

# ברוכים הבאים!

כשאני שומע - אני שוכח • כשאני רואה - אני זוכר • כשאני עושה - אני מבין!

- קונפוזיס -

## המצאת הגלגל



## אז מה עושים?



פוגשים  
מדען



מפליגים  
לארץ אחרת



קוראים  
ונהנים



בונים  
דגם טכנולוגי



מגלים  
חוקי מדע



חוקרים  
תופעות

- בהצלחה ובהנאה! -



## ויסר את אופן מרכבותיו

שיח ושעשוע

הפעם נלמד את סיפור קריעת ים סוף קצת אחר.  
המצרים רודפים אחרי בני ישראל ומשיגים אותם בים סוף.  
ה' קורע את הים לבני ישראל והם חוצים את הים, ביבשה.  
המצרים מחליטים "לתפוס טרמפ" על הנס, ונכנסים למים. ה' מחזיר את מי הים לקדמותם.  
המצרים רוצים לחזור במהירות אל החוף... אבל אז:  
וַיִּסַּר אֶת אִפְן מִרְכַּבְתּוֹ וַיִּנְהָגוּ בְּכַבְדוֹת.  
מה הקשר בין הגלגלים [האופנים] לבין התנועה בכבדות, באיטיות? על כך תלמדו בערכה הנוכחית.



## איטליה

עיר הבירה שלה: רומא  
בראש המדינה: נשיא  
שפה עיקרית: איטלקית

עיר הבירה שלה: רומא  
בראש המדינה: נשיא  
שפה עיקרית: איטלקית

נמצאת בדרום יבשת אירופה.  
צורתה מזכירה קצת צורת מגף.  
חלק גדול ממדינת איטליה הוא חצי אי.  
בנוסף היא כוללת 20 איים.



רוצים  
לדעת עוד?  
לחצו





1519- 1452

ליאונרדו דה וינצ'י

ליאונרדו דה וינצ'י הוא הדוגמה לאיש אשכולות אמיתי.  
לאונרדו דה וינצ'י נחשב לאחד הציירים הדגולים בכל הזמנים.  
אולם, מעבר להיותו אמן הוא הצטיין גם כמדען, מתמטיקאי, מהנדס, ממציא, פסל, אדריכל  
ומוזיקאי מצטיין.



ליאונרדו דה וינצ'י מוכר בעיקר כצייר ופסל.  
ציורו המוכר ביותר של דה וינצ'י -  
המונה ליזה - נמצא במוזיאון הלובר בצרפת.  
אולם הוא הצטיין בתחומים רבים.  
נספר מעט על כמה מהם...





## ליאונרדו דה וינצ'י

בשנת 1482 עזב לאונרדו את פירנצה ועבר להתגורר במילאנו.

לקראת המעבר הכין לאונרדו מכתב לשליט מילאנו.

במכתב מציג עצמו לאונרדו כ**ממציא ומהנדס צבאי** ופורש את יכולותיו:

- לבנות גשרים קלים לניוד בעת מרדף,
- לרוקן חפירות ממים בעת מצור,
- לפתח שיטות להריסת מבצרים,
- לבנות תותחים קלים היורים אבנים קטנות ומטילים אימה,
- לחפור בשקט מנהרות תת-קרקעיות,
- לבנות כלי רכב משוריינים העמידים בפני כל התקפה,
- לבנות מכונות ללחימה בים.



## ליאונרדו דה וינצ'י

בשנת 1489 הזמין העוצר ספורצה מלאונרדו אנדרטה לזכר אביו הדוכס פראנצ'סקו ספורצה. לשם הקמת הפסל הענק – שגובהו שבעה וחצי מטרים – חקר והמציא דה וינצ'י מכשירים שונים: עגורנים, דיסקיות, שרשראות וברגים.

בשנת 1498 התקיימה תחרות נגינה בנבל. לתחרות באו שמונים מתחרים וביניהם דה וינצ'י, שלהפתעת הכול הביא איתו נבל מיוחד שבנה בעצמו. אף אחד לא ידע מתי ובאיזו הזדמנות למד דה וינצ'י לנגן בנבל, אבל הוא עשה זאת בצורה מושלמת כל כך, שיתר המתחרים הודו בתבוסתם.



## ליאונרדו דה וינצ'י והחיכוך

לאורך כל ההיסטוריה היו מדענים וממציאים, שניסו לבנות את "מכונת התנועה הנצחית" או "מכונת התנועה המתמדת" או כפי שהיא נקראת בלטינית: Perpetuum Mobile.

ליאונרדו דה וינצ'י היה הראשון שהתנגד לרעיון של המכונה לתנועה מתמדת, מבחינה מדעית.

הוא היה הראשון שהכיר בקיומו של החיכוך והשפעתו על הגבלת התנועה. הוא הסביר את התנגדותו באופן הבא:

"ככל שיהיו יותר גלגלים במכונה שלך, תזדקק ליותר שיניים, וככל שיהיו יותר שיניים יגדל החיכוך בין הגלגלים לבין הצירים, וככל שיגדל החיכוך יאבד ה'מנוע' יותר כוח. כתוצאה מכך יחסר כוח לתנועה סדירה של כל המערכת".



## החומרים הדרושים לכם לבנייה

- 2 תבניות פוליגל מלבניות דומות אך לא זהות:  
האחת עם תעלות רוחביות ושני חורים קטנים [סיפון - אדום]  
השנייה עם תעלות אורכיות, עם רצועות דבק דו-צדדי, אך ללא חורים [גחון - כחול]
- גביע פלסטיק קטן ומכסה
- סיכות מתפצלות
- חרוזים קטנטנים







## חיבור תא המטען [הגביע]

1. **השחילו** סיכה מתפצלת בחור המרכזי בתבנית של ה"סיפון".
2. **השחילו** את הגביע על גבי הסיכה [קדוח חור בבסיס הגביע].
3. פצלו את זרועות הסיכה בתוך הגביע.

3



2



1

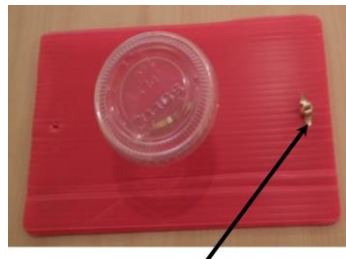




## הכנת "שקע" לחיבור מהיר

1. הכינו "שקע" שיאפשר חיבור מהיר של החוט, המחבר את נושא המשקולות לסיפון הכרכרה:
  2. **השחילו** סיכה מתפצלת, דרך החור שבקצה הסיפון.
  3. **השחילו** חרוז על זרועות הסיכה המתפצלת.
  4. **פצלו** את שתי זרועות הסיכה על החרוז.
- בין שתי זרועות הסיכה יש חריץ – זהו ה"שקע".

3



2



1





## חיבור הסיפון והגחון

1. חברו את הסיפון לגחון באמצעות הדבק הדו-צדדי

2



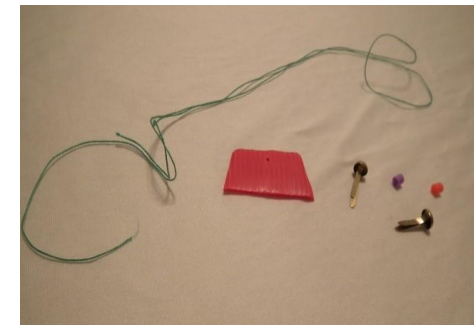
1





## החומרים הדרושים לכם לבנייה

- פוליגל בצורת טרפז = "נושא המשקולות"
- חוט באורך של כ- 50 ס"מ - לא יותר!
- 2 סיכות מתפצלות.
- 2 שני חרוזים.





## הכנת נושא המשקולות – שלב א

1. **פצלו** קלות את אחת הסיכות.
2. **השחילו** את קצה החוט אל המרווח שבין שתי זרועות הסיכה.
3. **"נעלו"** את זרועות הסיכה על החוט המבצבץ, **ולפפו** את החוט המבצבץ סביב שתי זרועות הסיכה מספר פעמים.
4. **השחילו** חרוז על שתי זרועות הסיכה **ודחפו** אותו עד שהוא ייבלם בראש הסיכה.
5. **השחילו** את הסיכה לתוך החור שבנושא המשקולות **ופצלו** את הזרועות מאחור.

2



1





## הכנת נושא המשקולות – שלב ב

1. קודם הכנתם "שקע" בגוף הכרכרה. עכשיו תכינו את ה"תקע" בקצה החוט שיתחבר אליו:
2. **פצלו** קלות את הסיכה שנותרה.
3. **השחילו** את הקצה החופשי של החוט אל המרווח שבין שתי זרועות הסיכה.
4. **"נעלו"** את זרועות הסיכה על החוט המבצבץ, **ולפפו** את החוט המבצבץ סביב שתי זרועות הסיכה מספר פעמים.
5. **השחילו** חרוז על שתי זרועות הסיכה והחליקו אותו עד שהוא ייבלם בראש הסיכה.
6. **פצלו** רק זרוע אחת של הסיכה על גבי החרוז. את הזרוע השנייה השאירו זקופה. זהו ה"תקע".

1





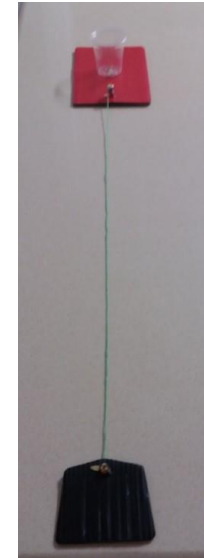
## ניסוי מספר 1

### ציוד

גוף הכרכרה | נושא המשקולות עם החוט

### התנסות

- הניחו את הכרכרה במרכז השולחן.
- חברו את החוט אל הכרכרה:
- נעצו את ה"תקע" אל תוך ה"שקע", שהכנתם בגוף הכרכרה.
- העבירו בעדינות את נושא המשקולות מעבר לשפת השולחן.





## ניסוי מספר 1

### מה קורה?

הכרכרה לא נעה

### למה זה קורה?

הרי כוח הכבידה מושך את נושא המשקולות, שמושך את החוט, שמושך את הכרכרה. אז למה הכרכרה לא נעה?

נראה שמהו בולם אותה.

נחקור את הכוח שבולם אותה.

ננסה להתגבר על "הכוח הנעלם" שבולם את הכרכרה ולהניע אותה.





## ניסוי מספר 2

### ציוד

נושא המשקולות עם החוט | מסמרים או ברגים

### התנסות

- השחילו מסמר או בורג אל תוך אחת התעלות שבנושא המשקולות.
- שימו לב! השחילו רק את קצה הבורג, כדי שהוא יישלף בקלות.
- משום שבכל שלב בניסוי תצטרכו לשלוף את הברגים ולהשחילם מחדש.
- השחילו עוד בורג ועוד בורג, עד שנושא המשקולות יצליח להתגבר על הכוח שבולם את הכרכרה, והיא תנוע.
- סיפרו את מספר הברגים שהיו דרושים להנעת הכרכרה וסמנו בטבלה הבאה, בטור "לוח השולחן".





## ניסוי מספר 2

כמה ברגים היו במשקולת, כשהמרכבה התחילה לנוע?

מספר הברגים

				8
				7
				6
				5
				4
				3
				2
				1
בד	קרטון	קרטון גלי	לוח השולחן	

מיקום  
המסלול



## מהו הכוח הנעלם? - הסבר

אתם מכירים את הכוח הזה. לדוגמה - כאשר אתם מנסים לרכוב עם אופניים על החול. לכוח הזה קוראים "כוח החיכוך".

הגחון של הכרכרה שלנו נראה חלק לגמרי. גם השולחן נראה חלק.

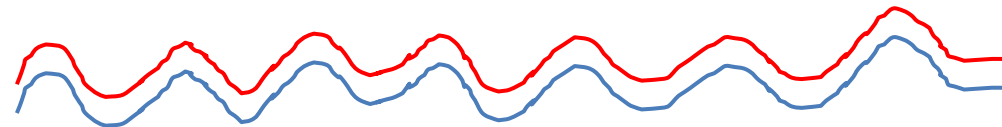
אבל, בפועל, גם הגחון וגם השולחן אינם חלקים לגמרי. לכל אחד מהם יש מעין בליטות ושקעים זעירים, שניתן לראות רק בעזרת מיקרוסקופ.

כשהכרכרה מונחת על השולחן -

הבליטות של הגחון שלה ננעצות בשקעים שבשולחן, והבליטות שבשולחן ננעצות בשקעים של גחון הכרכרה.

ואז - הכרכרה והשולחן נאחזים זה בזו, כאילו הם "משלבים אצבעות", ויחד הם מונעים את תנועת הכרכרה.

הכוח שנוצר מן ה"חיבור" מכונה "כוח החיכוך".





## מהו הכוח הנעלם? - הסבר

צריך להפעיל כוח כדי לנתק את השולחן והכרכרה זה מזו. במערכת שלנו הכוח המופעל הוא כוח הכבידה, שמושך את נושא המשקולות, שמושך את החוט, שאמור למשוך את הכרכרה. מדוע הכרכרה לא נעה למרות שהופעל עליה כוח הכבידה? נראה שכוח החיכוך חזק מאוד והוא גבר על כוח הכבידה, ולא מאפשר את ניתוק הכרכרה מהשולחן. כאשר הוספתם מסמרים לנושא המשקולות, הגדלתם בהדרגה את פעולת כוח הכבידה. עד שבשלב מסוים כוח הכבידה גדל מעבר לגודלו של כוח החיכוך. כוח הכבידה גבר על כוח החיכוך. הוא הצליח לנתק את הכרכרה מהמסלול. והכרכרה התחילה לנוע. ישנם גורמים שונים המשפיעים על גודלו של כוח החיכוך. אנחנו נבדוק בניסויים הבאים חלק מהם: איך משפיע **המרקם** של המסלול שעליו נעה הכרכרה. איך משפיעה **המסה** [מה שקוראים בחיי היומיום - המשקל] של הכרכרה. איך משפיע **הגודל** של שטח החיכוך.



## החומרים הדרושים לכם לניסוי

- משטחי חיכוך שונים – את חלקם תמצאו בערכה. אחרים תיקחו מכל המצוי בבית...

לדוגמה:

פיסת בד

קרטון ממארז של דגני בוקר

קרטון גלי

מגבת



רצוי להצמיד את משטחי החיכוך את השולחן באמצעות נייר דבק  
בכל שלב משלבי הניסוי תשתמשו במשטח אחר, תחזרו על אותן פעולות

ותתעדו בטור המתאים בטבלה שני דברים:

סוג משטח החיכוך ומספר הברגים שנדרשו להנעת הכרכרה



## ניסוי מספר 3 – שלבים א' ואילך

### ציוד

הדגם שהכנתם | משטחי חיכוך שונים | ברגים או מסמרים

### הכנה להתנסות, התנסות, תיעוד הממצאים

- **בחרו** משטח חיכוך וציינו בטור המתאים בטבלה את סוג המשטח. **הוציאו** את כל הברגים מנושא המשקולות **הניחו** את הכרכרה בקצה המשטח שבחרתם ואת נושא המשקולות מעבר לשפת השולחן.
- אם הכרכרה אינה נעה - **הוסיפו** בהדרגה ברגים לנושא המשקולות עד שהכרכרה תתחיל לנוע.
- **סיפרו** כמה ברגים היו דרושים כדי להניע את הכרכרה, **וסמנו** את המספר בטור המתאים בטבלה. וחוזר חלילה עם כל משטחי החיכוך.



## ניסוי מספר 3 – שלב א' [דוגמה לניסוי ותיעוד]

### ציוד

הדגם | פיסת בד | ברגים או מסמרים

### התנסות

- **הניחו** את הכרכרה בקצה המשטח ואת נושא המשקולות עם החוט מעבר לשפת השולחן.

### מה קורה ולמה

- אם הכרכרה אינה נעה, סימן שכוח הכבידה עדיין אינו גדול מכוח החיכוך.
  - **השחילו** בהדרגה ברגים אל תוך נושא המשקולות, עד שהכרכרה תתחיל לנוע.
- סיפרו** את מספר הברגים שהייתם צריכים להשחיל וסמנו בטבלה.  
אל תשכחו לכתוב באיזה משטח חיכוך השתמשתם.





## תיעוד הממצאים בכל שלבי הניסוי

כמה ברגים היו במשקולת, כשהכררה התחילה לנוע?

				8
				7
				6
				5
				4
				3
				2
				1
			לוח השולחן	

מרקם  
המסלול





## ניסוי מספר 3 – סיכום כל השלבים

### מה קורה?

ככל שהמרקם עליו נעה הכרכרה מחוספס יותר,  
כוח החיכוך גדול יותר.

### למה זה קורה?

ככל ששטח החיכוך מחוספס יותר- ה"שקעים" וה"בליטות" צפופים ועמוקים יותר,  
לכן – האחיזה של הכרכרה ומשטח החיכוך זה בזה חזקה יותר...



## החומרים הדרושים לכם לניסוי

- הדגם שבניתם
- גולות
- לוח שולחן





## ניסוי מספר 4 – שלבים א ואילך

### ציוד

הדגם שהכנתם | גולות | ברגים או מסמרים

### הכנה להתנסות, התנסות, תיעוד הממצאים

- **הניחו** את הכרכרה בקצה המשטח שבחרתם ואת נושא המשקולות מעבר לשפת השולחן.
- **הוסיפו** גולה אחת לתא המטען.
- אם הכרכרה אינה נעה - **הוסיפו** בהדרגה ברגים לנושא המשקולות עד שהכרכרה תתחיל לנוע.
- **סיפרו** כמה ברגים יש בנושא המשקולות **וסמנו** את המספר בטור המתאים בטבלה.
- **חיזרו** על הפעולות עד שתגיעו ל-3 גולות בתא המטען.



## תיעוד הממצאים בכל שלבי הניסוי

כמה ברגים היו במשקולת, כשהכררה התחילה לנוע?

			מספר הברגים
			8
			7
			6
			5
			4
			3
			2
			1
3	2	1	

מספר  
הגולות



## ניסוי מספר 4 – סיכום כל השלבים

### מה קורה?

ככל שהמסה של הכרכרה גדולה יותר, כלומר - מספר הגולות בתא המטען גדול יותר, כוח החיכוך גדול יותר.

### למה זה קורה?

ככל שהמסה גדולה יותר, הכרכרה מעיקה יותר חזק על משטח החיכוך, לכן - האחיזה של הכרכרה ומשטח החיכוך זה בזה חזקה יותר... שאלה מחיי היומיום:

מה יותר קל לחלץ מהחול - אופניים או משאית?



## הקדמה לניסויים הבאים

לפני כ-5,000 שנה, מצאו השומרים שחיו בעירק של היום,

פתרון להובלת משאות כבדים, לדוגמה אבנים כבדות.

הם הניחו מתחת לאבנים גזעי עצים.

כך הם הקטינו את שטח החיכוך.

במקום שהאבן כולה תתחכך בקרקע, רק חלק קטן ממנה התחכך בגזעי העצים.

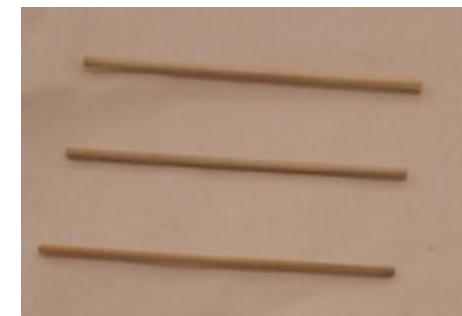
נסו גם אתם ובדקו אם הרעיון עובד.

מה עושים? מנסים!



## החומרים הדרושים לכם לניסוי

- 3 "בולי עץ" - שיפודים קצרים





## ניסוי מספר 5

### ציוד

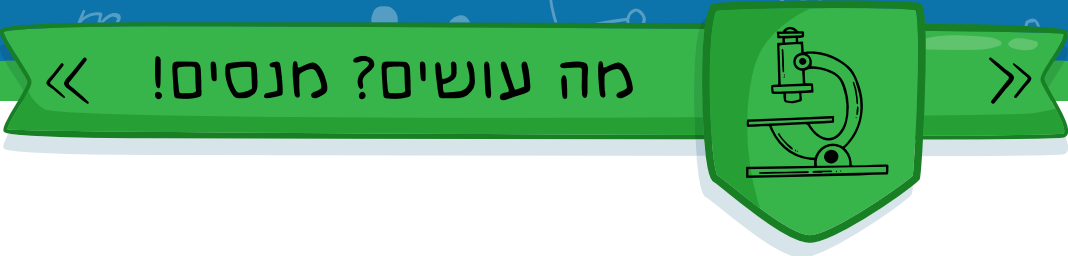
הכרכרה עם נושא המשקולות | 3 "בולי עץ"

### התנסות

- הניחו שלושה שיפודי עץ על המסלול [במקום גזעי העצים]
- הוציאו את כל הברגים מנושא המשקולות.
- הניחו את הכרכרה על גבי השיפודים
- אם הכרכרה אינה נעה - הוסיפו בהדרגה ברגים לנושא המשקולות עד שהכרכרה תתחיל לנוע.
- סיפרו כמה ברגים יש בנושא המשקולות וסמנו את המספר בטור המתאים בטבלה.







## תיעוד הממצאים

כמה ברגים היו במשקולת, כשהכרכה התחילה לנוע?

			8
			7
			6
			5
			4
			3
			2
			1
הכרכה עם גלגלים	הכרכה על בולי העץ	כל הגחון של הכרכה על המשטח	

גודל שטח המסלול



## ניסוי מספר 5 - סיכום ביניים

כאשר הכרכרה נעה על גבי בולי העץ, החיכוך קטן בהרבה.  
דרושים פחות ברגים כדי להניע את הכרכרה.  
ואכן - גזעי העצים [בולי העץ] היו רעיון טוב.  
אולם - היתה בעיה.

היה צריך לפזר גזעי עצים לאורך כל המסלול, או להעביר בכל פעם את גזעי העץ קדימה לפני המשא.  
וזה היה קשה מאוד!  
עד שקם חכם אחר ואמר:

למה שלא נחבר את גזעי העצים למשטח הנושא את המשא באופן קבוע?  
והוא המציא את הגלגל!!!

**חברו** גם אתם גלגלים לכרכרה ותיווכחו שהרעיון הזה היה מעולה.



## מוסיפים גלגלים

1. **השחילו** בורג בכל אחד מהחרוזים – אלה **הצירים** של הגלגלים.
2. **השחילו** את החרוזים עם הברגים **בגחון** [השכבה התחתונה של הכרכרה] בתעלות הסמוכות לארבע הפינות.
3. **הקפידו** שהגלגלים לא יהיו צמודים מדי לגחון, כדי שהם יוכלו לנוע בחופשיות.

2



1





## ניסוי מספר 6

### ציוד

הכרכרה עם גלגלים

### התנסות

- **הניחו** את הכרכרה על גבי המשטח
- **הוציאו** את כל הברגים מנושא המשקולות.
- אם הכרכרה אינה נעה - **הוסיפו** בהדרגה ברגים לנושא המשקולות עד שהכרכרה תתחיל לנוע.
- **סיפרו** כמה ברגים יש בנושא המשקולות **וסמנו** את המספר בטור המתאים בטבלה, שבה תיעדתם את הממצאים מן הניסויים הקודמים.





## תיעוד הממצאים

כמה ברגים היו במשקולת, כשהכרכה התחילה לנוע?

			8
			7
			6
			5
			4
			3
			2
			1
הכרכה עם גלגלים	הכרכה על בולי העץ	כל הגחון של הכרכה על המשטח	

גודל  
שטח  
המסלול



## סיכום התהליך

הגלגלים מקטינים את כוח החיכוך והכרכרה נעה בקלות.

המצאת הגלגל היתה מהפכה עצומה, שהזניקה קדימה את הטכנולוגיה בעת העתיקה.

ולכן - המונח "המצאת הגלגל" הפך לניב.

כשרוצים לומר למישהו, שנדמה לו שהוא ממציא משהו חדש,

אבל בעצם - כבר המציאו את החידוש שלו מזמן,

אומרים לו: **"אל תמציא את הגלגל מחדש"...**

## סיכום...

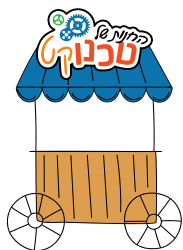
- היינו "מגלי עולם" – הפלגנו לאיטליה.
- היינו "היסטוריונים" – פגשנו ממציא איש אשכולות נדיר: ליאונרדו דה וינצ'י
- היינו "מדענים" - חקרנו: מה הם הגורמים המשפיעים על כוח החיכוך
- היינו "טכנולוגים" - בנינו כרכרה. תחילה ללא גלגלים ואחר כך הוספנו לה גלגלים, כדי להתגבר על כוח החיכוך.

כשאני שומע - אני שוכח • כשאני רואה - אני זוכר • כשאני עושה - אני מבין!

- קונפוזיוס -

## רוצים עוד?

היכנסו לחנות שלנו!



## נהניתם?

נשמח שתמלאו משוב קצר!

4 שאלות ושלתם...

< בטח שנמלא משוב! >



© כל הזכויות שמורות לחברת טכנוקט.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבמצגת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מחברת טכנוקט.