית.
- נלמד כיצד להוכיח שסדרה היא סדרה הנדסית.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 4.5 שעות.

מהי המטרה המרכזית בפרק? היכרות עם הסדרה ההנדסית ועם הייצוגים שלה.

על אילו נושאים קודמים נחזור בפרק?

- ייצוגים שונים של סדרה: מילולי, אלגברי, גרפי ובעזרת טבלה
- מערכת משוואות
- פונקציית הגדילה המעריכית
- פתרון משוואה מעריכית

מה חשוב לי לדעת?

- זהו הפרק הראשון ברצף הפרקים העוסקים בסדרה הנדסית.
- תחילה נגדיר מהי סדרה הנדסית, ולאחר מכן נעסוק בייצוגים השונים שלה. שאלות רבות בפרק עוסקות **במעבר בין ייצוגים שונים** של סדרה הנדסית, שהוא נושא חשוב בתוכנית הלימודים.
- מערכות המשוואות שבהן נעסוק הן פחות מורכבות מאלו שהופיעו בתוכנית הלימודים הקודמת.
- הנושא של הוכחת סדרה הנדסית הוא מרכזי בשאלון, ולכן נעסוק בהוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת כלל הנסיגה ובעזרת הנוסחה לאיבר הכללי בשלב יחסית מוקדם בפרק. נתרגל את ההוכחה הזו לאורך הפרק באופן אינטגרטיבי בסוגי שאלות שונים.
- **שאלות מומלצות לעבודה בכיתה:** 1, 3, 4-א, 6, 9-א, 12, 16, 17, 25, 26, 27-ג, 29, 30, 34, 35-ד, 36, 40, 41, 45, 47-א, 49, 54, 55-א, 57, 59, 60-ג, 61.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 2, 4-ד, 5, 7, 8, 9-ב-ג, 10, 11, 13-15, 18, 19-24, 27-א-ב, 28, 31-33, 35-א-ג, 37-39, 42-44, 46, 47-ב, 48, 50-53, 55-ב-ג, 56, 58, 60-א-ב, 60-ד, 62, 63.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך תת־הפרק?

- **תת־הפרק נפתח בשאלה 1** אשר מציעה התנסות ראשונית בסדרה הנדסית וזיהוי המאפיין העיקרי שלה. **המסגרת הצהובה בעמוד 183** מציגה באופן פורמאלי מהי סדרה הנדסית ומה היא המנה. **שאלות 3-2** עוסקות בכך.
- **המסגרת הצהובה העליונה בעמוד 184** מציגה את המקרים שבהם סדרה הנדסית עולה ושהם סדרה הנדסית יורדת. **שאלות 4-6** עוסקות בכך. **בשאלה 6** התלמידים נחשפים לסדרה הנדסית **קבועה**. **שאלה 7** היא **שאלת חקר קצרה** שבה נעסוק בסדרה הנדסית **שאינה עולה ואינה יורדת**. **שאלה 8** היא שאלה שמערבת **אסטרטגיית חשיבה מסדר גבוה**, מפתחת את החשיבה וגורמת לתלמידים להבין את המאפיינים של סדרה הנדסית עולה או יורדת.
- **בשאלות 9-11** נעסוק ב**ייצוג מילולי** של סדרה הנדסית.
- **שאלה 12** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה למציאת כלל נסיגה של סדרה הנדסית. **שאלות 13-16** עוסקות בכך. **שאלה 15** היא **שאלה הפוכה**, שבה התלמידים נדרשים לכתוב בעצמם שאלה שתתאים לנתונים. **שאלה 16** היא **שאלת חקר קצרה** אשר מובילה את התלמידים לתובנה לגבי החוקיות של סדרה הנדסית, ולזהות אם היא עולה או יורדת, או שאינה עולה ואינה יורדת בעזרת כלל הנסיגה בלבד ללא חישוב.
- **שאלות 17-26** עוסקות ב**ייצוג אלגברי** של סדרה חשבונית על ידי הנוסחה לאיבר הכללי. זהו חלק מרכזי בפרק מכיוון שבעזרת ייצוג זה אנו עוסקים במספר תתינושאים: מציאת האיבר הראשון, המנה ומיקומו של איבר - כאשר חלקם נתונים לנו; מציאת הנוסחה לאיבר הכללי; שאלות מעולם המציאות; בשאלות אלו מתאפשרת **אינטגרציה חשובה** בין כלל נסיגה לבין הנוסחה לאיבר הכללי. **שאלה 17** היא **שאלת חקר מדורגת** אשר מובילה את התלמידים להבין ולמצוא את הנוסחה לאיבר הכללי של סדרה הנדסית. **שאלה 25** היא **שאלת חקר קצרה** שמובילה את התלמידים להבין את החוקיות של סדרה הנדסית, ולזהות אם היא עולה או יורדת, או שאינה עולה ואינה יורדת בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי בלבד ללא חישוב. **שאלה 26** היא **שאלת חקר קצרה** שמובילה את התלמידים להבין כיצד לעבור מייצוג אלגברי בעזרת כלל נסיגה, לייצוג אלגברי בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי.
- **בשאלות 27-29** נעסוק במציאת המנה לפי נתונים. **שאלה 29** עוסקת ב**שגיאה נפוצה** של התלמידים בעת חישוב המנה.
- כעת נעסוק בהוכחה שסדרה היא הנדסית. הנושא נלמד בשלב מוקדם יחסית בפרק, כך שנוכל לתרגל אותו לאורך הפרק.
- הוכחה בעזרת כלל נסיגה**: **שאלה 30** היא **שאלת חקר** שבה התלמידים עוסקים לראשונה בהוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת כלל נסיגה. בחרנו לעסוק בהוכחה זו לפני שנעסוק בהוכחה בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי מכיוון שכלל הנסיגה מאפשר הוכחה אינטואיטיבית וקלה יותר מבחינה אלגברית. **שאלות 31-33** עוסקות בכך. **שאלה 32** היא **שאלת חקר קצרה** שמובילה את התלמידים לתובנה שכדי

לקבוע שסדרה אינה הנדסית מספיק שנמצא שני איברים סמוכים שהמנה ביניהם אינה שווה למנה בין שני איברים סמוכים אחרים.

הוכחה בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי: שאלה 34 היא **שאלת חקר** שבה התלמידים עוסקים לראשונה בהוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת הנוסחה לאיבר הכללי. **שאלה 35** עוסקת בכך. נציין כי תרגול בנושא זה יחזור באופן אינטגרטיבי לאורך הפרק וגם בפרקים הבאים, ולכן לא הרחבנו בתרגול מעבר לשאלה זו בחלק זה.

- **שאלה 36** היא **שאלת חקר** שמובילה את התלמידים למציאת מיקום סידורי של איבר נתון בעזרת פתרון משוואה מעריכית. **שאלות 37-40** עוסקות בכך.
- **שאלות 41-51** עוסקות בייצוגים השונים שלמדנו תוך עיסוק בהיבטים שונים של סדרה הנדסית, ביניהם: מציאת איברים סמוכים שמקיימים תכונה מסוימת, שאלות מהמציאות, פתרון שאלה בעזרת מערכת משוואות, ופתרון שאלות בעזרת אישוויון. **שאלה 45** היא **שאלת חקר מדורגת** שמציגה **שתי דרכים** למצוא מידע על סדרה הנדסית שנתונים בה שני איברים. **שאלה 49** היא שאלת חקר שמובילה לפתרון שאלה בעזרת אישוויון.
- **בשאלות 52-53** נעסוק בייצוג סדרה הנדסית בעזרת טבלת ערכים.
- **שאלה 54** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים להבין את ההבדל בין הייצוג הגרפי של סדרה הנדסית לזה של סדרה חשבונית.
- **המסגרת הצהובה בעמוד 199** עוסקת בדמיון ובהבדלים בין פונקציית הגדילה המעריכית שבה עסקנו בשאלות הגדילה והדעיכה (בכרך א') לבין הסדרה ההנדסית.
- **בשאלות 55-58** נעסוק בייצוג גרפי של סדרה הנדסית. **שאלות 56-57** עוסקות **בסוגיות מציאותיות**.
- **שאלה 59** היא **שאלת חקר קצרה** שמובילה למציאת תכונת הסדרה ההנדסית. **שאלות 60-63** עוסקות בה.

**"אדם מביט לאחור בהערכה אל המורים המבריקים,
אך עם הכרת תודה לאלה אשר נגעו ברגש האנושי שלו."**

קארל גוסטב יונג, מאבות הפסיכולוגיה המודרנית

פרק 6 - סדרה הנדסית

סכום סדרה הנדסית - עמודים 208-218

מה נלמד בתת-פרק זה?

- נלמד מהי נוסחת הסכום של סדרה הנדסית.
- נלמד כיצד להוכיח שסדרה היא הנדסית לפי נוסחת הסכום.
- נחשב סכומים מיוחדים (סכום האיברים במקומות הזוגיים, האיזוגיים, ועוד).

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 3 שעות.

מהי המטרה המרכזית בתת-הפרק? חישוב סכומים בסדרה הנדסית והוכחה לפי נוסחת הסכום.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת-הפרק?

- ייצוגים של סדרה הנדסית.
- תכונת הסדרה ההנדסית.
- הוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת כלל הנסיגה או בעזרת נוסחת האיבר הכללי.

מה חשוב לי לדעת?

- נעסוק בנוסחת סכום n האיברים הראשונים בסדרה הנדסית כאשר $q \neq 1$: $S_n = \frac{a_1 \cdot (q^n - 1)}{q - 1}$.
- אמנם נציג גם את נוסחת סכום n האיברים הראשונים בסדרה הנדסית קבועה כאשר $q = 1$: $S_n = a_1 \cdot n$, אך היא מופיעה בעיקר לצורך הרמטיות מתמטית ולא נעזר בה לחישובים.
- נעסוק גם בסכומים מיוחדים, לרבות איברים במקומות הזוגיים או האיזוגיים, האחרונים ואחרים.
- שאלות מומלצות לעבודה בכיתה : 1א, 1ו, 2א, 3ג, 6, 8ג, 12-14, 15ב, 19-21, 24.
- שאלות מומלצות לעבודת בית : 1ב-ה, 2ב-ג, 3א-ב, 4, 5, 7, 8א-ב, 9-11, 15א, 15ג-ד, 16-18, 22, 23, 25-27.

”ברוב המדעים כל דור הורס את מה שבנה קודמו, ומה שביסס האחד מערער האחר.
רק במתמטיקה מוסיף כל דור נדבך חדש למבנה הקיים.”
הרמן הנקל, מתמטיקאי

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח במסגרת צהובה בעמוד 208** אשר מציגה את הנוסחה לחישוב סכום n האיברים הראשונים בסדרה הנדסית וכיצד ניתן למצוא אותה. **שאלות 1-12** עוסקות בחישובים בהקשר של נוסחה זו. **שאלה 6** היא **שאלה הפוכה**. **בשאלות 7, 11 ו-12** ניעזר בנוסחת הסכום בהקשר של **סוגיה מהמציאות**. **המסגרת הצהובה בעמוד 210** מדגימה כיצד למצוא את הנוסחה לסכום n האיברים הראשונים של סדרה הנדסית ספציפית. **שאלות 8-9** עוסקות בכך.
- **שאלה 13** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה לתובנה שבעזרת נוסחת סכום של סדרה ההנדסית ניתן למצוא את כלל הנסיגה המגדיר אותה ואת הנוסחה לאיבר הכללי שלה. **שאלה זו מטרימה למסגרת הצהובה בעמוד 212** שמציגה הוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת נוסחת הסכום ומדגימה אותה. **שאלות 14-15** עוסקות בכך. **שאלה 14** עוסקת **בשגיאה נפוצה** של תלמידים בעת הוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת נוסחת הסכום.
- **שאלות 16-20** עוסקות בסכום האיברים האחרונים בסדרה הנדסית.
- **שאלה 21** היא שאלת חקר מדורגת העוסקת באיברים הנמצאים במקומות הזוגיים והאיזוגיים. **שאלות 22-27** עוסקות בכך. **שאלה 24** עוסקת **בסוגיה מציאותית** בהקשר של חישוב סכום האיברים במקומות הזוגיים/איזוגיים. **שאלות 26-27** עוסקות בסדרות שיש להן מספר איזוגי של איברים.

"תגיד לי ואני אשכח, תלמד אותי ואני אזכור. תערב אותי ואלמד."

בנג'מין פרנקלין, מדען, מדינאי וממציא

פרק 6 - סדרה הנדסית

סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס - עמודים 219-225

מה נלמד בתת־פרק זה?

- נלמד מהי סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס.
- נלמד לחשב סכום של סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : שעתיים.

מהי המטרה המרכזית בתת־הפרק?

הכרת סדרה הנדסית אינסופית מתכנסת שסכומה מתכנס וחישוב הסכום.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- ייצוגים של סדרה הנדסית.
- הוכחה שסדרה היא הנדסית בעזרת כלל הנסיגה או בעזרת נוסחת האיבר הכללי.

מה חשוב לי לדעת?

- אנו עוסקים בסוג ייחודי של סדרה הנדסית אינסופית, שסכומה מתכנס למספר כלשהו.
- **שאלות מומלצות לעבודה בכיתה:** 1, 2, 3, 5א, 6, 15, 20, 21.
- **שאלות מומלצות לעבודת בית:** 4, 5ב-ה, 7-14, 16-19.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח בשאלה 1** שמציעה התנסות ראשונית בסדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס וזיהוי המאפיין העיקרי שלה. סדרה זו מוצגת באופן פורמאלי **במסגרת הצהובה העליונה בעמוד 219**.
- **שאלה 2** היא **שאלת חקר מדורגת** שמובילה את התלמידים לתובנה על סכומה של סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס. ההסבר המלא יחד עם הנוסחה עצמה לחישוב הסכום מוצגים **במסגרות הצהובות בעמודים 219 ו-220**. **שאלות 3-5** עוסקות בנוסחה זו באופן בסיסי.
- **שאלות 6-21** עוסקות בהיבטים שונים של סדרה הנדסית אינסופית שסכומה מתכנס באופן אינטגרטיבי.

פרק 6 - סדרה הנדסית

שאלות המשלבות סדרה הנדסית וסדרה חשבונית - עמודים 226-229

מה נלמד בתת־פרק זה?

נפתור שאלות המשלבות סעיפים של סדרה חשבונית וסעיפים של סדרה הנדסית.

שעות לימוד מומלצות לפרק זה : 1.5 שעות.

מהי המטרה המרכזית בתת־הפרק? שאלות המשלבות עיסוק בסדרה הנדסית וגם בסדרה חשבונית.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- סדרה הנדסית
- סדרה חשבונית
- סדרה הנדסית אין־סופית שסכומה מתכנס
- סכום סדרה חשבונית / הנדסית
- תכונת הסדרה ההנדסית
- תכונת הסדרה החשבונית

מה חשוב לי לדעת?

- הפרק מכיל שפע של שאלות המשלבות בין סדרה הנדסית לסדרה חשבונית באופן אינטגרטיבי עם כל החומר שלמדנו עד כה.
- שאלות מומלצות לעבודה בכיתה : 1, 4, 8.
- שאלות מומלצות לעבודת בית : 2, 3, 5-7, 9-11.

לאילו נקודות כדאי לי לשים לב במהלך הפרק?

- **הפרק נפתח בתזכורות** לגבי תכונת הסדרה ההנדסית ותכונת הסדרה החשבונית, ומוצגת דוגמה לפתרון שאלה שמשלבת בין סדרה הנדסית לסדרה חשבונית. **שאלות 1-11** כולן עוסקות בכך, דרך היבטים שונים, ובשילוב אינטגרטיבי של הנושאים שלמדנו עד כה.

"השכלה אינה מילוי של דלי, אלא הצתה של אש."

ויליאם בטלר ייטס, משורר ומחזאי אירי

פרק 6 - סדרה הנדסית

שאלות סיכום סדרה הנדסית - עמודים 230-239

מה נלמד בתת־פרק זה?

נפתור שאלות סיכום בנושא סדרות ברמת הבגרות.

שעות לימוד מומלצות לתת־הפרק: שתיים.

מהי המטרה המרכזית של תת־הפרק? תרגול שאלות סיכום בסדרות לקראת מבחנים, מתכונות, ובחינת הבגרות.

על אילו נושאים קודמים נחזור בתת־הפרק?

- סדרה הנדסית - סדרה חשבונית - סדרה הנדסית אין־סופית שסכומה מתכנס

מה חשוב לי לדעת?

- פרק זה נועד לסכם את החומר שלמדנו על סדרות, ומציג שאלות ברמת בחינת הבגרות. סדר השאלות מופיע ברמת קושי עולה.
- שאלות מומלצות לעבודת כיתה: 12, 20, 24.
- שאלות מומלצות לעבודת בית: 1-11, 13-19, 21-23, 25, 26.

"ילד אחד, מורה אחד, ספר אחד, עט אחד - יכולים לשנות את העולם."

מלאכה יוספזאי, פעילת זכויות בפקיסטן