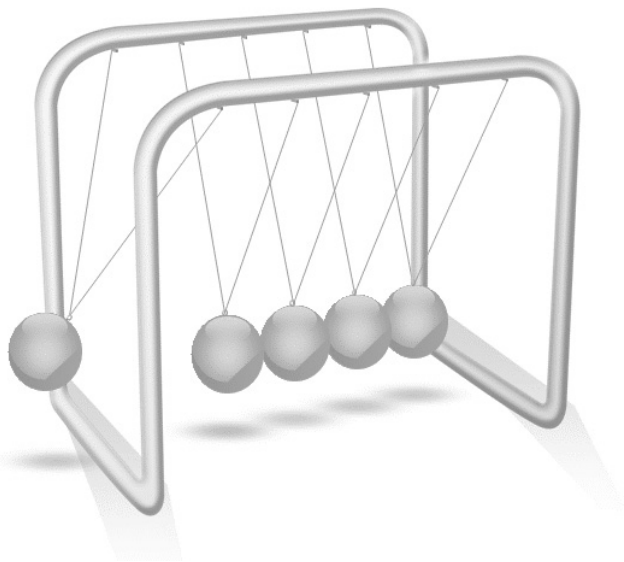


# מבוא לפיסיקה

תיאוריה, תרגילים ופתרונות

מיועד לתלמידי הנדסה במכללות ובבתי ספר להנדסאים  
במגמות: מכונות, חשמל, כימיה, בנין ואדריכלות



הוצאת  ורש

הוצאת שורש (אלי מיטב) 052 – 2671210

email: [elmtv@netvision.net.il](mailto:elmtv@netvision.net.il)

web: <http://www.shoresh1.co.il>



©

כל הזכויות שמורות למחברים ולמוציא לאור  
אין לצלם או לסרוק מספר זה ללא אישור מהמוציא לאור  
צילום או סריקה מספר זה ללא אישור הינו עבירה על החוק  
(ויותר חשוב: זה גם לא הוגן)

## הקדמה

ספר פיסיקה זה מתאים לתלמידים הלומדים במסגרת בתי ספר להנדסאים במגמות: מכונות, חשמל, כימיה, בנין ואדריכלות.

בספר הסברים תיאורטיים פשוטים, תרגילי דוגמה עם פתרונות מלאים ומגוון רחב מאוד של שאלות תרגול עם תשובות סופיות. השאלות מקיפות את כל הרמות: מהבסיסית ביותר ועד לרמת הלימוד הנדרשת.

ניתן לפנות למחברים בדואל:

מיכאל שרשונב: [shermisha@hotmail.com](mailto:shermisha@hotmail.com)

מירי גלבאור: [mirigelbaor@gmail.com](mailto:mirigelbaor@gmail.com)

ב ה צ ל ח ה

איכאל שרשונב מירי גלבאור





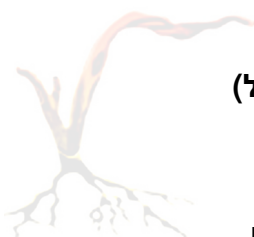
## תוכן העניינים

### עמוד

	<b><u>פרק 1: יחידות מדידה במדע ובטכנולוגיה</u></b>
1	1.1 מבוא
1	1.2 מרחק
1	1.3 היקף
2	1.4 חישוב שטחים
3	1.5 נפחים
5	1.6 בעיות
	<b><u>פרק 2: גורמים פיסיקאליים, וקטורים וסקלרים</u></b>
6	2.1 מבוא
6	2.2 וקטורים וסקלרים
7	2.3 פעולות עם וקטורים
13	2.4 מציאת הווקטור השקול על פי רכיביהם של וקטורים מחוברים
15	2.5 בעיות
	<b><u>פרק 3: תנועה קצובה בקו ישר, מהירות</u></b>
18	3.1 מהירות
18	3.2 משוואת תנועה
19	3.3 גרפים של תנועה שוות מהירות
19	3.4 גרף מהירות תנועה קצובה
22	3.5 בעיות
27	
	<b><u>פרק 4: תנועה מואצת</u></b>
32	4.1 מהירות ממוצעת
32	4.2 תנועה מואצת. מהירות רגעית
32	4.3 תאוצה
33	4.4 גרף מהירות תנועת שוות תאוצה
34	4.5 העתק של הגוף בתנועה שוות תאוצה בקו ישר
35	4.6 גרפים של תנועה שוות תאוצה
35	4.7 נפילה חופשית
37	4.8 זריקה כלפי מעלה
38	4.9 זריקה אופקית
39	4.10 זריקה משופעת
40	4.11 פתרון בעיות תנועה שוות תאוצה
41	4.12 בעיות
46	

## עמוד

63	פרק 5: תנועה מעגלית
63	5.1 זווית הפנייה
64	5.2 מהירות זוויתית
64	5.3 זמן המחזור ותדירות
65	5.4 מהירות זוויתית, זמן מחזור ותדירות
65	5.5 תאוצה זוויתית
66	5.6 חישוב זווית הסיבוב בתנועה מעגלית
66	5.7 תאוצה כללית בתנועה מעגלית
68	5.8 בעיות
71	<u>פרק 6: כוחות</u>
71	6.1 כוח
72	6.2 הכוח השקול
72	6.3 החוק הראשון של ניוטון
72	6.4 מסה
75	6.5 החוק השלישי של ניוטון
77	6.6 כוח הכובד
77	6.7 כוח אלסטי. חוק הוק
78	6.8 מד כוח - דינמומטר
79	6.9 הכוח הנורמלי (הנורמל)
80	6.10 כוח המתיחות
81	6.11 כוח חיכוך סטטי
82	6.12 כוח חיכוך קינטי
83	6.13 החוק השני של ניוטון
84	6.14 משקל
86	6.15 החוק השני של ניוטון בתנועה מעגלית
88	6.16 שימוש בחוקי ניוטון
102	6.17 בעיות
140	<u>פרק 7: אנרגיה</u>
140	7.1 מבוא
140	7.2 אנרגיה קינטית
141	7.3 אנרגיה פוטנציאלית של כוח הכובד
142	7.4 אנרגיה אלסטית



עמוד	
143	7.5 עבודה
144	7.6 גרף עבודת הכוח
145	7.7 עבודה כוח הכובד (הכבידה)
147	7.8 עבודת כוח אלסטי
148	7.9 משפט עבודה – אנרגיה קינטית
149	7.10 מערכת סגורה
149	7.11 כוחות משמרים
151	7.12 חוק שימור האנרגיה המכאנית
152	7.13 עבודת כוח החיכוך
152	7.14 מנוע נצחי
154	7.15 שימוש בחוק שימור האנרגיה המכאנית
156	7.16 הספק
157	7.17 נצילות
158	7.18 בעיות

173	<u>פרק 8: מתקף ותנע</u>
173	8.1 תנע
173	8.2 מתקף
175	8.3 חוק שימור התנע
178	8.4 בעיות



187	<u>פרק 9 : תנודות</u>
187	9.1 מבוא
187	9.2 תנועת גוף הקשור לקפיץ
188	9.3 זמן מחזור ותדירות
189	9.4 תנועה הרמונית פשוטה. מטוטלת קפיצית
191	9.5 מטוטלת מתמטית
192	9.6 חישוב זמן המחזור של מטוטלת מתמטית
193	9.7 מעברי אנרגיה בתנודות
193	9.8 תהודה
195	9.9 בעיות





# פרק 1: יחידות מדידה במדע ובטכנולוגיה

## 1.1 מבוא

כל דבר שניתן למדוד בפיזיקה נקרא גורם פיזיקאלי. המאפיינים של כל גורם פיזיקאלי הם: שם, סימן (אות), גודל (מספר) ויחידת מדידה. למשל, הגורם הפיזיקאלי המתאר את המרחק שאנו עוברים בתנועה, שמו הוא דרך, וסימנו -  $s$ . לכל דרך יש מספר מסוים של יחידות מרחק ויחידה מדידה שהיא מטר אחד או קילומטר אחד. בתחומים שונים משתמשים בקבוצות שונות של יחידות מדידה – מערכות יחידות. מערכת שימושית ביותר היא מערכת בינלאומית - SI. בכל מערכת יחידות רק כמה מהיחידות הן יחידות בסיסיות. במערכת SI היחידות הבסיסיות הן היחידות של המרחק, המסה, הזמן, כמות החומר, עוצמת הזרם, הטמפרטורה ועוצמת האור.

## 1.2 מרחק

הסימן של מרחק -  $L$ . כדי לציין הבדל בין מרחקים, השונים זה מזה, בספרות מדעית ובספרים של טכנולוגיה מסמנים מרחקים גם באותיות אחרות, כמו  $d, s, r, D, h$ , למשל, לקוטר סימן -  $D$ , לרדיוס סימן -  $r$ , לדרך סימן -  $s$ . כל הסימנים האלה שייכים למשפחת המרחק, כלומר, מותר לסמן את כולם גם ב- $L$ . יחידה בסיסית של מרחק במערכת SI - היא מטר אחד.  $1\text{m} = 100\text{cm}$ . יחידה קטנה ממנה היא  $1\text{cm} = 0.01\text{m}$ . יחידה גדולה  $1\text{km} = 1000\text{m}$ . בארצות הברית ובמדינות אחרות משתמשים גם ביחידות מרחק אחרות כמו: 1 אינץ' (אצבע) =  $2.54\text{cm}$ , 1 פוט (רגל) =  $12\text{אינץ'}$  =  $30.48\text{cm}$ . היחידה גדולה פי 3 מהפוט היא ירד (יד)  $1\text{ירד} = 3\text{פוט}$  =  $91.44\text{cm}$ .

## 1.3 היקף

היקף הוא אורך (מרחק) של קו הגבול. בצורות הנדסיות פשוטות ההיקף הוא האורך של סכום הצלעות שלהן. במעגל ההיקף הוא אורך קו המעגל. כדי לחשב היקף המעגל משתמשים בנוסחה הבאה:

$$L = \pi \times D \quad \text{או} \quad L = \pi \times 2R$$

כי הקוטר שווה לשני רדיוסים  $2R = D$

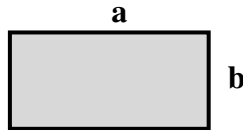
$D$  - קוטר המעגל

$L$  - היקף המעגל

מקובל לסמן את היחס בין היקף העיגול לבין קוטרו באות יוונית -  $\pi$ . ממדידות מדויקות וגם משיקולים מתמטיים ידוע, כי  $\pi = 3.14$  בקירוב. כדי לקבל מספר  $\pi$  על מסך מחשבון מקלידים "SHIFT" ואחר כך "EXP".

## 1.4 חישוב שטחים

שטח הוא מאפיין כמותי של חלק המישור. ממדיו השטח הם אורך ורוחב. שטח של צורות שונות מקובל לסמן באות  $S$  או  $A$ . נתבונן במלבן, צורה פשוטה שיש לה אורך, שסימנו  $a$ , ורוחב, שסימנו  $b$ . את **שטח המלבן** אנו מחשבים בעזרת תבנית המספר (נוסחה)  $S = a \times b$ .

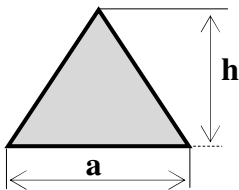


$a$  - אורך המלבן  
 $b$  - רוחב המלבן

יחידות המדידה של שטח:  $1\text{מ}^2 = 100\text{ממ}^2$ ,  $1\text{סמ}^2 = 100\text{ממ}^2$ ,  $1\text{מ}^2 = 10000\text{סמ}^2$ ,  
 $1\text{מ}^2 = 1000000\text{ממ}^2$ ,  $1\text{סמ}^2 = 100\text{ממ}^2$ ,  
 יחידות מדידת שטח שונות הן:  $1\text{אינץ}^2 = 6.4516\text{סמ}^2$ ,  
 $1\text{פוט}^2 = 929.03\text{סמ}^2$ ,  $1\text{ירד}^2 = 8361.3\text{סמ}^2 = 0.8361\text{מ}^2$ .

### שטחים של צורות משולבות (ריבוע, משולש, עיגול)

א. שטח של **ריבוע** מחשבים בעזרת הנוסחה:  $S = a^2$ ,  
 כי ריבוע הוא מלבן שבו כל הצלעות שוות, כלומר,  $a = b$ .



ב. שטח של **משולש** מחשבים בעזרת נוסחה:

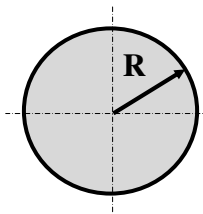
$a$  - אורך בסיס המשולש  
 $h$  - גובה המשולש  
 $S = 0.5a \times h$  - שטח המשולש

ג. שטח של **עיגול** מחשבים בעזרת הנוסחה:  $S = \pi \times R^2$

$R$  - רדיוס העיגול

$\pi$  - מספר קבוע  $\approx 3.14$

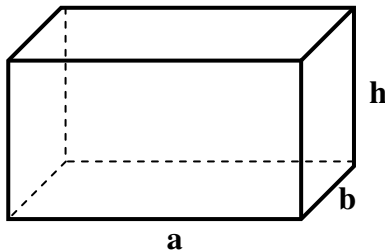
ניתן גם לחשב את שטח העיגול בעזרת הנוסחה הבאה:



$S = 0.25\pi \times D^2$  - קוטר העיגול  $D$

## 1.5 נפחים

נפח הוא מאפיין כמותי של המקום במרחב שגוף כלשהו תופס. בדרך כלל נפח מסמנים באות  $V$ . במקרה פשוט של מקבילון (תיבה) מחשבים את נפחו בעזרת הנוסחה:



$$V = a \times b \times h$$

a - אורך הבסיס של המקבילון

b - רוחב הבסיס של המקבילון

h - גובה המקבילון

במערכת SI יחידת הנפח מטר מעוקב וקיצורו מ"ק.  $1\text{מ"ק} = 1\text{m}^3$ . יחידה קטנה 1 דצימטר מעוקב או 1 ליטר.  $1\text{מ"ק} = 1,000$  ליטר. יחידה קטנה מהליטר פי 1,000 היא 1 מיליליטר או 1 סנטימטר מעוקב וקיצורו 1 סמ"ק.

1 ליטר = 1,000 סמ"ק או 1,000 מיליליטר.

$$1\text{m}^3 = 1,000\text{liter} = 1,000,000\text{cm}^3$$

נוסחה אחרת לחישוב נפח של מקבילון היא:  $V = S \times h$

S - שטח הבסיס של המקבילון

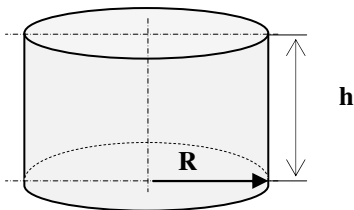
h - גובה המקבילון

בשפה יום יומית במקום במלה מקבילון משתמשים גם במילים כמו: לוח, תיבה, ארגז, או קופסה, שצורתם הוא מקבילון.

בצורה דומה אנו יכולים לחשב נפח של גליל או צילינדר:

S - שטח הבסיס של הגליל

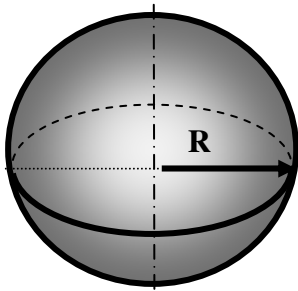
h - גובה הגליל



$$V = S \times h$$

נפח של גופים קטנים יחסית, שיש להם צורה שרירותית, אנו יכולים למדוד בעזרת כלי שנקרא משורה. המשורה היא כלי עשוי זכוכית או פלסטיק שקוף עם שנתות. כל שנת מסמנת נפח מוגדר. ממלאים את המשורה במים, רושמים מהו נפחם  $V_1$ . מכניסים במים את הגוף, שאת הנפח שלו רוצים למדוד, ומפלים המים במשורה עולה. כעת נפח המים והגוף הוא  $V_2$ . נפח הגוף שווה:

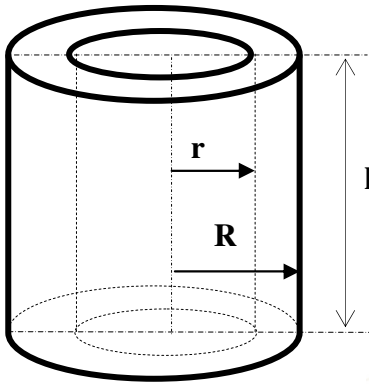
$$V = V_2 - V_1$$



נפח כדור ניתן לחשב בעזרת נוסחה הבאה:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \quad R - \text{רדיוס הכדור.}$$

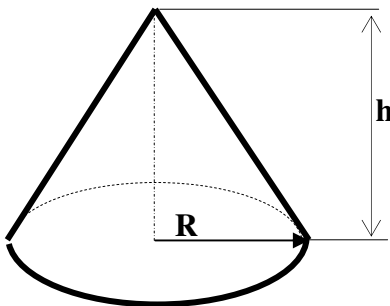
כדי לחשב את נפח דפנותיו של צינור משתמשים בנוסחה הבאה:



$$V = \pi (R^2 - r^2) h$$

V - נפח דפנות הצינור  
 R - רדיוס חיצוני  
 r - רדיוס פנימי  
 h - אורך הצינור

במקרים רבים לערימות חול, חצץ וכד' צורת חרוט (קונוס). נפח חרוט מחשבים בעזרה הנוסחה:



$$V = \frac{1}{3}\pi h R^2$$

V - נפח החרוט  
 R - רדיוס הבסיס  
 h - גובה החרוט

מעבר בין יחידות דורש ידע על הקשר ביניהן. קל מאוד לקבל אותו בעזרת תבנית שיש לה מבנה זהה לכל מעבר.

דוגמא 1: כמה ס"מ ב - 5אינץ'?  
רושמים את הביטוי הנתון לשינוי. במקרה שלנו 5אינץ'.  
מעתיקים את המספר של היחידות הקודמות. במקרה שלנו הוא 5.  
שמים בתוך המסגרת את גודל היחידה הקודמת ביחידה הדרושה. במקרה שלנו  
1אינץ' = 2.54 ס"מ.  
נופלים את המספרים.  $12.7 = 2.54 \times 5$   
5אינץ' =  $2.54 \times 5$  ס"מ = 12.7 ס"מ.

## 1.6 בעיות

### בעיות המרה

1. כמה אינץ' הם 6 פוט? 1פוט = 12אינץ'. (6 פוט=72 אינץ')
2. בארה"ב מודדים את נפח הדלק בגלונים. 1 גלון אמריקני = 3.785 ליטר. בתחנת הדלק באמריקה קנית 20 גלון בנזין. כמה ליטר בנזין קנית? (20 גלון=75.7 ליטר).
3. בארה"ב מודדים מסת גוף ביחידות פאונד. 1 פאונד = 0.4536 ק"ג. קנית בחנות באמריקה 5 פאונד סוכר. כמה ק"ג סוכר קנית? (5 פאונד = 2.268 ק"ג)
4. רשום את המסה שלך בק"ג ובטא אותה בפאונד. 1 ק"ג = 2.205 פאונד.

### בעיות הנדסה

1. רדיוס מעגל 30cm. מהו קוטרו? מהו היקפו? ( $L=188.50\text{cm}$ ,  $d=60\text{cm}$ )
2. היקף מעגל 4m. מהו קוטרו? ( $d=1.27\text{m}$ )
3. אורך מלבן 45cm ס"מ, ורוחבו 0.2m. מהו שטחו? ( $S=0.09\text{m}^2$ )
4. שטח רבוע  $49\text{cm}^2$ . מהו היקפו? ( $L=28\text{cm}$ ,)
5. רדיוס עיגול 5m. מהו שטחו? ( $S=78.54\text{m}^2$ )
6. שטח עיגול  $49\text{cm}^2$ . מהו קוטרו? ( $d=7.90\text{cm}$ )
7. אורך מקבילון (תיבה או לוח) 250mm, רוחבו 4cm וגובהו 0.002m. מהו נפחו? ( $V=20\text{cm}^3$ )

8. נפח קובייה  $512\text{cm}^3$ . מהו אורך הצלע של הקבייה? מהו שטח בסיסה?  
( $a=8\text{cm}$ ,  $S=64\text{cm}^2$ )

9. גובה גליל (צילינדר)  $20\text{cm}$ , וקוטר בסיסו  $40\text{mm}$ . מהו נפחו? ( $V=251.33\text{cm}^3$ )

10. רדיוס של כדור  $3\text{m}$ . מהו נפחו? ( $V=113.10\text{m}^3$ )

11. נפח כדור  $600\text{cm}^3$ . מהו קוטרו? ( $d=10.46\text{cm}$ )

12. מהו נפח דפנותיו של צינור שאורכו  $200\text{m}$ , הרדיוס החיצוני של הצינור  $30\text{cm}$ ,  
ורדיוס הפנימי  $25\text{cm}$ ? ( $V=17.28\text{m}^3$ )

## פרק 2: גורמים פיסיקאליים, וקטורים וסקלרים

### 2.1 מבוא

מכניקה היא אחד מהפרקים של הפיסיקה, המטפל בתנועה, בגופים שונים ובתנאי יציבותם. מכניקה היא הבסיס לתכנון ולבנייה של כל המבנים, המכונות או המכשירים. כל תפקוד הטכניקה והטכנולוגיה של האנושות מתקיים על בסיס חוקי המכניקה. מאפיינים כמותיים של גופים, או תהליכים, שניתן לבטא באמצעות מספר, נקראים גורמים פיסיקאליים. כל הגורמים הפיסיקאליים הם תוצאה של מדידות, או של מדידות וחישובים. גורם פיסיקאלי נהוג לסמן באמצעות אות. בדרך כלל האות היא האות הראשונה של שם הגורם הפיסיקאלי באנגלית. תוצאות כמותיות של מדידות וחישובים אנו חייבים לבטא בעזרת מספר וברוב המקרים גם בעזרת יחידת המדידה, כלומר, לכל גורם פיסיקאלי ישנם לפחות שלושה מאפיינים:

א. סימן – אות

ב. ערך מספרי

ג. יחידת מדידה

בחירה של יחידת המדידה משפיעה על הערך המספרי של הגורם הפיסיקאלי. למשל, מרחק שגוף עבר במטרים שונה מאותו המרחק בירדים או בסנטימטרים. אחת מהמערכות היחידות המדידה הנפוצות בפיסיקה היא המערכת הבינלאומית - SI. מערכת היחידות הבסיסיות של המכניקה הן יחידות של שלושה גורמים פיסיקאליים: מרחק, זמן ומסה. כל שאר היחידות הן יחידות נגזרות, שניתן לבטא באמצעות היחידות הבסיסיות. סימון אחר של מערכת היחידות - SI - M.K.S שהם ראשי-תיבות מילים באנגלית: מטר, קילוגרם, שנייה.

### 2.2 וקטורים וסקלרים

גורמים פיסיקאליים במכניקה מתחלקים לשתי קבוצות. לקבוצה הראשונה שייכים גורמים פיסיקאליים, שידע מקיף עליהם מתבטא בשני מאפיינים - ערך מספרי ויחידת המדידה.