



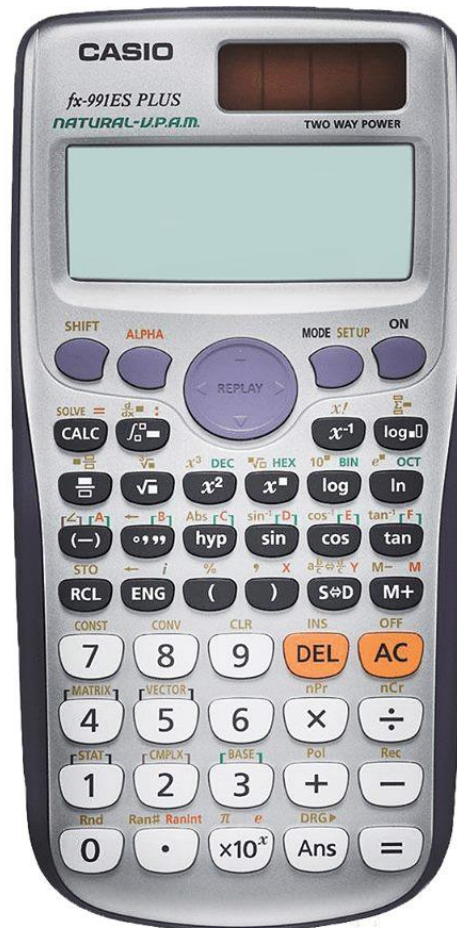
# מדריך לשימוש יעיל וחכם במחשבון

יהונתן וייט

ינואר, 2020

מטרתו של מדריך זה היא ללמד תלמידי מתמטיקה ברמות הלימוד השונות כיצד להשתמש במחשבון בצורה חכמה ויעילה, בתרגול, בלמידה ובזמן בחינה. המחשבון יודע לבצע פעולות חישוב רבות, מפשטות ועד מורכבות, שבחלק גדול מהמקרים עשויות לסייע רבות בבחינות ובפרט בבחינות הבגרות במתמטיקה. במקרים מסוימים המחשבון אפילו יכול לבדוק האם תשובה שהתקבלה נכונה, מידע שהוא ללא ספק יקר מפז בשעת בחינת בגרות.

מדריך זה נכתב ביחס למחשבון של Casio מדגם *fx-991ES* או *fx-991ES PLUS* (איור 1). מחשבון זה ניתן למצוא בחנויות ציוד לימודי בעלות סבירה (אם כי הוא יקר יחסית למחשבוני אחרים). ניתן לרכוש באינטרנט חיקויים סיניים שדומים למחשבון זה בעלות פחותה משמעותית. לצורך מדריך זה ולצורך השימוש במחשבון, אין חשיבות לדגם המחשבון שברשות התלמיד כל עוד מובנות בו אותן פונקציות. יש לציין שקיימים מחשבוני אחרים, שבהם חסרות פונקציות מסוימות הקיימות במחשבון המיוחס במדריך זה. במצב זה, תלמיד שברשותו מחשבון שכזה עשוי למצוא חלק מהפרקים במדריך זה כלא רלוונטיים לצרכיו.



איור 1: מחשבון Casio מדגם *fx-991ES*

באופן טבעי, ברמות לימוד שונות במתמטיקה עושים שימוש שונה במחשבון, וברמות לימוד גבוהות יותר עושים במחשבון שימוש מתקדם יותר. על כן חלק מהתלמידים עשויים למצוא במדריך זה פרקים או חלק מהם כלא רלוונטיים, בהתאם לרמת הלימוד. לכן כל פרק במדריך נכתב כפרק העומד בפני עצמו, ואין צורך להתייחס לפרקים על פי סדר הופעתם.

במטרה לשמור על מדריך זה ענייני ומועיל, השתדלתי להתמקד בפונקציות שימושיות שדורשות מידה מסוימת של היכרות עם המחשבון. דהיינו, פונקציות שבכדי שהתלמיד ישתמש בהם הוא ככל הנראה זקוק לכך שילמדו אותן. פעולות פשוטות שהמחשבון יודע לעשות בלחיצת כפתור אחת אינן מופיעות במדריך זה. בעיני פעולות אלה הן בגדר מוכרות לכל, ותלמידים יכולים להבין לבד את אופן השימוש בהם על ידי התנסות ובדיקה עצמאיים. אם הקורא צריך עזרה בפעולות בסיסיות במחשבון אני מציע לקרוא לפנות למורה שלו למתמטיקה, בכדי ללמוד על פעולות אלה במידת הצורך.

חשוב להדגיש באופן שאינו משתמע לשתי פנים, שפעולות החישוב במחשבון אינן מחליפות הסבר תשובות ופירוט אופן החישוב בבחינות. בשום פנים ואופן אין לכתוב "חישבתי במחשבון" בתור הסבר. בבחינות ובפרט בבחינות הברורות, בכל רמות הלימוד, על הנבחן להסביר את כל שיקוליו ופעולותיו, אחרת הבחינה עלולה להיפסל בחשד להעתקה, דבר שבמקרים מסוימים עלול להוביל לדין חמור. אפשר להשתמש במחשבון בכדי לבדוק את התשובה אך לא בכדי לבסס אותה. יש לכתוב פתרון מלא ומסודר, המוביל לתשובה שהתקבלה, ורק בסוף התהליך לבדוק את התשובה במחשבון על פי ההוראות במדריך זה. יש לזכור שתשובה נכונה ללא דרך, או גרוע מכך – תשובה נכונה עם דרך שגויה, תעורר את חשדו של הבודק. עשו שימוש אחראי וחכם במחשבון.

אני מקווה שתלמידים ימצאו מדריך זה כמועיל, ושלמידת מתמטיקה תיעשה נוחה ומועילה יותר בזכותו.

ממני ומכל צוות מתמטיקה בישיבה, בהצלחה!

## תוכן עניינים

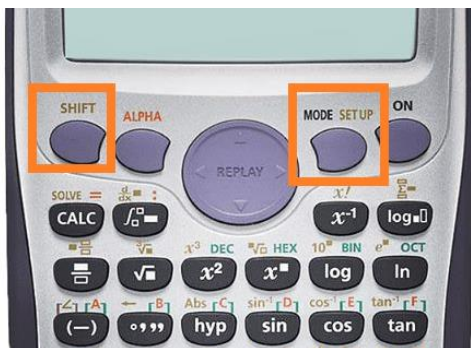
6	פרק 1: היכרות עם מגבלות זיכרון ומגבלות תצוגה.....
6	מגבלות תצוגה .....
7	מגבלות זיכרון.....
7	הודעות שגיאה ודרך הטיפול בהן.....
9	פרק 2: פעולות פשוטות.....
9	שבר מדומה .....
10	אחוזים .....
11	ערך מוחלט .....
11	מעבר בין רדיאנים, מעלות וגראדים.....
12	המרה בין מידות זווית.....
13	מעבר בין הצגה קרטזית והצגה קוטבית.....
15	פרק 3: פתרון משוואות.....
16	שתי משוואות עם שני נעלמים.....
17	שלוש משוואות עם שלושה נעלמים.....
17	משוואה ריבועית.....
18	פרק 4: שמירה במשתנים.....
18	שמירת משתנים.....
19	הקלדה של משתנים שנשמרו.....
19	שימושים.....
21	פרק 5: חישוב באמצעות CALC.....
21	ביצוע חישובים.....
22	שימושים.....
23	פרק 6: חשבון דיפרנציאלי – מציאת נגזרת בנקודה.....
23	חישוב נגזרת בנקודה.....

- 23.....אופן החישוב המתבצע במחשבון.
- 24.....שימושים
- 25.....פרק 7: חשבון אינטגרלי – מציאת אינטגרל מסוים
- 25.....חישוב אינטגרל מסוים
- 25.....אופן החישוב המתבצע במחשבון.
- 26.....שימושים
- 27.....פרק 8: ווקטורים.
- 28.....הגדרת ווקטורים
- 29.....פעולות חישוב בווקטורים
- 29.....שימושים

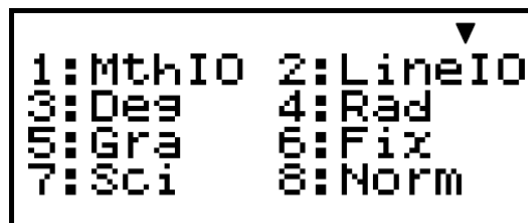
## פרק 1: היכרות עם מגבלות זיכרון ומגבלות תצוגה

### מגבלות תצוגה

במצב ברירת המחדל של המחשבון, מצב Norm1, המחשבון יכול להציג עד 10 ספרות אחרי הנקודה העשרונית. במידה והגדרות המחשבון שונו ורוצים לחזור למצב Norm1 יש להיכנס למצב SET UP על ידי לחיצה על  $\text{SHIFT} \rightarrow \text{MODE}$  (איור 1.1). בתפריט (איור 1.2) יש לבחור באפשרות NORM (8) ולאחר מכן להקיש 1.



איור 1.1: כפתורים SHIFT ו-MODE



איור 1.2: תפריט SET UP

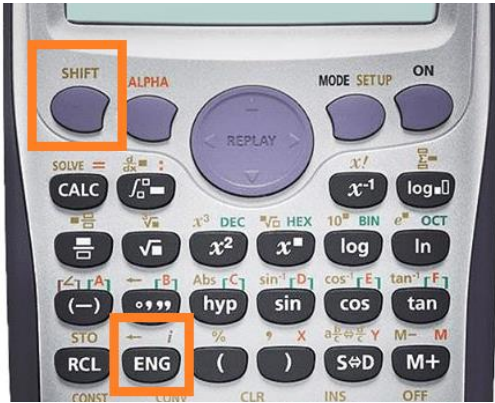
מכיוון שהמחשבון מוגבל בספרות שניתן להציג, הוא יכול להציג ערכים שגודלם גדול מ-0.01 וקטן מ-9,999,999,999. מספרים החורגים מתחום זה המחשבון יציג בכתיבה מדעית, דהיינו בעזרת חזקות של 10. דוגמאות: את פעולת החישוב  $\frac{2}{1000}$  המחשבון יציג כ-  $\frac{1}{500}$  או כ-  $5 \times 10^{-3}$ ; את פעולת החישוב  $2^{50}$  המחשבון יציג כ-  $1.099511628 \times 10^{12}$ .



איור 1.3: כפתור  $\times 10^x$

בכדי לכתוב מספרים בכתיבה מדעית ניתן להשתמש בכפתור  $10^x \times$  (איור 1.3). למשל:  
בכדי להקליד את המספר  $7 \times 10^6$  יש להקליד:  
 $7 \rightarrow \times 10^x \rightarrow 6$

יש לשים לב שהמחשבון יעגל את תוצאת החישוב בהתאם למגבלות התצוגה שלו. תוצאת פעולת החישוב  $\frac{3}{10,000,000,000}$  תוצג בכתיבה מדעית  $3 \times 10^{-10}$ , אך תוצאת פעולת החישוב  $5 - \frac{3}{10,000,000,000}$  תוצג כתשובה שלמה "5". אפילו שהתשובה המדויקת היא 4.9999999997, המחשבון מעגל את התשובה ל-5 עקב מגבלתו להציג עד 10 ספרות אחרי הנקודה העשרונית.



איור 1.4: כפתורים SHIFT ו-ENG

ניתן להשתמש בכפתורים ENG או SHIFT → ENG (איור 1.4) בכדי לשנות את תצוגת המחשבון בכתיבה מדעית (דרך לזכור: ENG הוא קיצור של "Engineer"). בעברית: "מהנדס"). ניתן לעשות זאת כמה וכמה פעמים עד שמגיעים לתצוגה הרצויה. שינוי תצוגה זה אינו נשמר לחישובים הבאים, אלא רק דרכים נוספות להציג את תוצאת החישוב האחרונה.

#### מגבלות זיכרון

המחשבון יכול לבצע פעולות חישוב שגודל תוצאותיהן קטנות מ- $10^{100}$  וגדולות מ- $10^{-100}$ . פעולות חישוב שתוצאותיהן חורגות מגדלים אלה המחשבון אינו יכול לבצע משום שאין לו מספיק מקום בזיכרון הפנימי בכדי לעבד מספרים אלה ולבצע עליהם פעולות חישוב. במידה ותזינו למחשבון פעולת חישוב שחורגת מערכים אלה, יחזיר המחשבון הודעת שגיאה.

#### הודעות שגיאה ודרך הטיפול בהן

המחשבון יכול להחזיר כמה סוגים שונים של הודעות שגיאה, בהתאם לשגיאה שבוצעה. להלן השגיאות הנפוצות ביותר בקרב תלמידי מתמטיקה, ואופן הטיפול בהן:

(1) שגיאת **Math ERROR**. יכולה להיגרם מכמה סיבות:

- תוצאת פעולת החישוב שהוזנה, או חישוב ביניים בדרך, חורגת מהתחום שהמחשבון יכול לחשב (ראה "מגבלות זיכרון"). למשל:  $10^{150} \div 10^{80}$ .
- ישנה פעולה מתמטית בלתי-חוקית בחישוב שהוזן. דוגמאות: חלוקה ב-0, למשל:  $\frac{2}{6-2 \times 3}$ ; הוצאת שורש למספר שלילי (כשהמחשבון לא במצב של מספרים

מרוכבים, ראה פרק 2), למשל:  $\sqrt{16 - 20}$ ; שימוש בפונקציות טריגונומטריות הפוכות על ערך שגדול מ-1, למשל:  $\sin^{-1}\left(\frac{5}{3}\right)$ ; וכולי.

פעולות שניתן לבצע כאשר נתקלים בהודעת שגיאה זו:

- א. חזרה ובדיקה שהחישוב שהוזן תקין ולא נעשתה טעות הקלדה. תיקון הטעות במידה ויש.
- ב. חזרה ובדיקה של התרגיל שמנסים לפתור, שמא לא נעשתה טעות אלגברית בדרך הפתרון שמובילה לחישוב בלתי-חוקי.
- ג. פישוט ככל הניתן של התרגיל לפני החישוב במחשבון, בכדי להימנע מחריגה ממגבלת הזיכרון.
- ד. ייתכן שהתרגיל שמנסים לפתור הוא תרגיל ללא פתרון. יש לחשוב על כך.

(2) שגיאת **Syntax ERROR**. נגרמת כאשר יש טעות בהקלדה של החישוב המבוקש באופן שהמחשבון לא יודע להתמודד איתו. במצב זה יש לחזור, למצוא את הטעות ולתקנה.

(3) שגיאת **Time Out ERROR**. נגרמת בלעדית כאשר חישוב דיפרנציאלי (ראה פרק 6) או אינטגרלי (ראה פרק 7) מסתיים מבלי להגיע לתשובה יציבה. במצב זה יש לנסות לפצל את החישוב למספר חישובים קטן יותר, או לוותר על החישוב במחשבון ולהסתמך על החישוב הידני בלבד. יש לציין שזו שגיאה מאוד נדירה, אך היא עשויה לקרות לעיתים רחוקות.

(4) שגיאת **Dimension ERROR**. נגרמת בלעדית כאשר נעשה שימוש בווקטור שממדיו לא הוגדרו כראוי (ראה פרק 8) ולכן המחשבון לא יכול לבצע את החישוב המבוקש. במצב זה יש לחזור על ההנחיות בפרק 8 ולהגדיר את הווקטור בצורה מדויקת כנדרש.

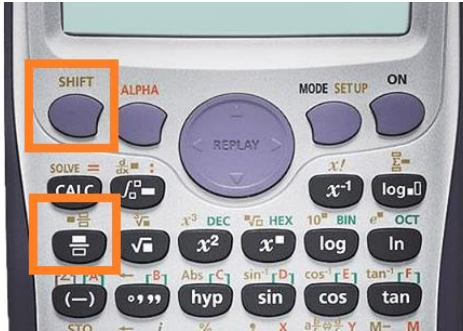


## פרק 2: פעולות פשוטות

שבר מדומה

בכדי להזין למחשבון שבר מדומה יש להקליד – → SHIFT (איור 2.1). שגיאה נפוצה שתלמידים עושים לפעמים היא שימוש בכפתור – ללא לחיצה על SHIFT, ולאחר מכן ניווט לתחילת השבר להמשך ההקלדה. באופן שגוי זה המחשבון מבין בצורה שגויה את הכוונה ומתייחס אליה כאל מכפלה של מספר שלם בשבר פשוט.

למשל: המחשבון יתייחס לשבר  $3\frac{2}{3}$  שהוקלד בצורה

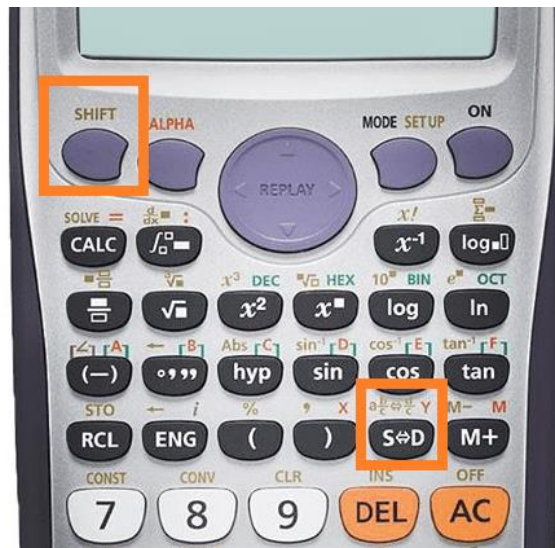


איור 2.1: כפתורים SHIFT ו- →

שגויה כאל פעולת חישוב  $3 \times \frac{2}{3}$  ולכן ייתן את התוצאה 2. בהקלדה נכונה, המחשבון ידע שהכוונה

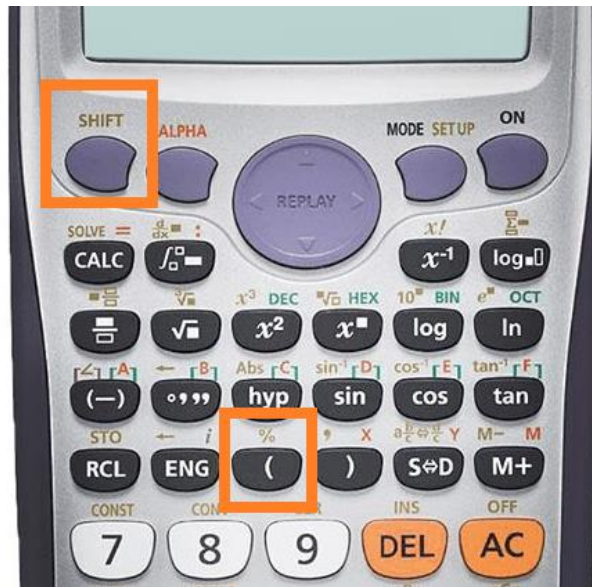
היא לשבר המדומה  $3\frac{2}{3}$ . יש לציין שהמחשבון יימנע מהצגה של שבר מדומה ויציג שבר זה כשבר

פשוט  $\frac{11}{3}$ . אם רוצים לראות הצגה של שבר זה כשבר מדומה יש ללחוץ  $S \Leftrightarrow D$  → SHIFT (איור 2.2).



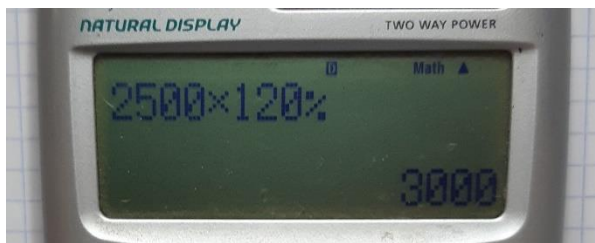
איור 2.2: כפתורים SHIFT ו-  $S \Leftrightarrow D$

ניתן להשתמש באחוזים במחשבון על ידי לחיצה על ( → SHIFT (איור 2.3)

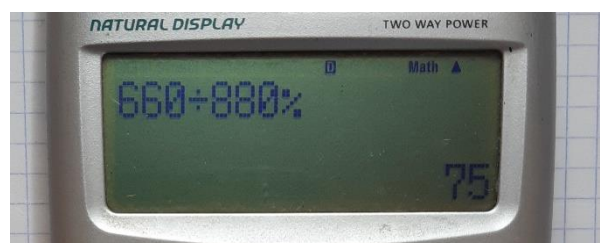


איור 2.3: כפתורים SHIFT ו- (%)

ניתן להשתמש באחוזים בכדי לחשב שינויים באחוזים של ערך כלשהו או כדי לחשב את האחוז של ערך מסוים מתוך ערך אחר. למשל: אם נרצה לחשב מה יקרה אם נוסיף 20% ל-2500, נוכל להקליד  $2500 \rightarrow \times \rightarrow 120 \rightarrow \%$  ולקבל את התוצאה (איור 2.4). אם נרצה לחשב כמה אחוז הם 660 מתוך 880, נוכל להקליד  $660 \rightarrow \div \rightarrow 880 \rightarrow \%$  ולקבל את התוצאה (איור 2.5).

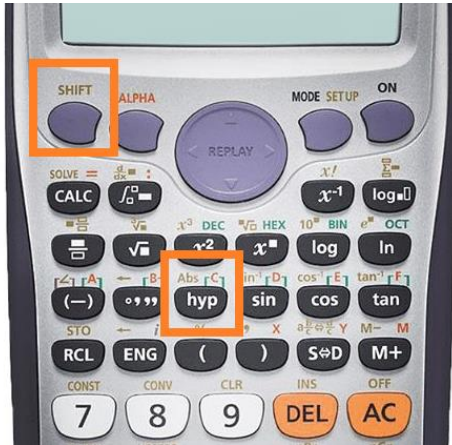


איור 2.4: הוספת 20% ל-2500



איור 2.5: האחוז של 660 מתוך 880

## ערך מוחלט

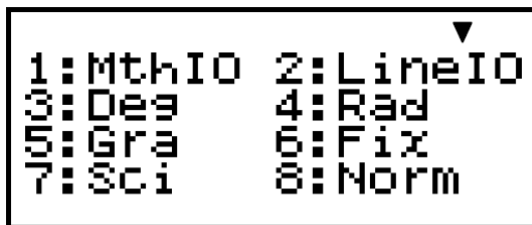


איור 2.6: כפתורים SHIFT ו- hyp

ניתן לבצע פעולה של ערך מוחלט על ידי לחיצה על  
SHIFT → hyp (איור 2.6).  
(דרך לזכור: Abs הינו קיצור של "Absolute Value".  
בעברית: "ערך מוחלט").

שימושי כאשר מבצעים אינטגרל לפונקציה שהפונקציה  
הקדומה לה היא לוגריתמית, או כשמחפשים גודל של  
ווקטור או מספר מרוכב.

## מעבר בין רדיאנים, מעלות וגראדים



איור 2.7: מצב SET UP

במצב SET UP (להנחיות ראה פרק 1) יש לבחור  
במידה הרצויה לזוויות (איור 2.7).

"3:Deg" עבור מעלות (Deg הוא קיצור של

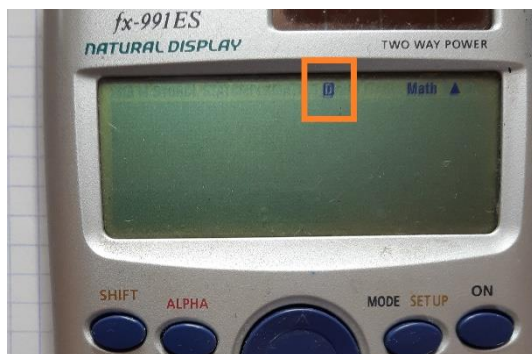
"Degree". בעברית: "מעלות"). "4:Rad" עבור

רדיאנים (Rad הוא קיצור של "Radians". בעברית: "רדיאנים").

"5:Gra" עבור גראדים (Gra הוא קיצור של "Grads". בעברית: "גראדים").

הקשר בין מידות אלה הוא:  $90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ Radians} = 100 \text{ Grads}$ . המידה הנפוצה ביותר היא

מעלות, ולעיתים משתמשים ברדיאנים. אין שימוש לגראדים בלימודי מתמטיקה בתיכון.



איור 2.8: מצב המחשבון

המחשבון מציג באות קטנה בראש הצג את המצב בו  
הוא נמצא בכל רגע נתון (איור 2.8).

D עבור מעלות, R עבור רדיאנים, ו-G עבור גראדים.  
יש לוודא שהמחשבון במצב הרצוי בכדי למנוע  
שגיאות מיותרות.

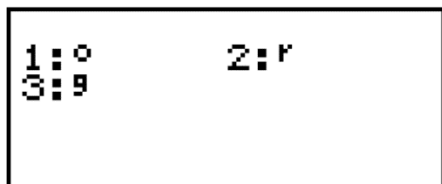
המחשבון אוטומאטית יציג תשובות חישוב זווית במידה שהוגדרה, וייתחס לזווית במידה שהוגדרה בפונקציות טריגונומטריות. כלומר: המחשבון יתייחס לביטוי  $\sin 30$  כאל סינוס 30 מעלות כשהמחשבון במצב מעלות, וייתן את התשובה  $\frac{1}{2}$ . אולם המחשבון יתייחס לביטוי זה כאל סינוס 30 רדיאנים כשהמחשבון במצב רדיאנים, וייתן את התשובה -0.988 בקירוב.

### המרה בין מידות זווית



איור 2.9: כפתורים SHIFT ו- Ans

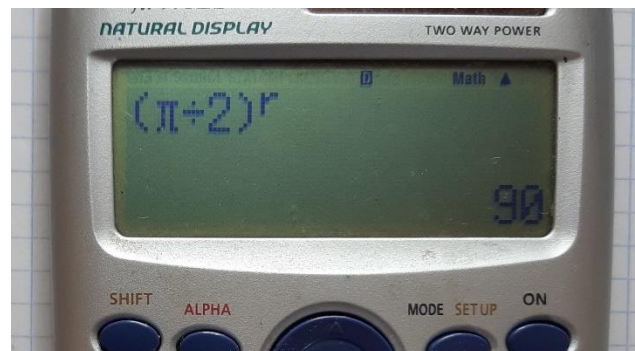
ניתן להמיר זווית במידה שונה מזו שהוגדרה למחשבון אל זו שהוגדרה. ראשית, יש להקליד את הזווית הרצויה במידה האחרת (לא לשכוח לשים סוגריים במידת הצורך). לאחר מכן ללחוץ על  $\text{Ans} \rightarrow \text{SHIFT}$  (איור 2.9) (דרך לזכור: DRG הם ראשי תיבות של Deg, Rad, Gra) כאשר לוחצים  $\text{Ans} \rightarrow \text{SHIFT}$  נפתח תפריט (איור 2.10) המבקש לדעת באיזו מידה ברצונו של המשתמש לבחור. "1:°" עבור מעלות, "2:°" עבור רדיאנים, "3:°" עבור גראדים.



איור 2.10: תפריט DRG

לאחר ההקלדה יש ללחוץ = ותוצאת החישוב תהיה תוצאת ההמרה של הזווית שהוקלדה במידה שהוקלדה למידת הזווית שהמחשבון הוגדר בה.

למשל: כשהמחשבון במצב מעלות, פעולת החישוב  $(\pi \div 2)^r$  תחזיר את התוצאה 90 (איור 2.11).



איור 2.11: המרת רדיאנים למעלות

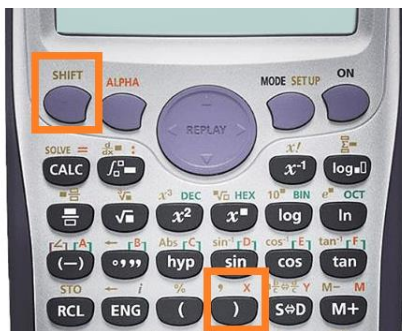
### מעבר בין הצגה קרטזית והצגה קוטבית

הצגה קרטזית היא הצגת נקודה במישור באמצעות ערך  $x$  וערך  $y$ :  $(x, y)$ . הצגה קוטבית היא הצגה באמצעות מרחק מהראשית  $r$  וזווית  $\theta$  יחסית לציר  $x$ :  $(r, \theta)$ . במספרים מרוכבים במישור גאוס עושים שימוש בשתי הצגות אלה:  $z = x + iy$  או  $z = r \cdot cis\theta$ .

על ידי לחיצה על [Pol] או על [Rec] → SHIFT או על [Rec] → SHIFT (איור 2.12) ניתן להמיר בין הצגות אלו (Pol הוא קיצור של "Polar", בעברית: "קוטבי"; Rec הוא קיצור של "Rectangle", בעברית: "מלבן", בדומה למלבן שממדיו  $x \times y$  שנוצר בהצגה קרטזית).



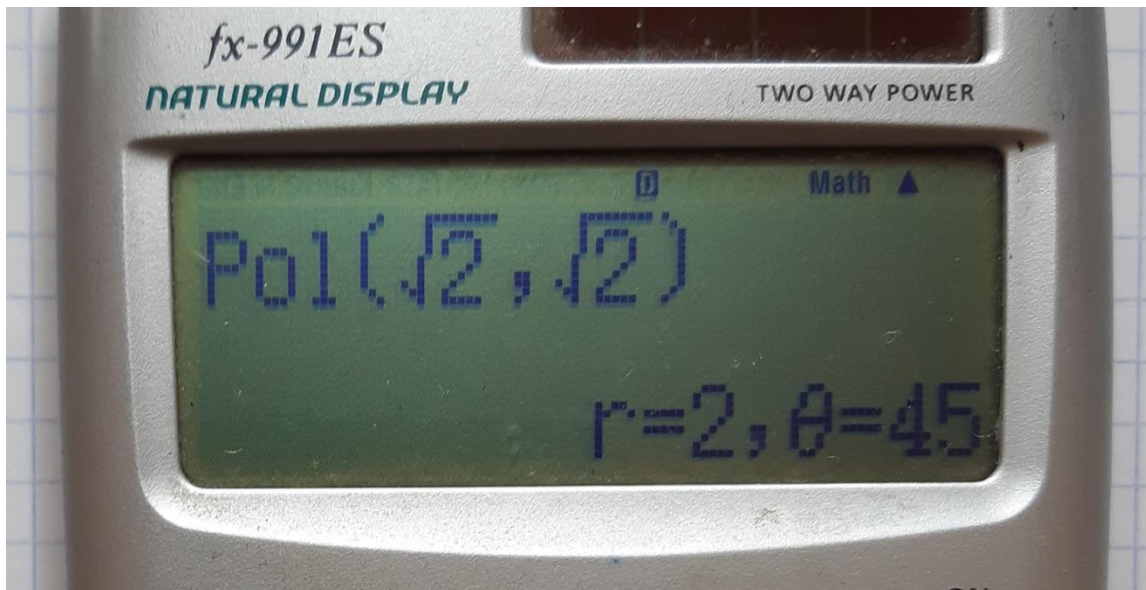
איור 2.12: כפתורים SHIFT, + ו-.



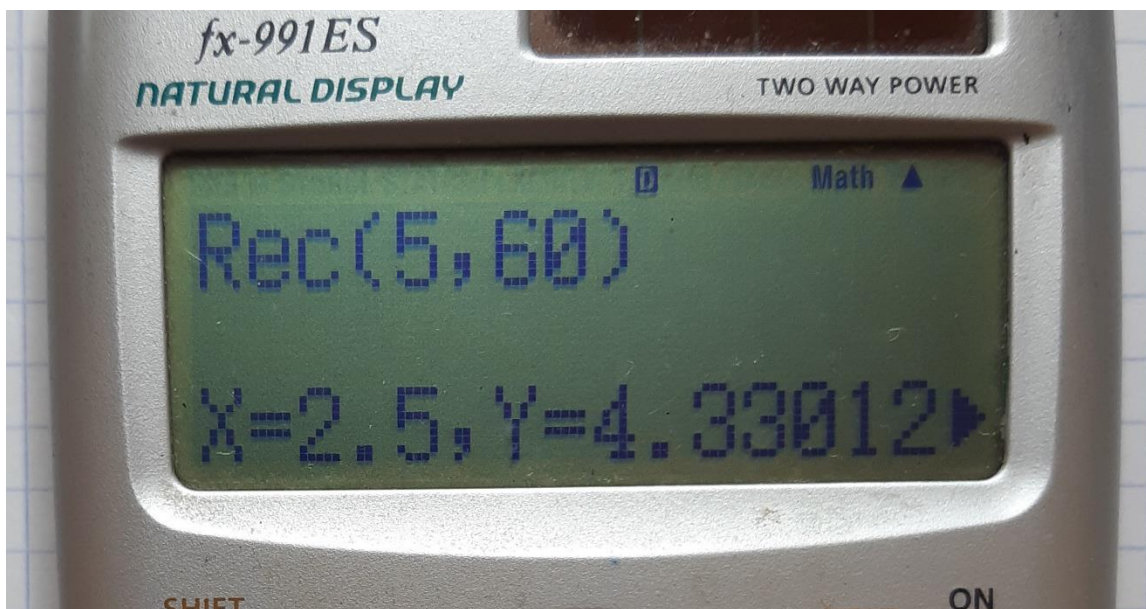
איור 2.13: כפתורים SHIFT ו- )

בכדי להמיר בין הצגות אלו, יש לבחור בהצגה שאליה רוצים להמיר. לאחר מכן להקליד את הנתונים בהצגה הקיימת כשהם מופרדים באמצעות פסיק, אותו ניתן לכתוב באמצעות ( ) → SHIFT (איור 2.13).

למשל: פעולת החישוב  $Pol(\sqrt{2}, \sqrt{2})$  תיתן את התוצאה  $r = 2, \theta = 45$ , ואכן  
 $\sqrt{2} + \sqrt{2}i = 2cis45$  (איור 2.14); פעולת החישוב  $Rec(5,60)$  תיתן בקירוב את התוצאה  
 $5cis60 = 2.5 + 4.33i$  ואכן  $x = 2.5, y = 4.33$  (איור 2.15).



איור 2.14: המרה מהצגה קרטזית לקוטבית



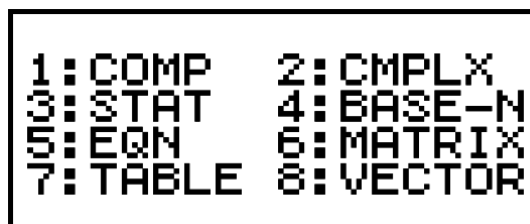
איור 2.15: המרה מהצגה קוטבית לקרטזית

### פרק 3: פתרון משוואות

בלחיצה על כפתור MODE (איור 3.1) נפתח תפריט המאפשר לבחור במצבים שונים של המחשבון (איור 3.2).

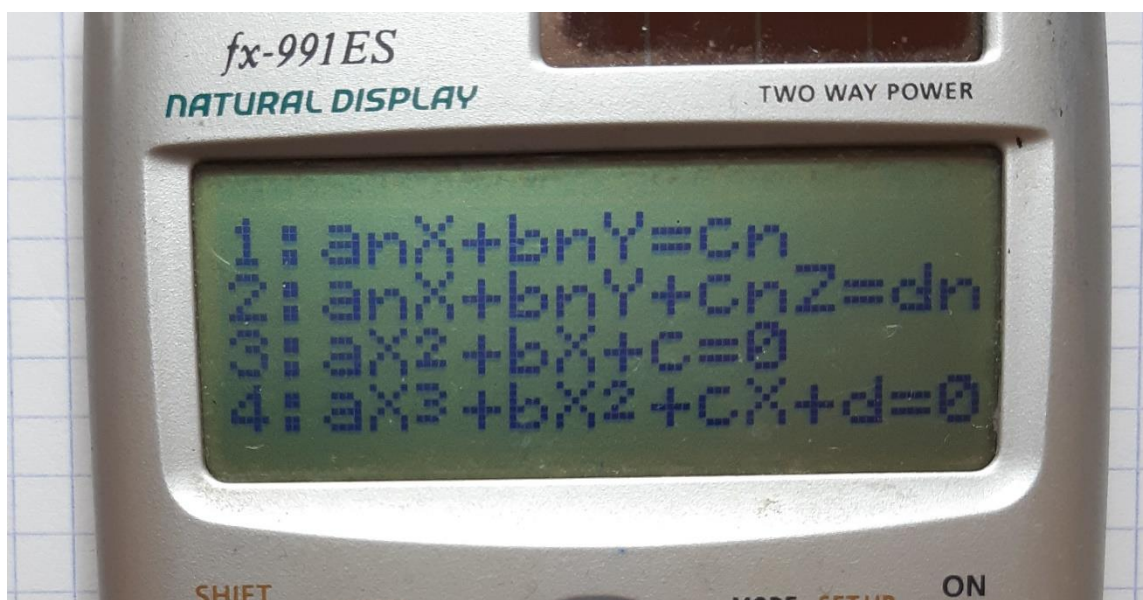


איור 3.1: כפתור MODE



איור 3.2: תפריט MODE

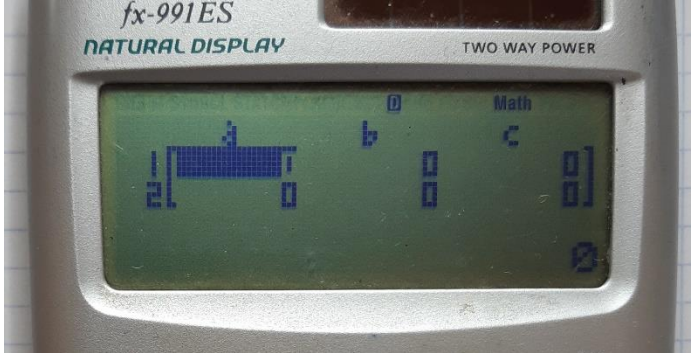
מצב 1 (COMP) הוא מצב החישובים הפשוטים בו יתבצע השימוש המרכזי במחשבון. מצב 2 (CMPLX) מיועד עבור מספרים מרוכבים. מצב 5 (EQN) הוא מצב משוואות (EQN) הוא קיצור של "Equation", בעברית: "משוואה") אותו יש לבחור. דהיינו, למעבר למצב משוואות יש להקליד 5 → MODE. בכדי לחזור בחזרה יש להקליד 1 → MODE. לאחר שנבחר במצב משוואות ייפתח תפריט המאפשר לבחור בסוג המשוואה שאנחנו רוצים לפתור (איור 3.3). כפי שניתן לראות, בתפריט מוצגות צורות המשוואה שרוצים לבחור כך שאין הכרח לזכור בעל פה אילו מהמצבים פותר כל משוואה.



איור 3.3: תפריט משוואות

שתי משוואות עם שני נעלמים

בתפריט המשוואות (איור 3.3) נבחר באפשרות 1. לאחר מכן ייפתח תפריט בו ניתן להזין את המקדמים בכל משוואה (איור 3.4) כאשר המשוואות כתובות בצורה  $ax + by = c$ . הזנה של



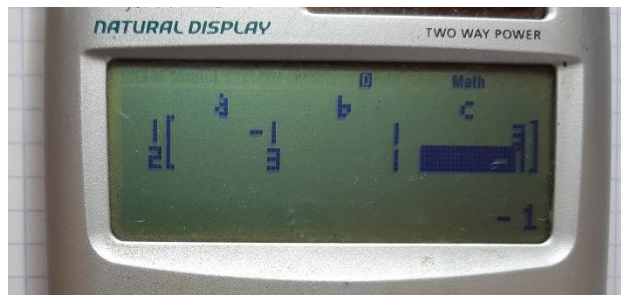
איור 3.4: תפריט הזנת מקדמים

ערכים לתפריט מבצעים על ידי הקלדת הערך הרצוי ולחיצה על  $=$ . אם מתקבלת הודעת שגיאה Math ERROR (ראה פרק 1), למערכת המשוואות שהוקלדה יש אינסוף פתרונות או שאין לה פתרון.

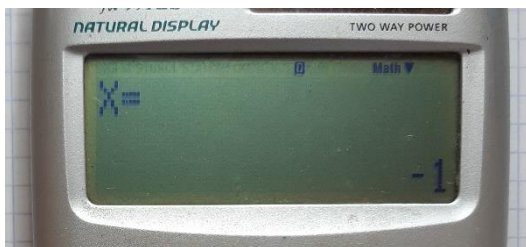
למשל: בכדי לפתור את מערכת המשוואות  $\begin{cases} y = x + 3 \\ y = -3x - 1 \end{cases}$  תחילה נמיר אותן להצגה הדרושה

למחשבון:  $\begin{cases} -x + y = 3 \\ 3x + y = -1 \end{cases}$ , לאחר מכן נקליד את המקדמים בתפריט המתאים (איור 3.5) ולבסוף

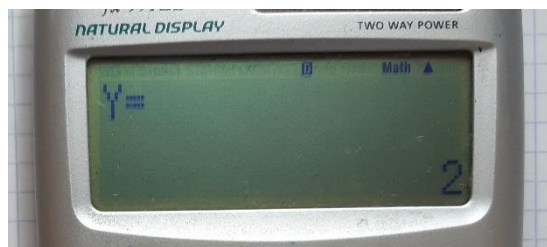
יש ללחוץ על  $=$  והמחשבון ייתן לנו את ערכו של  $x$  וערכו של  $y$  הפותרים את המשוואה, בזה אחר זה. (איור 3.6 ואיור 3.7 בהתאמה)



איור 3.5: הזנת מקדמי המשוואות



איור 3.6: ערך x שהתקבל



איור 3.7: ערך y שהתקבל

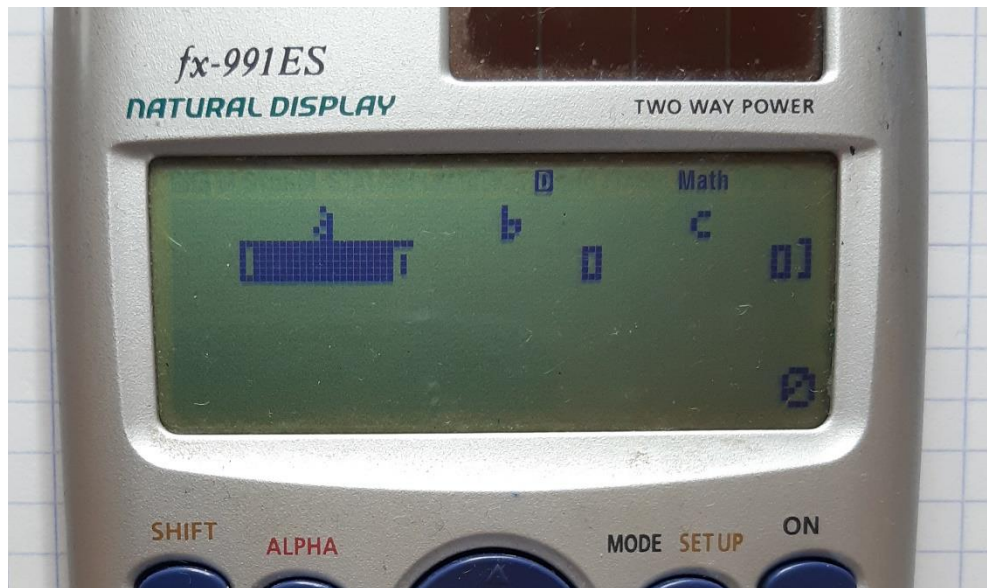


### שלוש משוואות עם שלושה נעלמים

באופן דומה לשתי משוואות עם שני נעלמים, בתפריט המשוואות (איור 3.3) יש לבחור באפשרות 2, לאחר מכן ייפתח תפריט דומה עבור שלוש משוואות עם שלושה נעלמים. יש להזין את המקדמים כאשר המשוואות כתובות בצורה  $ax + by + cz = d$ .

### משוואה ריבועית

בתפריט המשוואות (איור 3.3) יש לבחור באפשרות 3. ייפתח תפריט בו ניתן להזין את מקדמי המשוואה כשהיא כתובה בצורה  $ax^2 + bx + c = 0$  (איור 3.8). יש להזין את מקדמי המשוואה באופן דומה ולבסוף ללחוץ על  $=$ . המחשבון ייתן את שני הפתרונות  $x_1$  ו- $x_2$  בזה אחר זה.

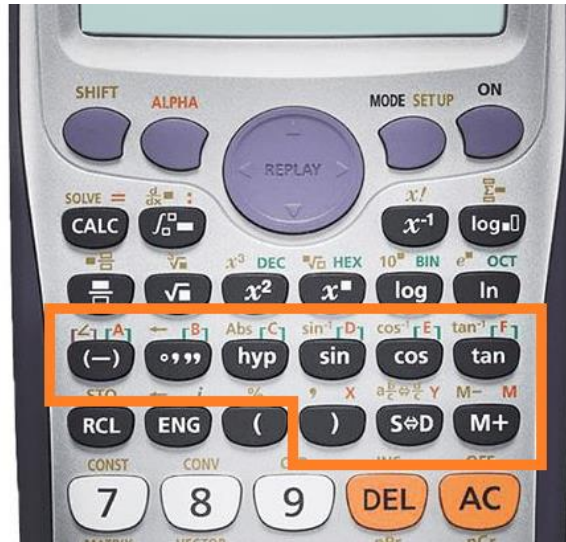


איור 3.8: תפריט הזנת מקדמים

חשוב לציין שאם הביטוי  $b^2 - 4ac$  הוא מספר שלילי, אין למשוואה פתרונות ממשיים אלא רק פתרונות מרוכבים. המחשבון יציג את הפתרונות המרוכבים במקום הממשיים (כאלה הכוללים  $i$ ), גם אם אינו במצב של מספרים מרוכבים (מצב 2 באיור 3.2). אם התרגיל שלצרכיו משתמשים במחשבון אינו כולל מספרים מרוכבים (למשל: מציאת נקודות חיתוך של פרבולה עם ציר  $x$ ) משמעות הופעתם של מספרים מרוכבים בפתרון היא שאין פתרון ממשי למשוואה (דהיינו, אין נקודות חיתוך של הפרבולה עם ציר  $x$ ).

#### פרק 4: שמירה במשתנים

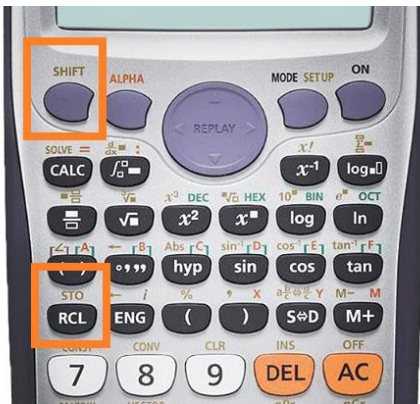
המחשבון מאפשר לשמור נתונים שחישבנו ב-9 משתנים שונים: A, B, C, D, E, F, X, Y, M. (איור 4.1). הגישה למשתנים אלה מתבצעת על ידי לחיצה על ALPHA ולאחר מכן על הכפתור של המשתנה הרצוי. אך אופן השמירה של משתנים אלה שונה במקצת.



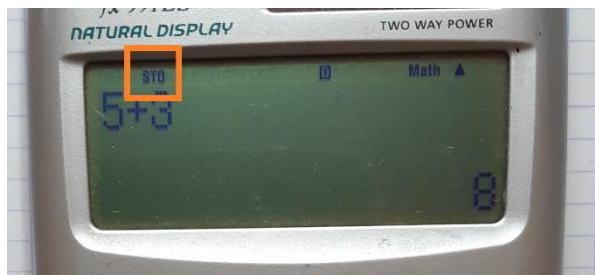
איור 4.1: כפתורי המשתנים

#### שמירת משתנים

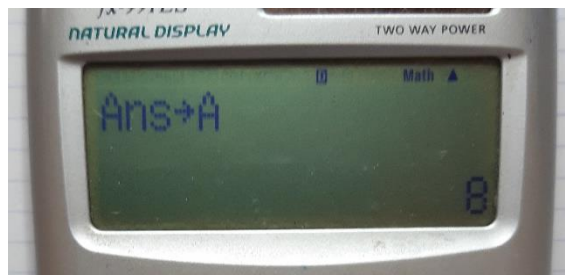
המחשבון שומר רק את ערך החישוב האחרון שבוצע, דהיינו, הערך שנמצא ברגע השמירה במשתנה Ans. לכן בכדי לשמור יש לבצע תחילה את פעולת החישוב הרצויה. לאחר מכן, יש לחוץ RCL → SHIFT (איור 4.2) והמחשבון ייכנס למצב STO (קיצור של "Storage" בעברית: "אחסון"). על ראש הצג יוצגו האותיות STO בקטן (איור 4.3). כשהמחשבון במצב STO יש לחוץ על הכפתור של המשתנה בו רוצים לבצע את השמירה, מבלי לחוץ על הכפתור ALPHA. מיד לאחר מכן יופיע על הצג הכיתוב "Ans→" ובסופו המשתנה שנבחר (איור 4.4).



איור 4.2: כפתורים SHIFT ו-RCL



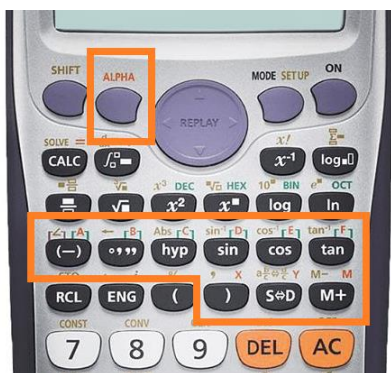
איור 4.3: מצב המחשבון



איור 4.4: משתנה נשמר

### הקלדה של משתנים שנשמרו

לאחר שערך מסוים נשמר במשתנה, הוא יישאר שמור באותו משתנה גם לאחר חישוב נוסף ואפילו לאחר כיבוי המחשבון. הערך יימחק רק כאשר תבצע שמירה חדשה, או לחלופין עד אשר יתבצע איפוס של כל הזיכרון במחשבון. הקלדת המשתנים במחשבון תבצע בעזרת כפתור ALPHA והכפתור של המשתנה הרצוי (איור 4.5).



איור 4.5: כפתור ALPHA וכפתורי המשתנים

ניתן לבצע פעולות חישוב על המשתנים בהקלדה במחשבון, כמו כל חישוב אחר. המחשבון יתייחס לכל משתנה כאל ערך מספרי, הערך שנשמר בו. יש לקחת זאת בחשבון אם מתקבלת הודעת שגיאה (ראה פרק 1). ברירת המחדל לכל המשתנים היא הערך 0, כך שזהו הערך השמור במשתנה בו לא נעשה שימוש.

### שימושים

לשמירה של משתנים במחשבון יש מספר שימושים:

- שאלות מרובות סעיפים בהם התשובות לא עגולות (למשל שאלות בטריגונומטריה), ניתן לשמור את תוצאת סעיפים מוקדמים במשתנים ולהשתמש בהם בסעיפים מתקדמים, במידת הצורך, בצורה המדויקת ביותר.

(2) מטעמי נוחות. בפעולות חישוב בהן חוזר על עצמו אותו ביטוי מספר פעמים, שמירת ביניים במשתנים ושימוש בהם עשויה להיות נוחה יותר.

(3) ערך נשמר במשתנים, כאמור, גם לאחר כיבוי המחשבון. כך שניתן לשמור תזכורות לשעת מבחן. לדוגמא: במשתנים D, E, F (כפתורים sin, cos, tan בהתאמה) ניתן לשמור ערכים מספריים, כמו למשל ערך גימטרי של מילים, שעשויים להזכיר מה המשמעות הגיאומטרית של הפונקציות הטריגונומטריות במשולש ישר זווית.

## פרק 5: חישוב באמצעות CALC



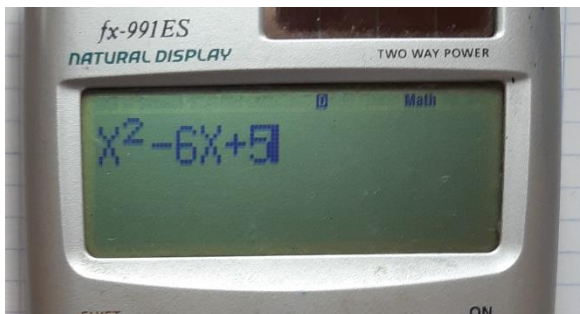
איור 5.1: כפתור CALC

במחשבון קיימת אפשרות לכתוב ביטויים עם משתנים ולאחר מכן לבצע חישוב על ידי הצבה של ערכים רצויים לתוך המשתנים שנכתבו, לפני החישוב. פעולה זו נעשית באמצעות כפתור CALC (איור 5.1). (דרך לזכור: CALC הוא קיצור של "Calculate". בעברית: "לחשב").

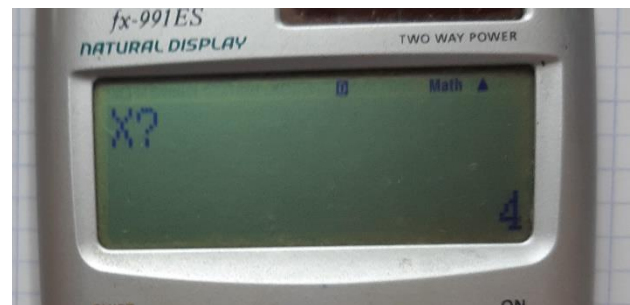
### ביצוע חישובים

אפשר להקליד ביטויים שבהם רוצים להציב ערכים לתוך המשתנים באמצעות כל אחד מתשעת המשתנים במחשבון (ראה איור 4.1 פרק 4). אין חשיבות למשתנה בו משתמשים אך למען הנוחות ולמען העקביות עם שימושים אחרים במחשבון (ראה פרק 6 ופרק 7), מומלץ להשתמש בעיקר במשתנה X לצורך חישובים שכאלה. באיורים הבאים אשתמש במשתנה X.

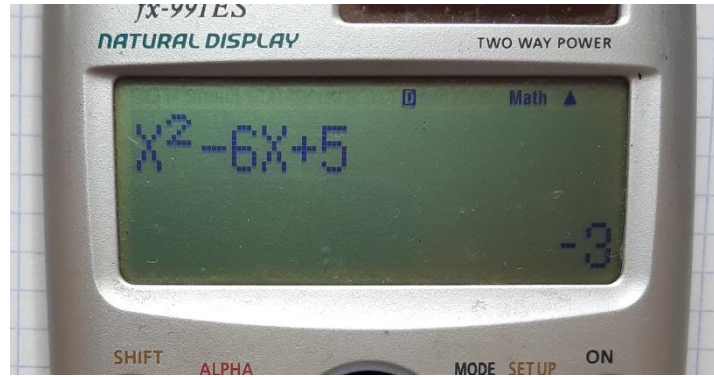
תחילה, יש לכתוב את הביטוי בו רוצים לבצע הצבה. (איור 5.2) לאחר מכן, מבלי ללחוץ על כפתור  $\Rightarrow$ , יש ללחוץ על כפתור CALC. (אם לוחצים על כפתור = המחשבון מבצע חישוב על פי הערך השמור במשתנה בו נעשה שימוש, ראה פרק 4). מיד בלחיצה על כפתור CALC יופיע על הצג הכיתוב "X?". (איור 5.3). ניתן להתייחס לכיתוב זה כאל שאלה שהמחשבון שואל "מה ערכו של X?", יש להקליד את הערך שרוצים להציב לתוך X ולאחר מכן ללחוץ על =. המחשבון יציג את הביטוי המקורי ביחד עם תוצאת החישוב לאחר ההצבה. (איור 5.4, לאחר הצבה  $x = 4$ )



איור 5.2: הקלדת ביטוי



איור 5.3: לחיצה על CALC



איור 5.4: תוצאת החישוב לאחר הצבה

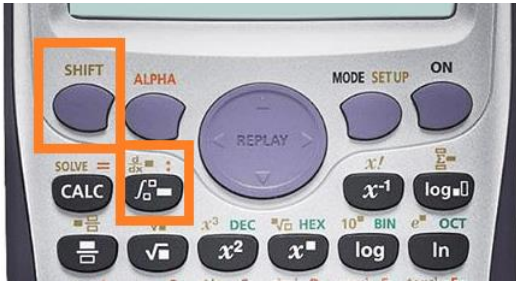
היתרון בשיטה זו הוא שהמחשבון שומר על צורת הביטוי לפני ההצבה, לצד ההצגה של תוצאת החישוב האחרונה. באופן זה, ניתן לשוב וללחוץ על CALC ולהציב ערך אחר. אין צורך להקליד מחדש את הביטוי, מספיקה פעם אחת. חשוב לציין שהמחשבון יכול לחשב באמצעות CALC גם עם יותר ממשתנה אחד, אך זהו מצב נדיר עבור תלמידי תיכון במתמטיקה. במצב זה המחשבון ישאל על ערכם של המשתנים בזה אחר זה.

### שימושים

לשיטה זו של חישוב יש מספר שימושים:

- (1) חישוב מדויק במצב בו יש לתלמיד חוסר ביטחון או חוסר וודאות לגבי סדר פעולות החשבון התקין בחישוב. ("ללכת על בטוח"). או לחלופין בדיקה עצמית של חישוב שהתלמיד ביצע.
- (2) חישוב מהיר של כמות גדולה של ערכים המוצבים באותו ביטוי, כמו למשל הצבה של ערכים מטבלת ערכים בנגזרת של פונקציה כחלק משלבי החקירה. או הצבת גבולות אינטגרציה בפונקציה הקדומה שהתקבלה.
- (3) בחקירת פונקציה, אפשרות לבדיקה האם הנגזרת נכונה (ראה פרק 6 להנחיות נוספות).
- (4) בחקירת פונקציה, אפשרות לבדיקת אסימפטוטות של פונקציות. ניתן להציב ערכים הולכים וקרבים לתחום ההגדרה, או לחלופין לאינסוף ומינוס אינסוף, בכדי לבדוק האם האסימפטוטה שנמצאה נכונה, הן אופקית והן אנכית. יש לקחת בחשבון את מגבלות תצוגת המחשבון (ראה פרק 1).

## פרק 6: חשבון דיפרנציאלי – מציאת נגזרת בנקודה

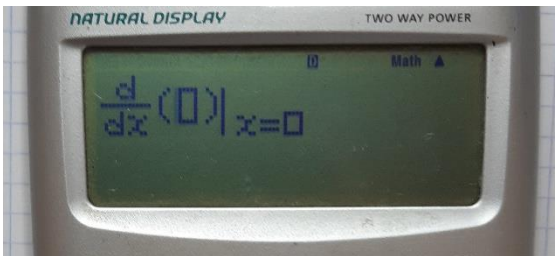


איור 6.1: כפתורים SHIFT ואינטגרל

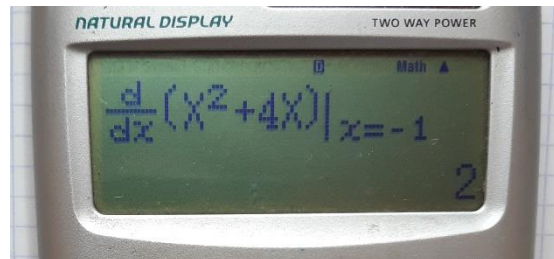
המחשבון יודע לחשב נגזרת בנקודה באמצעות כפתורים  $\int$  → SHIFT (איור 6.1). דרך לזכור: הסימון  $\frac{d}{dx}$  הוא הסימון המקובל במתמטיקה לנגזרת לפי  $x$ .

### חישוב נגזרת בנקודה

לאחר שלוחצים  $\int$  → SHIFT (איור 6.2) תחילה מקלידים את הפונקציה אותה רוצים לגזור תוך שימוש במשתנה  $X$ , כשמסיימים מנוטים ימינה ומקלידים את הנקודה אותה רוצים להציב בנגזרת. לבסוף לוחצים = והמחשבון נותן את ערך הנגזרת של הפונקציה שהוקלדה בנקודה המבוקשת. למשל: מציאת ערך הנגזרת של הפונקציה  $x^2 + 4x$  בנקודה  $x = -1$  (איור 6.3).



איור 6.2: שימוש ב- SHIFT ואינטגרל



איור 6.3: מציאת נגזרת בנקודה

### אופן החישוב המתבצע במחשבון

חשוב לציין שהמחשבון אינו יודע לגזור פונקציות ואינו יודע למצוא תבנית אלגברית לנגזרת של פונקציות. המחשבון מחשב נגזרת בנקודה באמצעות שיפוע משיק: תחילה הוא בוחר שתי נקודות קרובות לנקודה שהתבקשה, מציב אותן בפונקציה בכדי למצוא ערך  $y$ , ומחשב שיפוע משיק באופן מקורב לפי  $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ . לאחר מכן בכדי לוודא שתשובה זו נכונה, הוא בוחר נקודות קרובות יותר לנקודה הרצויה, ומחשב שיפוע משיק בשנית. המחשבון חוזר על התהליך עשרות ולעיתים מאות פעמים עד שהוא מגיע לתשובה יציבה, אותה הוא מציג בסוף פעולת החישוב.

חשוב אם כן לדעת, שמציאת נגזרת בנקודה היא פעולה שעשויה לקחת למחשבון מספר שניות, בהן לא יופיע על הצג שום דבר והמחשבון ייראה כתקול. אל דאגה, תוך מספר שניות המחשבון יציג את התשובה, או לחלופין הודעת שגיאה (ראה פרק 1) בחלוף הזמן המוקצב לחישוב. כך או אחרת, המחשבון ישוב לתפקוד מלא.

### שימושים

למציאת נגזרת בנקודה יש כמה שימושים:

- 1) ניתן לוודא שהנגזרת של הפונקציה נכונה. יש לבדוק 3-4 ערכי  $x$  שונים במחשבון בנגזרת של הפונקציה, ולוודא שמתקבל אותו ערך בהצבה בנגזרת (אפשר לבדוק עם CALC, ראה פרק 5). אם בכלום מתקבל ערך זהה, סביר מאוד להניח שהנגזרת נכונה.
- 2) ניתן להציב במהירות מספר גדול של ערכים בנגזרת לצורך טבלת ערכים. על ידי חזרה אחורה בפעולת החישוב ושינוי הנקודה בה מציבים.
- 3) ניתן לוודא שנקודות שהתקבלו כנקודות חשודות כקיצון הן אכן נקודות שערך הנגזרת בהן הוא אפס.
- 4) בשאלות עם פרמטרים, לאחר שנמצא הפרמטר ניתן לוודא שהנתון שבאמצעותו נמצא הפרמטר אכן מתקיים, ובכך לבדוק האם סביר שערך הפרמטר שנמצא הוא נכון.



## פרק 7: חשבון אינטגרלי – מציאת אינטגרל מסוים

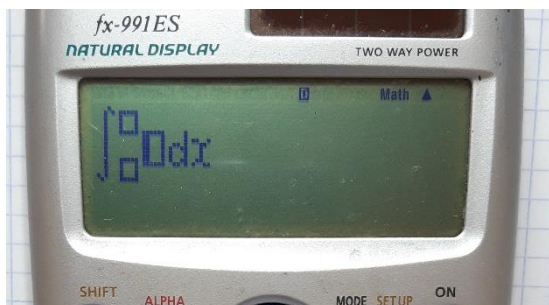


איור 7.1: כפתור אינטגרל

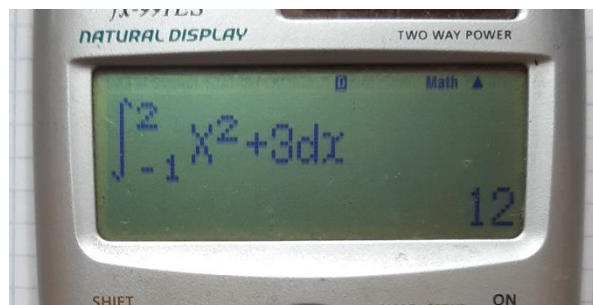
המחשבון יודע לחשב אינטגרל מסוים באמצעות כפתור  $\int_{\square}^{\square}$  (איור 7.1).

### חישוב אינטגרל מסוים

לאחר שלוחצים על כפתור  $\int_{\square}^{\square}$  (איור 7.2), תחילה יש להקליד את הפונקציה לה רוצים למצוא אינטגרל תוך שימוש במשתנה  $X$ . לאחר מכן מנווטים ימינה ומקלידים את גבול האינטגרציה התחתון (המחשבון ינווט את הסמן לנקודה המתאימה על הצג, למרות שבוצע ניווט ימינה), אחרי כן מנווטים ימינה פעם נוספת ומקלידים את גבול האינטגרציה העליון. לבסוף לוחצים = והמחשבון נותן את ערך האינטגרל המסוים המבוקש. למשל: מציאת האינטגרל של  $x^2 + 3$  בתחום שבין  $x = -1$  לבין  $x = 2$  (איור 7.3).



איור 7.2: שימוש באינטגרל



איור 7.3: מציאת אינטגרל מסוים

### אופן החישוב המתבצע במחשבון

חשוב לציין שהמחשבון אינו יודע למצוא פונקציה קדומה. המחשבון מחשב אינטגרל מסוים באמצעות חישוב מקורב של השטח מתחת לגרף: תחילה המחשבון מחלק את תחום האינטגרציה לחלקים קטנים יותר באמצעות נקודות ביניים, מחשב את ערכי ה- $y$  המתקבלים בהצבה בפונקציה, מחשב את שטחי הטרפזים המתקבל מהנקודות  $(x_1, 0)$ ,  $(x_2, 0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,

$(x_2, y_2)$ , וסוכם את שטחי כל הטרפזים. לאחר מכן המחשבון מחלק את תחום האינטגרציה המבוקש למספר רב יותר של חלקים קטנים יותר, ומבצע חישוב של השטח בשנית. המחשבון חוזר על התהליך עשרות ולעיתים מאות פעמים עד שהוא מגיע לתשובה יציבה, אותה הוא מציג בסוף פעולת החישוב.

חשוב אם כן לדעת, שמציאת אינטגרל מסוים היא פעולה שעשויה לקחת למחשבון מספר שניות, בהן לא יופיע על הצג שום דבר והמחשבון יראה כתקול. אל דאגה, תוך מספר שניות המחשבון יציג את התשובה, או לחלופין הודעת שגיאה (ראה פרק 1) בחלוף הזמן המוקצב לחישוב. כך או אחרת, המחשבון ישוב לתפקוד מלא.

### שימושים

ניתן להשתמש בחישוב של אינטגרל מסוים במחשבון בכדי לוודא שהאינטגרל המסוים שהתקבל אכן נכון.

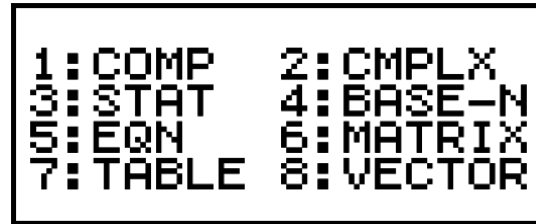
חשוב להדגיש בשנית באופן שאינו משתמש לשתי פנים שיש להראות חישוב מפורט של האינטגרל, הכולל מציאת פונקציה קדומה והצבת גבולות אינטגרציה, ורק לבסוף לבדוק האם השטח שהתקבל נכון (ולתקן במידת הצורך). **בשום פנים ואופן אין להתייחס לפעולת חישוב השטח במחשבון כתחליף להצבה ולחישוב מפורטים.** בבחינות הבגרות, במידה ובוצעה טעות באינטגרציה והתקבלה תשובה נכונה, הדבר יעורר את חשדו של הבודק ועלול להוביל לפסילת הבחינה בחשד להעתקה. או חמור מכך בהרבה. יש לעשות שימוש אחראי במחשבון. אמירה זו נכונה לכל הפרקים במדריך זה ובמיוחד לשימוש במחשבון לצורך חישוב אינטגרל מסוים.

## פרק 8: ווקטורים

בכדי להיכנס למצב ווקטורים יש ללחוץ על כפתור MODE (איור 8.1) ולבחור בתפריט המוצג (איור 8.2) באפשרות "8:VECTOR".

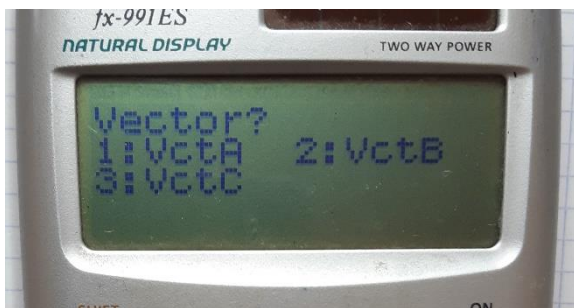


איור 8.1: כפתור MODE

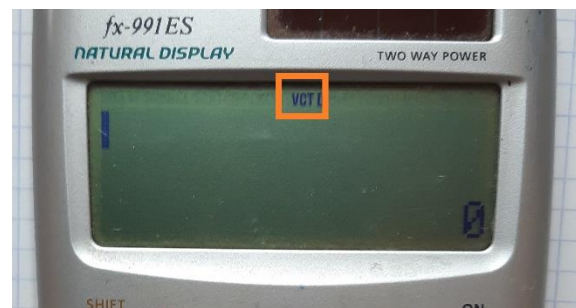


איור 8.2: תפריט MODE

בכניסה למצב זה יוצג תפריט של בחירה בווקטור המתאים מבין שלושה ווקטורים הקרויים  $VctA$ ,  $VctB$ ,  $VctC$  (איור 8.3). חשוב לציין שתפריט זה אינו מגדיר את ממדי הווקטור, אלא רק את הערכים שיופיעו בו. אולם, כשנגדיר את ממדי הווקטור המחשבון ידרוש להזין את הערכים בשנית ולכן בשלב זה יש להתעלם מהתפריט המוצג ולחזור חזרה על ידי לחיצה על הכפתור AC, תפריט זה יוצג בשנית בשלב מאוחר יותר. ברגע שהמחשבון במצב ווקטורים יופיע כיתוב VCT בראש הצג המעיד על הימצאות המחשבון במצב ווקטורים (איור 8.4). בכדי לצאת ממצב זה ולחזור למצב החישובים הפשוטים יש להקליד  $1 \rightarrow \text{MODE}$  (ראה פרק 3).



איור 8.3: תפריט בחירה בווקטור



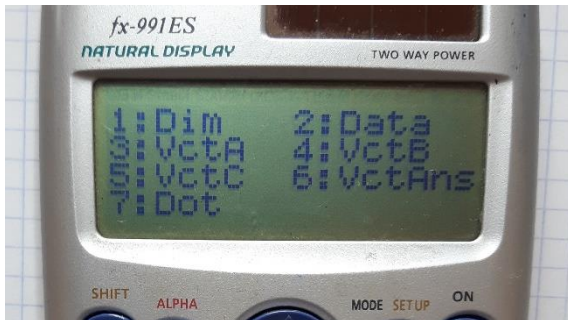
איור 8.4: מצב המחשבון

## הגדרת ווקטורים

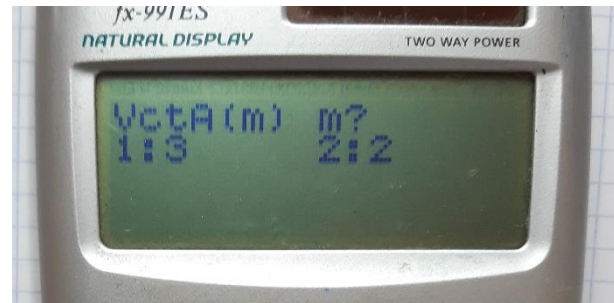


איור 8.5: כפתורים SHIFT ו-5

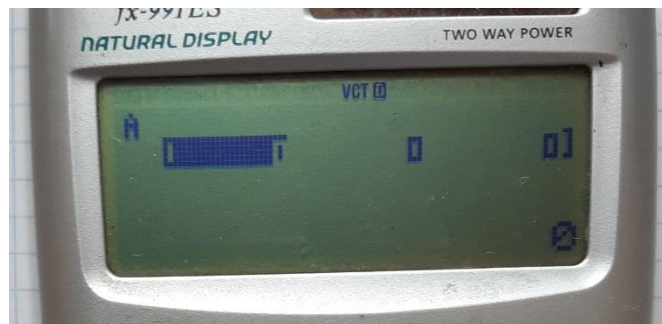
בכדי להגדיר ווקטורים יש ללחוץ 5 → SHIFT (איור 8.5) כאשר המחשבון במצב VCT. ייפתח תפריט בו ניתן לבצע מספר פעולות (איור 8.6). בכדי להגדיר ווקטורים יש לבחור באפשרות "1:Dim" (דרך לזכור: Dim הוא קיצור של "Dimension". בעברית: "מימד"). לאחר מכן המחשבון יישאל באיזה ווקטור נרצה להשתמש מבין שלושת הווקטורים האפשריים VctA, VctB, VctC. תפריט זה נראה זהה לחלוטין לתפריט המתקבל בלחיצה על MODE → 8 (איור 8.3). אחרי כן יש לבחור במימד הרצוי (איור 8.7) ולאחר מכן להגדיר את הווקטור (איור 8.8) כפי שמזינים ערכים בפתרון משוואות (ראה פרק 3).



איור 8.6: תפריט פעולות



איור 8.7: בחירת מימד



איור 8.8: הגדרת ווקטור

## פעולות חישוב בווקטורים

לאחר שהווקטורים הוגדרו בצורה ברורה, ניתן לבצע בהם פעולות חישוב כמו סכום, הפרש, כפל בסקלר, מכפלה סקלארית ומכפלה ווקטורית. הקלדה של הווקטורים מתבצעת על ידי בחירה באפשרות המתאימה בתפריט הפעולות על ווקטורים (איור 8.6). למשל: בכדי להקליד את הווקטור  $V_{ctA}$  יש להקליד  $3 \rightarrow 5 \rightarrow \text{SHIFT}$ . אם מתקבלת הודעת שגיאה (ראה פרק 1) יש להגדיר את הווקטורים בצורה תקינה על פי ההנחיות.

מכפלה סקלארית היא מכפלה של ווקטור בווקטור שתוצאתה סקלר. מבצעים אותה על ידי בחירת "Dot:7" בתפריט ווקטורים (איור 8.6), דהיינו, יש להקליד  $7 \rightarrow 5 \rightarrow \text{SHIFT}$ . דרך לזכור: מכפלה סקלארית נקראת באנגלית "Dot Product".



איור 8.7: כפתור מכפלה

מכפלה ווקטורית היא מכפלה של ווקטור בווקטור שתוצאתה ווקטור. מבצעים אותה על ידי כפתור המכפלה הרגיל במחשבון (איור 8.7). גם מכפלה של ווקטור בסקלר מבצעים באמצעות כפתור זה.

## שימושים

לחישוב באמצעות ווקטורים יש כמה שימושים:

- מכפלה ווקטורית נותנת ווקטור המאונך לשני הווקטורים הכופלים. מה שמאפשר למצוא בקלות ווקטור המאונך למישור נתון בהצגה ווקטורית, דהיינו ווקטור נורמאלי למישור.
- ניתן למצוא זווית בין ווקטורים על ידי מכפלה סקלארית:  $\cos \theta = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$ . כל הפעולות בנוסחה זו ניתנות לביצוע במחשבון.