

פיזיקה

מכניקה

כוחות והתקני כוח



תורת התנועות

מותאם לתוכנית הלימודים פעימ"ה של משרד החינוך

תשע"ה - 2015

תוכן עניינים

כוחות והתקני כוח

- 5 **פרק א' המושג "כוח"**
מהו כוח, פעולה של כוח, סוגי כוחות, חשיבות כוחות בטבע ובטכנולוגיה
- 12 **פרק ב' מדידת כוחות**
מסה ומשקל, מדידת משקל, מהו קפיץ, הקפיץ כמד כוח, חוק הוק
- 22 **פרק ג' אופיו המיוחד של הכוח**
סוגי גדלים פיזיקליים, הכוח כווקטור, שקול הכוחות, שיטות גרפיות למציאת שקול כוחות, רכיבי הכוח הפועל בזווית
- 32 **פרק ד' החוק הראשון והשלישי של ניוטון**
החוק הראשון של ניוטון, החוק השלישי של ניוטון, כוח החיכוך. חיכוך סטטי וקינטי, השפעת זווית מדרון על כוח החיכוך
- 45 **פרק ה' היתרון המכני**
מהו יתרון מכני, יתרון מכני של מישור משופע, יתרון מכני של גלגלות,
- 55 **פרק ו' המנוף ומומנט הכוח**
מהו מנוף, כיצד מנוף מפחית כוח, סוגי מנופים, חוק שיווי המשקל של מנוף, יתרון מכני של מנוף, שיווי משקל ומרכז כובד של גופים

תורת התנועות

- 67 **פרק ז' המהירות ומדידתה**
מהי מהירות, מהירות בטבע, מהירות בטכנולוגיה, מהירות קבועה, מהירות ממוצעת, משמעות המהירות וכיוונה
- 76 **פרק ח' תיאור גרפי של מהירות כתלות בזמן**
מהו גרף, חישוב מרחק תנועה באמצעות גרף במהירות קבועה ומשתנה
- 81 **פרק ט' תאוצה ותאוצה**
מהי תאוצה, תנועה בתאוצה קבועה, השפעת כיוון התנועה על התאוצה, חישוב המהירות בתאוצה קבועה, חישוב מרחק התנועה בתאוצה קבועה
- 95 **פרק י' תאוצת הכובד**
תנועה אנכית לכדור הארץ, תאוצת הכובד, נפילה חופשית, זריקה אנכית כלפי מטה, זריקה אנכית כלפי מעלה, זריקה אופקית
- 107 **פרק י"א תנועה מעגלית**
מהי תנועה מעגלית, זמן מחזור ותדירות, התדירות בתעשייה, מהירות היקפית, העברת מהירות סיבוב באמצעות תמסורת, תאוצה רדיאלית

כוחות

והתקני

כוח

פרק א' - המושג "כוח"

מהו כוח (Force)?

כוח הוא מושג פיזיקלי שאנו משתמשים בו בהקשר של תיאור פעולות ועוצמתן. כל הפעולות המתרחשות בטבע או בחיי היומיום נובעות מפעולה של כוח. כוח אינו גורם הנראה לעין, אך מבחינים בקיומו רק על פי תוצאות פעולתו. פעולות המבוצעות על ידי בני אדם כמו: הליכה, ריצה, דחיפה, הרמה, או פעולות המבוצעות על ידי מכונות או מערכות מתאפשרות כתוצאה מהפעלת כוח.

כוח הוא הסיבה לכל הפעולות המתרחשות סביבנו

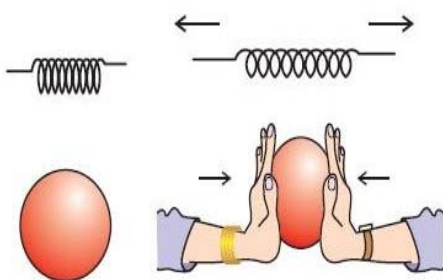


כוח מבחינה פיזיקלית הוא הפעלת מאמץ חיצוני שבא לידי ביטוי בצורה של פעולת דחיפה או משיכה בין גופים כתוצאה מאינטראקציה ביניהם. כלומר, בכל פעם שנוצרת אינטראקציה בין גופים, מופעל כוח של דחיפה או כוח של משיכה על כל אחד מהגופים, וכאשר האינטראקציה נפסקת, נעלמת גם פעולת הכוח.

פעולה של כוח גורמת:

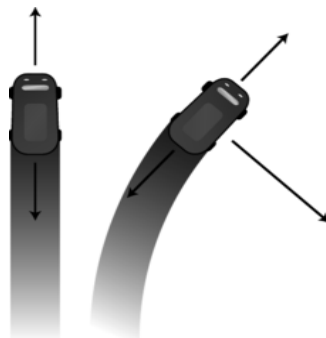
לשינוי צורה של גוף

גורם לגוף בעל צורה כלשהי לשנות את צורתו



לשינוי כיוון תנועת הגוף

גורם לגוף הנע במסלול ישר לנוע במסלול עקמומי או סיבובי



לשינוי מצב של גוף

גורם לגוף במצב סטטי לנוע, ואף לשנות את מהירות תנועתו



פרק ב' - מדידת כוחות

מסה ומשקל

אחת הטעויות הנפוצות בחיי היומיום היא שלא מבדילים בין מסה למשקל. הסיבה לכך היא השימוש היומיומי במושג משקל במובן של המושג מסה. מבחינה פיזיקלית, יש חשיבות רבה ליצור הבחנה בין מסה למשקל כי הם שני מושגים שונים.

מהי מסה?

מסה (mass) היא:

גודל פיזיקלי המציין את כמות החומר שיש לגוף

נמדדת ביחידות: ק"ג (Kg)

1 ק"ג = 1000 גרם

מסה (m) מציינת את כמות החומר שיש לגוף, והיא קבועה ואינה משתנה בכל מקום ביקום. מסה של גוף לא ניתנת למדידה, אלא ניתן לחשב אותה לאחר מדידת משקל הגוף.

מהו משקל?

משקל (Weight) הוא:

כוח הנובע מפעולת הכבידה על מסה של גוף

נמדד ביחידות: ניוטון (N)

כלומר, משקל (W) של גוף הוא כוח שנוצר כתוצאה מפעולת הכבידה (גרביטציה) של כדור הארץ על מסה של גוף, המושכת אותה למטה אל הקרקע. לכן, משקל של גוף תלוי בשני הגורמים הבאים:

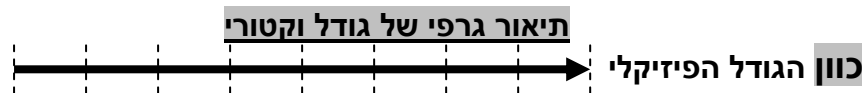
- **מסה של הגוף (m)** - המגדירה את כמות החומר של הגוף.
- **קבוע הכבידה (g)** - שמייצג למעשה כוח המשיכה של כדור הארץ והוא שווה ל: **9.8 N/Kg** ובקירוב **10 N/Kg**.

פרק ג' - אופיו המיוחד של הכוח

סוגי גדלים פיזיקליים

גודל פיזיקלי הוא גודל שניתן למדידה. בתחום הפיסיקה ישנם גדלים פיזיקליים שונים, שניתן לחלק אותם לשני סוגים עיקריים:

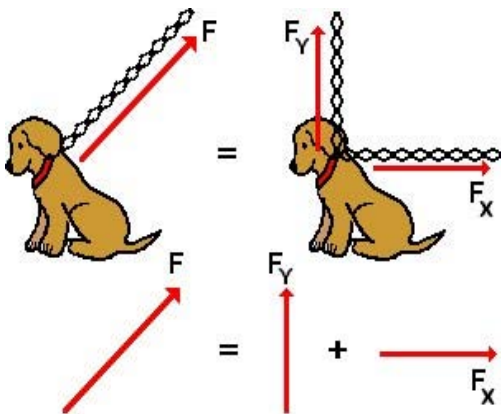
- **גדלים סקלרים** - אלו גדלים הכוללים מרכיב אחד והוא: **גודל** בלבד. לדוגמה: מסה, טמפרטורה, מרחק, שטח ועוד. גדלים סקלרים ניתנים למדידה באמצעות סקלת המידה שלהם.
- **גדלים וקטורים** - אלו גדלים הכוללים שני מרכיבים והם: **גודל + כוון**. לדוגמה: כוח, מהירות, תאוצה ועוד. גדלים וקטורים ניתנים לתיאור בצורה גרפית באמצעות **חץ** שהחוד שלו מצביע על **כוון** התנועה, ואורכו (המצויר על פי קנה מידה) מציין את **הגודל** הפיזיקלי.



אורך החץ (על פי קנה מידה) מציין את **הגודל** הפיזיקלי

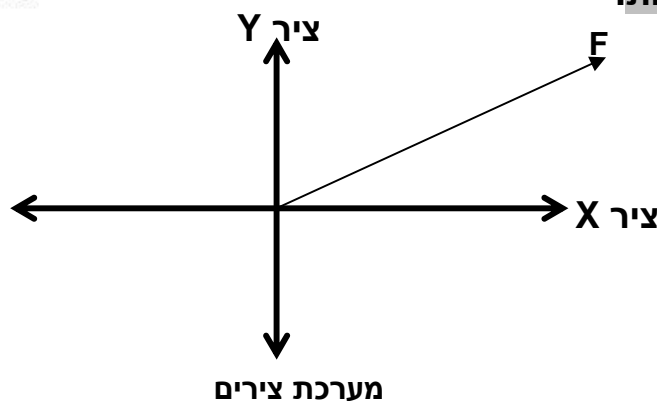
הכוח כווקטור

כוח הוא וקטור בעל גודל כוון ונקודת אחיזה בגוף, ונהוג לסמן אותו \vec{F} . כוח יכול לפעול על גוף בכיוונים שונים, והפעולה שלו קשורה גם למצב בו נמצא הגוף. דוגמה לכך ניתן לראות באיור שהכוח הפועל באלכסון על הכלב מורכב למעשה מכוחות משנה שהכיוון שלהם מתואר באמצעות מערכת צירים. לכוח F



תיאור הכוח כווקטור

קוראים: **שקול הכוחות**.



פרק ד' - החוק הראשון והחוק השלישי של ניוטון

אייזיק ניוטון (1642-1727) היה אחד הפיסיקאים הנודעים ביותר בעולם, שבין מחקריו ותגליותיו היו: הגרביטציה (הכבידה) שקבע ניוטון לאחר נפילת התפוח על ראשו, והחוקים העוסקים בכוחות והשפעתם על גופים במצבים שונים המוכרים כ-שלושת החוקים של ניוטון.

החוק הראשון של ניוטון - חוק ההתמדה

החוק הראשון של ניוטון הידוע גם בשם "חוק ההתמדה" קובע:

החוק הראשון של ניוטון קובע:

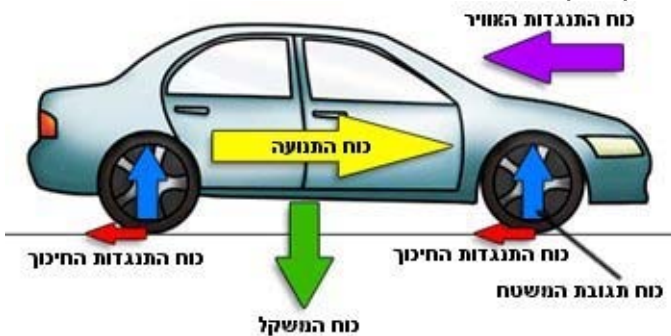
גוף יתמיד במצבו כל עוד שקול הכוחות הפועל עליו

שווה לאפס

חוק זה מתייחס בעצם לשני מצבים בהם נמצא גוף:

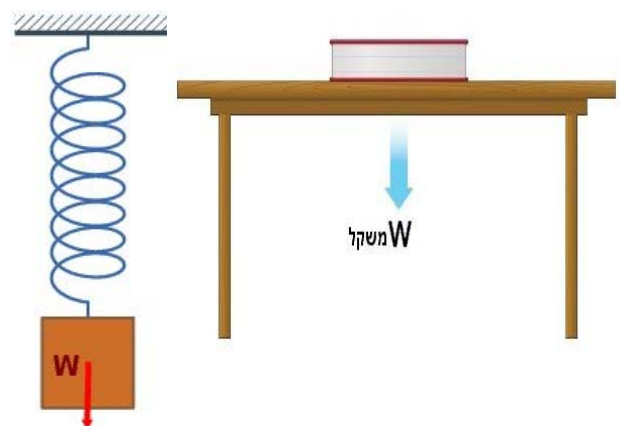
גוף נע במהירות קבועה בקו ישר

הוא גוף שנמצא בתנועה במהירות קבועה בקו ישר. במצב זה שקול הכוחות הפועל על הגוף שווה לאפס ולכן הגוף יתמיד בתנועתו.



גוף במצב סטטי

הוא גוף המונח על משטח או תלוי על קפיץ, ואינו נע. שקול הכוחות הפועל על הגוף בשני המצבים שווה לאפס, ולכן הגוף יתמיד במצבו.



גוף שאינו נע בקו ישר שקול הכוחות הפועל

עליו אינו שווה לאפס

למעשה, ניתן להבין מהחוק הראשון של ניוטון, שכל עוד שלא יפעל כוח חיצוני על הגוף שיגרום לו לשנות את מצבו, הגוף יתמיד להישאר במצבו הוא נתון.

פרק ה' - היתרון המכני

מהו יתרון מכני?

הצורך של האדם להניע ולהזיז גופים בעלי משקל כבד ממקום למקום, הביא לכך שהאדם מצא דרכים שונות לניצול נבון של הכוח הקטן שלו, בכדי להפיק כוח גדול יותר תוך שימוש באמצעים שונים היוצרים יתרון מכני - **Mechanical advantage**. מבחינה פיזיקלית, היתרון המכני הוא:

יתרון מכני הוא:

היחס בין הכוח המופק (הכוח הגדול) לבין הכוח

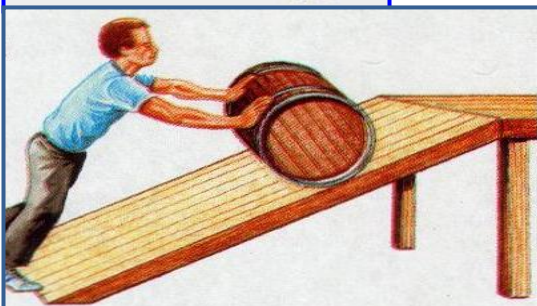
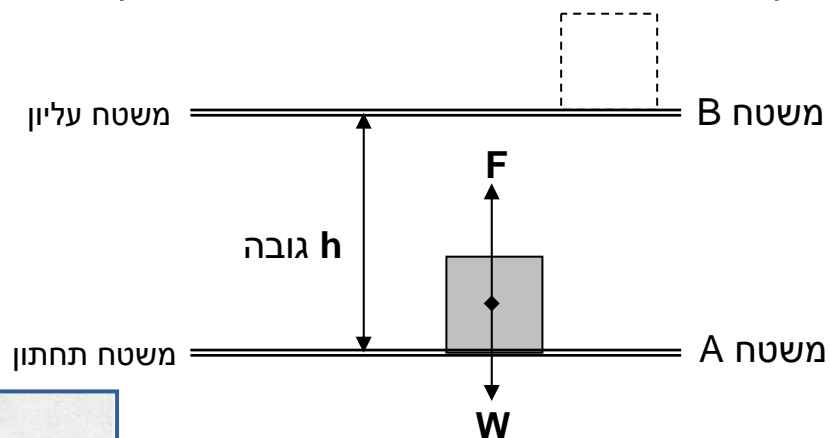
המושקע (הכוח הקטן)

ללא יחידות מידה

למעשה, היתרון המכני הוא מספר המציין את יחס הגדלת הכוח במערכת אשר משנה את גודל הכוחות על חשבון אורך הדרך שלאורכה הם פועלים.

יתרון מכני של מישור משופע

כאשר רוצים להרים גוף בעל משקל W ממשטח A למשטח B גבוה יותר, הדרך הקצרה ביותר היא להפעיל כוח F ולהרים את הגוף לגובה h אל המשטח העליון.



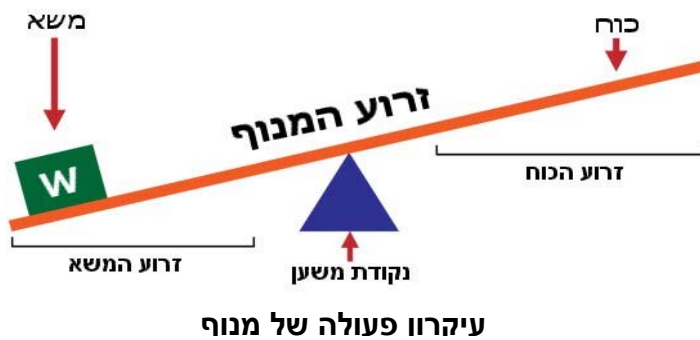
מישור משופע

אחת הדרכים להשתמש בכוח קטן יותר כדי להעלות גוף כבד ממשטח תחתון למשטח עליון היא באמצעות: **מישור משופע**.

פרק ו' - המנוף ומומנט הכוח

מהו מנוף?

מנוף הוא אחד הכלים השימושיים ביותר מימי קדם ועד עצם היום הזה. למעשה, המנוף הוא כלי פשוט המורכב מתמך הצמוד לקרקע



ומשמש נקודת משען וסיבוב, וקורה מעץ או מתכת המהווה את זרוע המנוף, אשר בעת הנחתה על נקודת המשען, יוצרת למעשה שתי זרועות. כאשר על זרוע אחת מפעילים כוח קטן (זרוע הכוח), אז הזרוע השנייה מניפה משא כבד (זרוע המשא). השימוש במנוף מאפשר הפחתה של כוח לצורך הרמת משא באמצעות עיקרון של יתרון מכני.



מנוף בפעולה

כיצד מנוף מפחית כוח?

הפחתת כוח בפעולה של מנוף מבוססת על המושג "עבודה" שמבחינה פיזיקלית היא פעולת כוח לאורך דרך, ובמנוף היא באה לידי ביטוי בצורה של פעולת מומנט כוח המוגדר:

מומנט כוח - M מוגדר:

גודל הכוח F (ניוטון) x אורך הזרוע L (מטר)

נמדד ביחידות: ניוטון מטר (Nm)

למעשה, פעולת מנוף מבוססת על כך, שמצד אחד של נקודת המשען פועל מומנט של כוח קטן לאורך זרוע ארוכה, כשבצד השני של נקודת המשען פועל מומנט של כוח גדול לאורך זרוע קצרה שמבצעת הנפה של משא כבד.

תורת

התנועות

פרק ז' - המהירות ומדידתה

מהי מהירות?

מהירות (Speed) Velocity היא אחד המושגים הפיזיקליים השימושיים ביותר בחיי היומיום. כל תנועה שמתבצעת קשורה למושג מהירות, והיא ניתנת למדידה באמצעות מכשיר הנקרא: **ספידומטר**. מבחינה פיזיקלית מהירות מוגדרת כך:

מהירות - V מוגדרת:

אורך דרך X (מטר) ליחידת זמן t (שנייה)

נמדדת ביחידות: מטר לשנייה (m/sec)

ובאופן מתמטי נבטא זאת כך:

$$V \text{ מהירות } \left[\frac{m}{sec} \right] = \frac{X \text{ דרך } [m]}{t \text{ זמן } [sec]}$$

מהירות היא למעשה מספר יחידות מרחק (במטרים) שגוף עושה ביחידת זמן אחת (בשנייה אחת). יחידת המידה של מהירות היא יחידת מידה מדעית, ואילו בחיי היומיום נוהגים להשתמש ביחידה של קילומטר לשעה.

יחידת מידה שימושית

יחידת מידה מדעית

$$\left[\frac{km}{hr} \right] \text{ ק"מ לשעה}$$

$$\left[\frac{m}{sec} \right] \text{ מטר לשנייה}$$

יחידות מידה שימושיות

מהירות	זמן	אורך (מרחק)
$1 \frac{ק"מ}{שעה} = \frac{1}{3.6} \frac{מטר}{שנייה}$	1 יממה	1 ק"מ 1000 מ'
$3.6 \frac{ק"מ}{שעה} = 1 \frac{מטר}{שנייה}$	1 שעה	1 מ' 100 ס"מ
$36 \frac{ק"מ}{שעה} = 10 \frac{מטר}{שנייה}$	1 דקה	1 ס"מ 10 מ"מ

פרק ח' - תיאור גרפי של מהירות כתלות בזמן

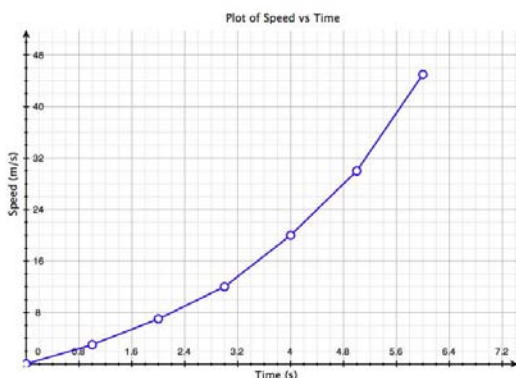
מהו גרף?

גרף הוא תרשים המשמש להצגה חזותית של מידע מספרי. גרף מאפשר זיהוי מהיר של קשר בין נתונים, וקליטה מהירה של המידע המוצג.

בדרך כלל מציירים גרף במערכת צירים, כאשר כל אחד מהצירים מייצג משתנה

(פרמטר), ואוסף הנקודות המתקבל במרחב בין הצירים מתאר את מידת התלות בין המשתנים באמצעות קשר קווי ביניהן.

גרף נוהגים לצייר על נייר מיוחד הנקרא: **נייר מילימטרי**. נייר זה מצויר לפי קנה מידה לאורך ולרוחב, כך שניתן בקלות לשרטט עליו כל גרף ולזהות באופן מידי את קנה המידה של המשתנים.

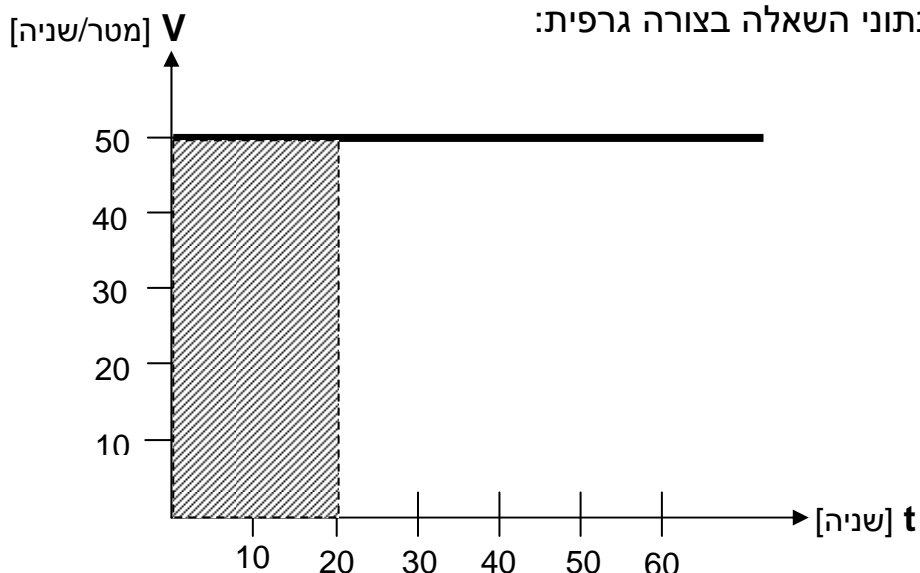


גרף מהירות כתלות בזמן על נייר מילימטרי

חישוב מרחק תנועה באמצעות גרף

במהירות קבועה

רכב נוסע במהירות קבועה של 50 מטר לשנייה. מה המרחק שעבר הרכב לאחר 20 שניות? נציג את נתוני השאלה בצורה גרפית:



באופן מתמטי נחשב את המרחק X כך: $X = V \cdot t$ מרחק

מכפלה זו יוצרת על הגרף **מלבן** שהשטח שלו: **אורך** • **רוחב** הוא מרחק הנסיעה.

לכן המרחק X שהמכונית תעבור יהיה: $X = V \cdot t = 50 \cdot 20 = 1000 \text{ m}$

פרק ט' - תאוצה ותאווה

מהי תאוצה?

תאוצה היא מושג פיזיקלי הקשור לשינוי מהירות תנועה של גוף. לדוגמה, התחלת נסיעה של רכב ממצב מנוחה מחייבת הגברת מהירות, עקיפה של רכב בעת נסיעה מתבצעת על ידי הגברת מהירות. להגברת מהירות של גוף קוראים: **תאוצה - acceleration**, ולהקטנת המהירות שלו קוראים: **תאווה - deceleration** שמבחינה פיזיקלית זו תאוצה שלילית. בפיזיקה, תאוצה מוגדרת כך:

תאוצה - a מוגדרת:

שינוי המהירות במרווח של יחידת זמן אחת

נמדדת ביחידות: מטר לשנייה² (m/sec^2)

ובאופן מתמטי נבטא זאת כך:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

שינוי מהירות $[\frac{m}{sec}]$ / מרווח זמן $[sec]$ = תאוצה $[\frac{m}{sec^2}]$

דלתא Δ אות יוונית המציינת - הפרש, פער, מידת שינוי,

$$\Delta V = V - V_0$$

שינוי המהירות הוא: מהירות התחלתית של הגוף - מהירות הגוף

$$\Delta t = t - t_0$$

מרווח הזמן הוא: זמן מהירות התחלתית של הגוף - זמן מהירות הגוף

$$a = \frac{V - V_0}{t - t_0}$$

נוסחת חישוב התאוצה היא:

פרק י' - תאוצת הכובד

תנועה אנכית לכדור הארץ

גופים וחפצים הנופלים אל הקרקע הם מצבים בשגרה של חיי היומיום שלנו. הסיבה לכך היא כוח המשיכה של כדור הארץ אשר גורם לכל גוף שנזרק או נשמט מתפיסה ליפול למטה אל הקרקע.

תנועת הגופים אל הקרקע היא למעשה **תנועה אנכית לכדור הארץ** והיא באה לידי ביטוי בשני מצבים בסיסיים:

זריקה

שמתרחשת בזמן של הדיפת גוף כלפי מעלה או הדיפת גוף כלפי מטה אל הקרקע.



זריקה כלפי מטה



זריקה כלפי מעלה

נפילה

שמתרחשת בזמן שמשחררים גוף מאחיזה והוא נופל אל הקרקע.



צניחה חופשית

קצב מהירות הנפילה של גופים אל הקרקע בתנועה אנכית כלפי כדור הארץ נקראת: **תאוצת הכובד**.

תאוצת הכובד - g

תאוצת הכובד היא למעשה **תאוצת נפילה חופשית** של גוף הנתון להשפעת כוח המשיכה של כדור הארץ. את תאוצת הכובד מסמנים באות **g** (**gravity**) וערכה על פני כדור הארץ הוא **קבוע** והוא שווה ל:

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ תאוצת הכובד}$$

$$g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ לצורך חישובים משתמשים -}$$

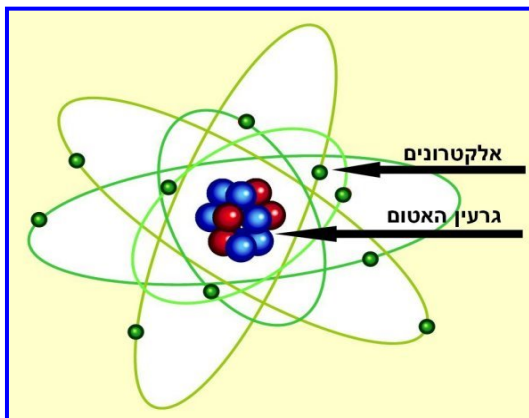
פרק יא' - תנועה מעגלית

מהי תנועה מעגלית?

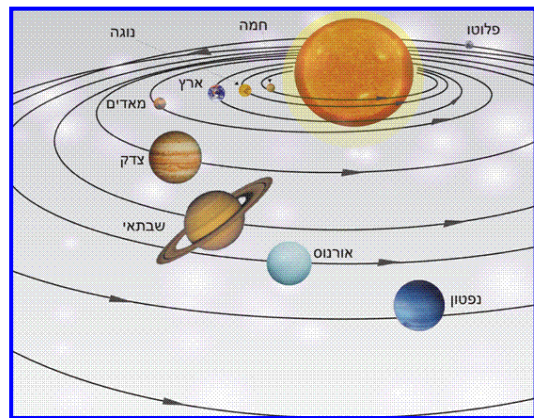
בפיזיקה, **תנועה מעגלית** היא תנועה של גוף במסלול מעגלי, וגם **תנועה סיבובית** של הגוף סביב ציר נתון, ומבצע סיבוב מלא (מנקודת היציאה וחזרה אליה) בפרק זמן קצוב, כשהתנועה בעצם חוזרת על עצמה שוב ושוב. תנועה מעגלית קיימת בטבע ואף במגוון גדול מאד של יישומים טכנולוגיים שהמציא ויצר האדם.

תנועה מעגלית בטבע

תנועת האלקטרונים סביב גרעין האטום



תנועת הכוכבים סביב השמש



תנועה סיבובית בטכנולוגיה

מיקסר ביתי



משחת שולחן



תוף מכונת כביסה



גלגל בלונה פארק



לתנועה מעגלית מאפיינים משלה, ולכן קיימים מושגים פיזיקליים ייחודיים הקשורים לתנועה זו.