

נושאים	מילות/ משפטי מפתח	נוסחאות מדף הנוסחאות	יחידה
1 קינמטיקה: - תנועה בקו ישר - זריקה אופקית (תנועה בליסטית) - זריקה אנכית - נפילה חופשית	- שאלות עם גוף שנזרק בזווית או כלפי מעלה/ מטה. - שאלות על גוף שנופל מגובה. - מיקום של גוף - מהירות של גוף - שאלות עם תנועת גוף בתאוצה קבועה או מהירות קבועה. - שאלות שמבקשים משוואת תנועה של גוף. - שאלות שמבקשים העתק של גוף - שאלות עם גרף מיקום-זמן או מהירות-זמן	יחידה 1 – קינמטיקה מהירות $v(t) = \frac{dx}{dt}$ תאוצה $a(t) = \frac{dv}{dt}$ תאוצה קבועה: מהירות – זמן $v(t) = v_0 + at$ תאוצה קבועה: מיקום – זמן $x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ תאוצה קבועה: משוואות נוספות $x = x_0 + \frac{v + v_0}{2} \cdot t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	
2 כוחות ודינמיקה: - חוקי ניוטון - כוחות: כובד, אלסטי - כוח החיכוך - כוח שקול - כוח נורמלי - כוח ארכימדס - לחץ הידרוסטטי	- שאלות על מסה על מישור משופע. - שאלות עם גלגלות וחבלים. - שאלות שמבקשים לעשות תרשים כוחות/ מבקשים כוח שקול על גוף - שאלות ששואלים מה הכוח הנורמלי (N) שגוף מפעיל על גוף מסוים. - כוח אלסטי/ כובד: שאלות עם קפיץ או מסה שנמצאת בגובה. - שאלות ששואלים מה מקדם החיכוך הסטטי/ הקינטי. חיכוך סטטי הוא כאשר הגוף לא נע וקינטי כאשר הוא נע. - שאלות שמבקשים את תאוצת המערכת - גופים צפים בנוזל - צפיפות של נוזל - נפח של גוף	יחידה 2 – כוחות החוק השני של ניוטון $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ כוח הכובד: $F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ $G = 6.67 \times 10^{-11} \left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \right]$ משקל: $W = mg$ חיכוך סטטי: $f_s \leq \mu_s N$ חיכוך קינטי: $f_k = \mu_k N$ הכוח האלסטי: $F_{el} = K\Delta\ell$ $\Delta\ell$ - מידת כיווץ/התארכות ביחס למצב רפוי כיוון הכוח לנקודת הרפיון כוח ארכימדס (כוח עילוי) $F_A = V\rho g$ $\rho = \frac{m}{V}$ - צפיפות הנוזל V - נפח הגוף ששקוע בנוזל לחץ: $P = \frac{F}{S}$ לחץ הידרוסטטי: $P = h\rho g$ החלקה חופשית במישור משופע $a = g\sin(\theta)$	

יחידה 3 – עבודה ואנרגיה עבודת כוח קבוע $W_F = F_{ } S = FS \cos(\theta)$ $F_{ }$ – רכיב הכוח שמקביל לתנועה S – דרך לארכה עבד הכוח אנרגיה קינטית: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ משפט עבודה אנרגיה (קינטית) $W_{Total} = \Delta E_k$ אנרגיה פוטנציאלית כובדית $U_g = mgh$ עבודה של משקל $W_{mg} = -\Delta U_g$ אנרגיה פוטנציאלית אלסטית $U_{el} = \frac{1}{2}K\Delta\ell^2$ עבודה של הכוח האלסטי $W_{Fel} = -\Delta U_{el}$ אנרגיה מכנית $E = E_k + U_g + U_{el}$ משפט עבודה – אנרגיה (מכנית) $W_{nc} = \Delta E$ אנרגיית חום בשינוי טמפרטורה $Q = cm\Delta T$ אנרגיית חום בשינוי מצב צבירה $Q = mL$ הספק: $P_F = \frac{W_F}{t}$	❖ שאלות עם "משחקים" בין מהירות של גוף והגובה שלו. ❖ שאלות עם כוחות שפועלים לאורך מסלול. ❖ שאלות שמבקשים עבודה של כוח מסוים. ❖ שאלות עם כוח חיכוך ששואלים איפה המסה תעצר. ❖ שאלות עם מסילה שחלק ממנה חלק וחלק אחר לא חלק ❖ שאלות ששואלים מה האנרגיה שהתבזבזה. ❖ שאלות ששואלים מה ההספק של כוח מסוים ❖ שאלות שיש בהן שינוי בטמפרטורה של גוף מסוים. ❖ שאלות עם גוף שמשנה מצב צבירה.	עבודה ואנרגיה: • אנרגיה קינטית • אנרגיה פוטנציאלית • עבודה של כוח קבוע • שימור אנרגיה • משפטי עבודה אנרגיה
--	---	--

מתקף ותנע:

- שימור תנע
- מתקף

תנועה מעגלית:

- מהירות זוויתית
- כוח צנטריפוגלי

תנועה הרמונית:

- משוואות תנועה

מתקף ותנע:

- ❖ שאלות עם התנגשות בין 2 גופים
- ❖ שאלות שנתון שהיתה התנגשות אלסטית/ פלסטית.
- ❖ שאלות שמבקשים לדעת מה המהירות לאחר ההתנגשות
- ❖ שאלות עם כדור שנורה לתוך בול עץ.
- ❖ שאלות ששואלים מה היה השינוי בתנע - שינוי בתנע זה מתקף
- ❖ שאלות שנתון כוח שפעל בזמן קצר מאוד

תנועה מעגלית:

- ❖ גוף שנע במעגל
- ❖ גוף מחובר לחוט ומסתובב
- ❖ שאלות על דיסקית שמסתובבת ומונחת עליה מסה
- ❖ שאלות שנתון בהן מהירות זוויתית
- ❖ שאלות שמבקשים זמן מחזור (לא של גל)
- ❖ שאלות ששואלים באיזה רדיוס מסתובב גוף
- ❖ שאלות שמבקשים לבטא את הפיתרון עם זווית θ

תנועה הרמונית:

- ❖ שאלות שמבקשים משוואות תנועה של גוף שמחובר לקפיץ.
- ❖ שאלות ששואלים על תנודות קטנות

יחידה 4

תנע

תנע: $\vec{p} = m\vec{v}$

מתקף של כוח קבוע: $\vec{J}_F = \vec{F} \cdot \Delta t$

משפט מתקף - תנע: $\vec{J}_{Total} = \Delta \vec{p}$

התנגשות אלסטית חזיתית
 $\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = -(\vec{u}_1 - \vec{u}_2)$
 $\vec{v}$ - מהירויות לפני ההתנגשות
 $\vec{u}$ - מהירויות אחרי ההתנגשות

תנועה מעגלית

מהירות זוויתית בתנועה מחזורית

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

מהירות בתנועה מעגלית

$$v = \omega R$$

תאוצה צנטריפטלית

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

כוח צנטריפטי

$$\sum F_c = ma_c$$

תנועה הרמונית

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} ; a = -\omega^2 x$$

מיקום מהירות ותאוצה בתנועה הרמונית

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

שימור אנרגיה בתנועה הרמונית

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}KA^2$$

$$v(x) = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

יחידה 5 - גלים מהירות של גל מחזורי: $v = \lambda f$ העתק של גל סינוסואידלי נע $\psi = A \sin(kx \pm \omega t)$ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ העתק של גל עומד $\psi(x, t) = A \sin(kx) \cos(\omega t)$ אפקט דופלר בכיוון התנועה $f' = f \cdot \frac{v \pm v_D}{v \mp v_S}$ אורך גל עומד במיתר קשור בשני קצותיו $\lambda = \frac{2L}{n}$ התאבכות משני מקורות קוהרנטיים <u>התאבכות בונה</u> $S_1 N - S_2 N = n\lambda$ <u>התאבכות הורסת</u> $S_1 N - S_2 N = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$ כאשר N רחוקה מאוד מהמקורות $S_1 N - S_2 N = d \cdot \sin(\theta)$ מרחק בין 2 נקודות מקסימום סמוכות במקרה ש $L \gg d$ $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$	❖ שאלות שנתון בהם רמקולים ששולחים גלי קול. ❖ שאלות עם גוף שנע ומפיק קול. ❖ שאלות שמבקשים מהירות גל. ❖ שאלות שמדברות על משוואת גל. ❖ שאלות שמבקשים זמן מחזור של גל ❖ שאלות ששואלים היכן שומעים קול והיכן לא. ❖ שאלות ששואלים היכן רואים אור והיכן חושך.	גלים: • משוואות גל • מהירות גל • אפקט דופלר • גל קשור וחופשי • התאבכות הורסת ובונה	5
יחידה 6 – אור האופטיקה מקדם שבירה $n = \frac{c}{v}$ חוק סנל $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$ נוסחת העדשות $\frac{1}{s} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$ הגדלה קווית $m = -\frac{p}{s}$ אורך מוקד ורדיוס עקמומיות $f = \frac{R}{2}$ עוצמת העדשה $D = \frac{1}{f}$ נוסחת לוטשי העדשות $\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$	❖ שאלות עם קרן אור שעוברת מחומר לחומר - למשל קרן אור שנכנסת למנסרה ❖ שאלות שמבקשים את מהירות האור בחומר מסוים ❖ שאלות על זווית פגיעה קריטית ❖ שאלות עם עדשות ❖ שאלות ששואלים על הקטנות/הגדלות של דמויות וסיבובן. ❖ שאלות שמדברים על מוקד העדשות ❖ שאלות ששואלים על מיקום דמות מדומה ❖ שאלות שמבקשים טווח ראייה	אור ואופטיקה: • מקדם שבירה • חוק סנל • אופטיקת עדשות	6

ערכים פיזיקליים שונים

בקורס שלנו ישנם שני סוגים של גדלים פיזיקליים שחשוב להבדיל ביניהם:

1. **סקלרים** – יש להם רק תכונת "גודל מספרי". נסמן כפרמטרים. לדוגמא b או c .

לדוגמא: טמפרטורה, מסה. (30 מעלות, 25 ק"ג)

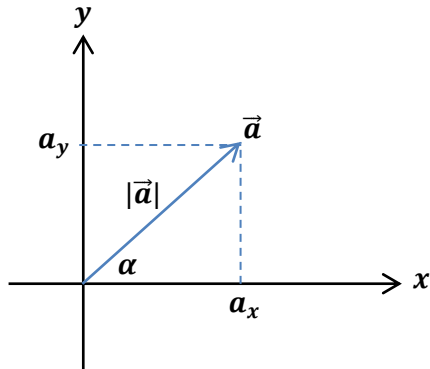
2. **וקטורים** – אלה יישויות שנתאר אותן באמצעות גודל + כיוון. נסמן וקטור a כך: $\vec{a}$

לדוגמא: מהירות, כוח. (נבדיל בין מהירות 20 קמ"ש בכיוון ציר x לבין 20 קמ"ש בכיוון 45 מעלות מציר x)

נתונים שלושה וקטורים בעלי אותו כיוון, ואורך שונה.



וקטורים - הגדרה, פירוק לרכיבים – נוסחאות מתאימות:



אופציה 1:

נתונים: רכיבי הוקטור a_x, a_y על הצירים.

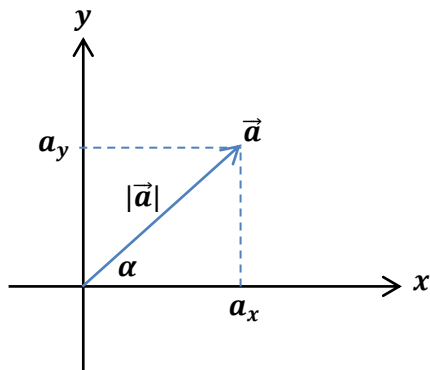
נמצא את $|\vec{a}|$ (גודל הוקטור) ואת גודל זווית α (בכיוון החיובי של ציר x)

נוסחאות שימושיות:

נפעיל פיתגורס וטריגונומטריה:

$$|\vec{a}| = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{a_y}{a_x}$$



אופציה 2:

נתונים: גודל הוקטור $|\vec{a}|$ והזווית α .

נמצא את רכיבי הוקטור a_x, a_y .

נוסחאות שימושיות:

נפעיל טריגונומטריה במשולש:

$$a_x = |\vec{a}| \cos \alpha$$

$$a_y = |\vec{a}| \sin \alpha$$

כתיבה נוספת של וקטור

זה רק להיכרות. לא נדרש בפרקטיקה.

וקטור i הוא וקטור יחידה בכיוון ציר x כלומר גודלו 1. נכתוב: $|i| = 1$

וקטור j הוא וקטור יחידה בכיוון ציר y כלומר גודלו 1. נכתוב: $|j| = 1$

$$|\vec{a}| = a_x i + a_y j$$

יחידות מידה

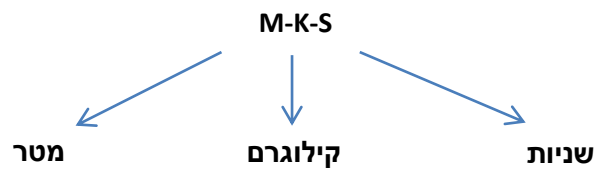
בפיזיקה נקפיד לתאר לתאר את הגדלים שאנחנו משתמשים בהם באמצעות יחידות מידה. (בניגוד למתמטיקה)

שימו לב: זו דרישה בקורס. מי שלא יציין את יחידת המידה של גודל מסוים – יאבד ניקוד במבחן.

סוגים שונים של יחידות:

אורך	מסה	זמן
סנטימטר - cm	גרם - gr	שנייה - sec
מטר - meter	קילוגרם - kg	דקה - min
קילומטר - Kilometer	1 ק"ג = 1000 גרם	שעה - hour
100 ס"מ = 1 מטר	1 גרם = 0.001 ק"ג	1 דקה = 60 שניות
1 ס"מ = 0.01 מטר		60 דקות = 1 שעה
1000 מטר = 1 ק"מ		
1 מטר = 0.001 ק"מ		

אנחנו עובדים במערכת שנקראת MKS זו מערכת בינלאומית והיא:



יחידות נסמן בסוגריים מרובעים – "[]"

לדוגמה הרכב עבר מרחק של $250[m]$. המכונית נוסעת $95[\frac{km}{h}]$. איש רץ במשך $1800[s]$.

חשוב – אם הנתונים מופיעים ביחידות מידה אחרות – יש לבצע המרה.

חיבור וחיסור ניתן לבצע רק כאשר הגדלים מאופיינים באותן היחידות.

לא ניתן לחבר ל-15 ק"ג את הגודל 2 מטר... אלה יחידות שונות.

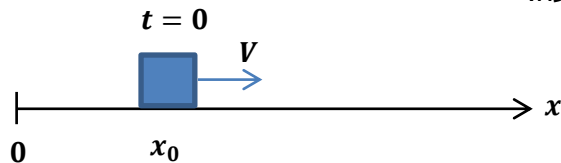
מכניקה – קינמטיקה

נדבר על האופן שבו גוף נע ומבלי להיכנס לגורמים לתנועה זו.

תנועה בקו ישר בקצב בקבוע

הנוסחאות שכאן תהיינה רלוונטיות כאשר בתרגיל אין שינוי של המהירות. כלומר היא קבועה.

נסתכל על תנועה של גוף במהירות קבועה:



גוף נמצא במיקום התחלתי x_0 ומתחיל תנועה ימינה במהירות קבועה $V[\frac{m}{s}]$ כאשר הזמן הוא $t = 0[sec]$.

מה יהיה מיקומו בחלוף t שניות ביחס לראשית?

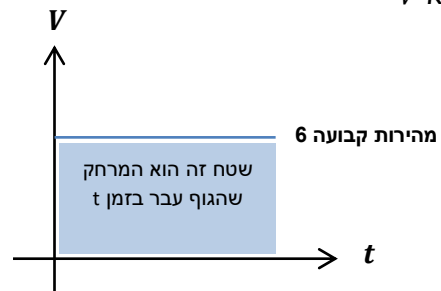
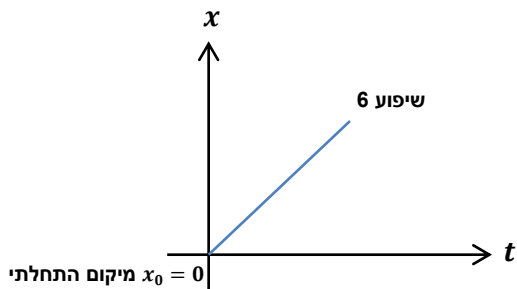
$$x(t) = x_0 + v \cdot t$$

גרפים

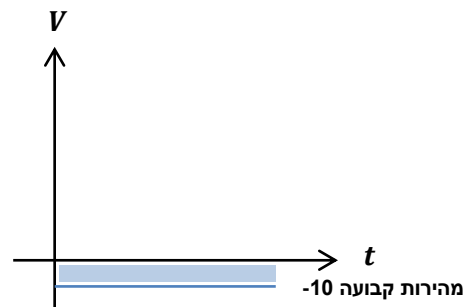
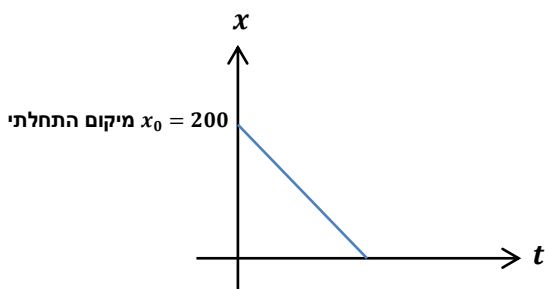
נבנה גרפים בהתאם למשוואה: $x(t) = x_0 + V \cdot t$.

ניקח לדוגמא את: $x(t) = 6t$

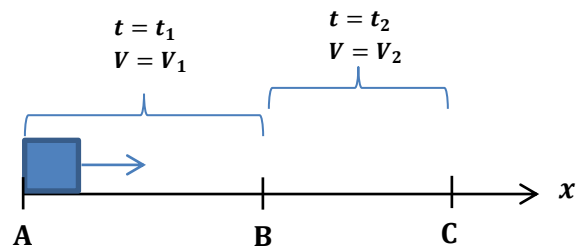
השיפוע הוא V



ניקח לדוגמא אחרת את: $x(t) = 200 - 10t$



מהירות ממוצעת



גוף נע בין נקודות A ל-B במהירות v_1 ולוקח לו t_1 שניות. לאחר מכן הוא ממשיך מנקודה B ל-C במהירות אחרת v_2 ולוקח לו t_2 שניות. כלומר בסה"כ זמן הנסיעה שלו הוא $t_1 + t_2$.

השאלה:

"מהי המהירות הממוצעת, הדמיונית, התיאורטית, שאם היה נוסע בה היה עובר את אותו המרחק באותו הזמן?"

נוסחא:

$$\bar{v}[\frac{m}{s}] = \frac{\text{סך כל המרחק}}{\text{סך כל הזמן}} = \frac{|AC|}{t_1 + t_2}$$

תנועה בתאוצה קבועה

הנוסחאות שכאן תהיינה רלוונטיות כאשר בתרגיל יש שינוי של המהירות. כלומר כאשר היא אינה קבועה.

הגדרת התאוצה: קצב השינוי של המהירות.
אם $a > 0$ זו תאוצה. המהירות עולה.
אם $a < 0$ זו תאוצה. המהירות יורדת.

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\left[\frac{m}{s}\right]}{[s]} = \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

a - התאוצה.

V - מהירות סופית.

V_0 - מהירות התחלתית.

t - הזמן הסופי.

t_0 - הזמן ההתחלתי.

נוסחא למהירות כתלות בזמן:

$$V(t) = V_0 + a \cdot t$$

$V(t)$ - מהירות בזמן t .

V_0 - מהירות התחלתית.

a - התאוצה.

t - הזמן.

2 נוסחאות לחישוב מיקום:

1. כתלות בזמן:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{at^2}{2}$$

2. ללא תלות בזמן:

$$2ax = v^2 - v_0^2$$

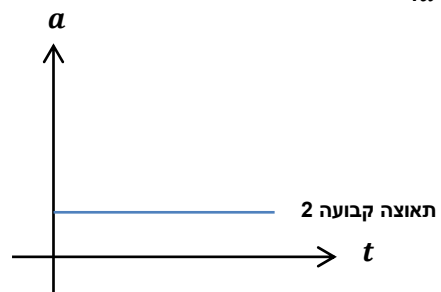
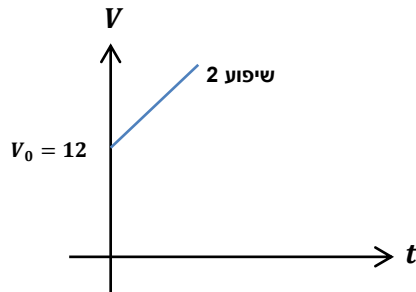
כאן ה- x יכול להופיע גם כ- Δx והוא המרחק שהגוף עבור.

גרפים

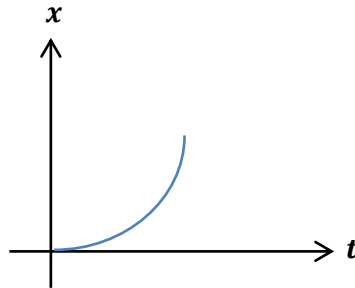
נבנה גרפים בהתאם למשוואה: $V(t) = V_0 + a \cdot t$

ניקח לדוגמא את: $V(t) = 12 + 2t$

השיפוע הוא a .



נראה גרף של מיקום כתלות בזמן בתאוצה קבועה: $x(t) = t^2 + 12t \Leftrightarrow x(t) = 0 + 12t + \frac{2t^2}{2}$ זו פרבולה. פתרונות שליליים ימחקו כי $t > 0$.

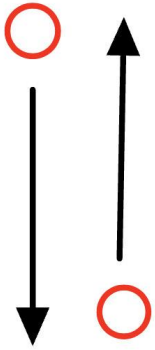


קשר בין מרחק/מהירות/תאוצה

$$x'(t) = v(t)$$

$$v'(t) = a(t)$$

זריקה אנכית וזריקה אופקית



זריקה אנכית:

כשזורקים גוף כלפי מעלה או מטה, הכוח היחיד שפועל הוא כוח הכבידה ולכן התאוצה תהיה g . כל התנועה תהיה בציר Y בלבד.

זריקה אופקית (נקראת גם תנועה בליסטית):

כשזורקים גוף בזווית מסוימת, הכוח היחיד שפועל על הגוף יהיה כוח הכבידה ולכן עדין התאוצה תהיה g לכיוון ציר ה- Y ובכיוון ציר ה- X לא תהיה תאוצה. אבל בציר ה- X תהיה לנו מהירות התחלתית שתישאר לאורך כל התנועה (עד שהגוף יגיע לרצפה).

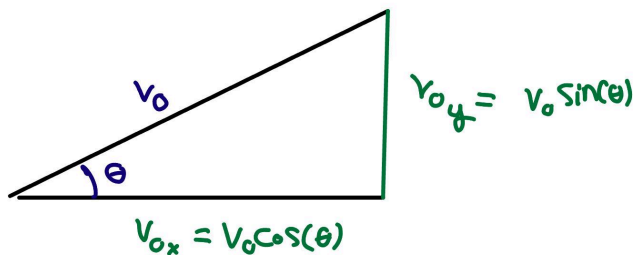
בציר ה- Y התנועה היא תנועה עם תאוצה g ונשתמש במשוואה:

$$y = y_0 + v_0 t + 0.5at^2$$

לאחר הצבת התאוצה (נגיד שהכיוון כלפי מטה הוא שלילי - כלומר תאוצה שלילית) נקבל:

$$y = y_0 + v_0 t - 0.5gt^2$$

נפרק את המהירות ההתחלתית לצירים X ו- Y על מנת למצוא את המהירות ההתחלתית בכל אחד מהצירים: נפרק כך: (צריך להשתמש בהגדרות הבסיסיות של הטריגונומטריה)



את המהירות בכל זמן בציר ה- Y נוכל למצוא על ידי הנוסחה:

$$v_y(t) = v_{y_0} + a_y t$$

לאחר הצבת התאוצה נקבל:

$$v_y(t) = v_{y_0} - gt$$

כמובן שהמהירות בציר ה- X לא משתנה ותשאר אותה מהירות לאורך כל התנועה.

אם מבקשים מאיתנו את **הגודל של המהירות**, נוכל להשתמש בנוסחא:

$$|V| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

אם מבקשים מאיתנו את **זווית הפגיעה בקרקע** נעשה כך:
נרצה את המהירות של Y כאשר הגוף פוגע בקרקע, על מנת למצוא אותה נעזר בנוסחא:

$$v^2(t) = v_0^2 + 2a(y - y_0)$$

לאחר הצבה שY=0 כי אנחנו רוצים את המהירות בקרקע נקבל:

$$v^2(t) = v_0^2 + 2gy_0$$

$$v(t) = \sqrt{v_0^2 + 2gy_0}$$

וכעת, על מנת למצוא את זווית הפגיעה בקרקע נשתמש בנוסחא:

$$\tan(\theta) = \frac{v_y}{v_x}$$

טעות נפוצה מאוד!

סטודנטים רבים חושבים שאם התאוצה שלילית אז כיוון התנועה גם זה לא נכון!
תאוצה שלילית אומרת שהגוף מאט, ולאחר זמן מה הוא יעצר ואז יחל לנוע אחורה.

כיוון התאוצה נובע מכיוון הכוח שגורם לה, כיוון הכבידה הוא תמיד לכיוון כדור הארץ, כלומר כלפי מטה, לא משנה אם מהירות הגוף חיובית או שלילית, כיוון התאוצה יהיה כלפי מטה!

חוקי ניוטון וכוחות

החוק הראשון של ניוטון (חוק ההתמדה). גוף מתמיד בתנועתו

במהירות קבועה לאורך קו ישר כל עוד שקול הכוחות הפועל עליו הוא 0

$$\Sigma F = 0$$

כלומר - לא פועל שום כוח על הגוף, הוא יהיה במנוחה או במהירות קבועה!

החוק השלישי של ניוטון (חוק פעולה ותגובה). שני גופים מפעילים

אחד על משנהו כוחות שווים ומנוגדים

$$F_{12} = - F_{21}$$

כלומר, כל כוח שתפעילו על גוף אחר, הוא יפעיל את אותו הכוח רק לכיוון הנגדי - אני נשען על קיר, הקיר נשען עלי בחזרה.

החוק השני של ניוטון (סכום הכוחות על הגוף) סכום כל הכוחות על גוף

מסויים יהיה שווה למסה שלו כפול תאוצתו.

$$\Sigma F = ma$$

שימו לב!

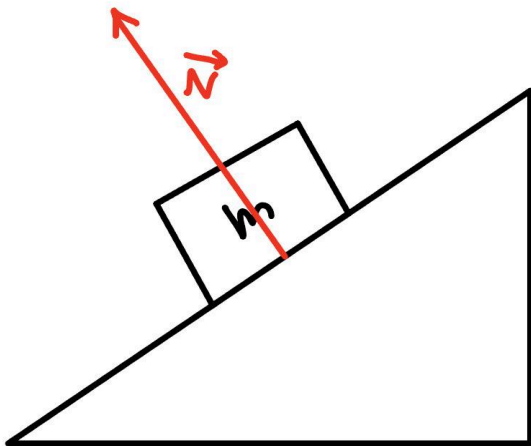
החוק השני של ניוטון הוא החוק החשוב ביותר לקורס שלנו ונשתמש בו הרבה מאוד.

נשים לב שכוח הוא וקטור, כלומר יש לו כיוון, יש כוחות שיפעלו בציר הX וכוחות שיפעלו בציר הY ונוכל לבנות משוואה עבור כל אחד מהצירים.

כעת נדבר על איזה כוחות קיימים:

- **כוח הכבידה:** כוח הכבידה מגיע ממרכז כדור הארץ ומושך אליו כל גוף, גודל הכוח הוא $F_G = mg$ וכיוונו הוא כלפי מטה. m זה המסה של הגוף ו $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ יהיה קבוע התאוצה. שימו לב שבשאלות רבות אומרים להשתמש ב $g = 10 \text{ m/s}^2$ על מנת להקל בחישובים.

- **הכוח הנורמלי:** הכוח הנורמלי הוא כוח שנובע ממשטח שמחזיק את הגוף, בעצם הרצפה מפעילה עלינו כל הזמן כוח נורמלי ולכן אנחנו לא "נופלים" דרכה. הכוח הנורמלי הוא כוח תגובה, כלומר גודלו יהיה כתוצאה ממה שמפעילים עליו, אם מסה התנתקה ממשטח, לא יהיה עליה כוח נורמלי יותר.
כיוון הכוח הנורמלי הוא 90° מהמשטח, לדוגמא, מסה שנמצאת על המשטח משופע:



- **הכוח האלסטי:** הכוח האלסטי נובע מנוכחתו של קפיץ. גודל הכוח נתון לנו על ידי חוק הוק: $F_s = k(x - x_0)$ כאשר $x - x_0$ זה ההתארכות או ההתכווצות של הקפיץ ו k הוא קבוע הקפיץ. בעצם x_0 יהיה אורך המנוחה של הקפיץ (יהיה נתון או שתצטרכו לחשב) ו x הוא האורך כעת של הקפיץ.

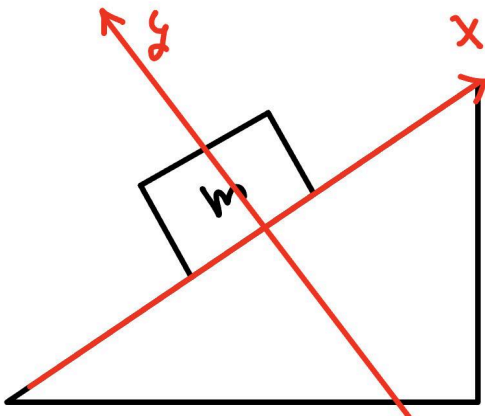
- **כוח החיכוך:** כוח החיכוך מורכב מ-2 כוחות, כוח החיכוך הסטטי וכוח החיכוך הקינטי. כוח החיכוך מתרחש כאשר גוף נוגע בגוף אחר ויש חיכוך בניהם (לפעמים אומרים שהגופים חלקים ואז זה אומר שאין חיכוך או שמציינים שאין חיכוך בין הגופים). חיכוך סטטי מתרחש כאשר יש חיכוך אבל הגוף לא בתנועה. החיכוך הסטטי הוא כוח תגובה, כלומר גודלו הוא בתגובה לכוחות הנוספים שמופעלים על הגוף, כיוונו הוא נגד כיוון תנועת הגוף, כלומר, הוא יתנגד לכך שהגוף יחל לנוע. גודלו יהיה: $f_s < \mu_s N$, כלומר יש לנו מקסימום, ואם נפעיל כוחות חזקים יותר מנגד לחיכוך, הוא לא יוכל "לעמוד בזה" יותר והגוף יחל לנוע - וכך נגיע לחיכוך קינטי, חיכוך שבו יש תנועה. μ_s יהיה מקדם החיכוך הסטטי ו μ_k יהיה מקדם החיכוך הקינטי. גודלו של כוח החיכוך הקינטי יהיה: $f_k = \mu_k N$, וכיוונו תמיד יהיה נגד כיוון התנועה של הגוף.

- **הכוח המתיחות:** מסומן ככוח T הוא כוח שנובע מכך שמסה מחובר לחבל, כלומר הכוח שחבל יפעיל על מסה כלשהי. אם חבל מחובר ל-2 מסות או יותר הכוח שיפעיל עליהן יהיה אותו כוח. בנוסף, מסות שמחוברת בחבל הן בעלות אותה מהירות ואותה תאוצה - הן נעות ביחד!

שימו לב!

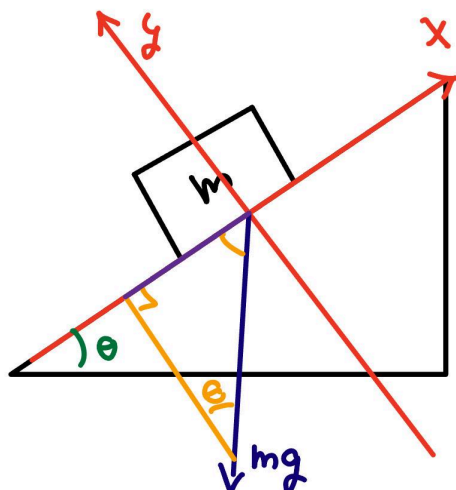
לפני שמתחילים לפתור תרגיל, חשוב מאוד להחליט מה הכיוון החיובי, מה הכיוון השלילי ובאילו צירים נרצה להשתמש. חשוב לפרק את הכוחות לצירים שלנו ולכתוב משוואת כוחות עבור כל ציר.

הצירים הרגילים (כלומר X ו Y) יהיו הרבה פעמים הצירים שנשתמש בהם, אבל במקרים של מסה על מדרון משופע, נשתמש בצירים שונים, הצירים יראו כך:



עוד משהו חשוב!

איך נפרק כוח לצירים? ניקח לדוגמא את כוח הכבידה עבור מסה במדרון משופע בזווית θ . על מנת למצוא את הכוח בכל אחד מהצירים נוריד אנך מהכוח עצמו אל כל אחד מהצירים, נחשב את הזוויות ונמצא את הכוח בעזרת טריגו: לדוגמא:



$$F_{gy} = mg \cos(\theta)$$

$$F_{gx} = mg \sin(\theta)$$

הידרוסטטיקה וכוח ארכימדס

הידרוסטטיקה: ענף בפיזיקה שחוקר את התכונות של נוזלים וגזים בצב מנוחה.

צפיפות של חומר:

צפיפותו של חומר מחושבת בעזרת הנוסחה:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

כאשר m תהיה המסה של הגוף ו V יהיה נפחו.

נשים לב:

ככל שהצפיפות גבוהה יותר נגיד שהחומר "כבד יותר ליחידת נפח", כלומר צפיפותה של נוצה הרבה יותר קטנה מצפיפותו של ברזל.
היינו מעדיפים שכרית עם נוצות תיפול לנו על הראש ולא כרית באותו הנפח שמלאה בברזל.

יחידות של צפיפות יהיו: $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

לחץ:

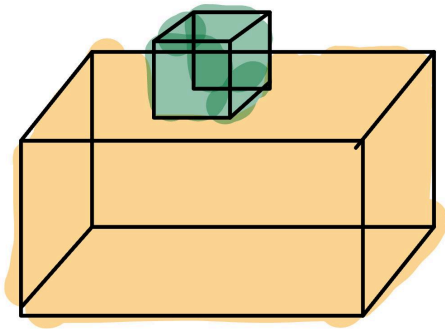
לחץ זה כוח ליחידת שטח, כלומר כוח שמופעל על גוף מסוים ועל שטח מסוים על הגוף.
כלומר, הנוסחה תהיה:

$$P = \frac{F}{S}$$

כאשר F יהיה גודל הכוח שמופעל ו S יהיה השטח.

לדוגמא:

אם נחשוב על תיבה ועליה מסה ריבועית שאורך צלע שלה היא מטר אחד והמסה היא 5 קילוגרמים.



השטח יהיה שטח של ריבוע כלומר:

$$S = a^2$$

נציב ונקבל:

$$S = 1$$

והכוח שהוא יפעיל יהיה שווה לכוח הכבידה כלומר:

$$F = mg$$

ולאחר הצבה נקבל:

$$F = 5 * 10 = 50[N]$$

כלומר, אם נציב בנוסחת הלחץ נקבל:

$$P = \frac{50}{1} = 50$$

הלחץ הוא ביחידות של: $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

או בקיצור $[pa]$

- ליחידות האלו קוראים פסקל.

חוק פסקל:

נוזל או גז יעבירו את הלחץ על כל המקומות במשטח במידה שווה.
- כלומר המסה הריבוועית מהדוגמה, "לוחצת" על כל מקום בתיבה באופן שווה.

הלחץ ההידרוסטטי:

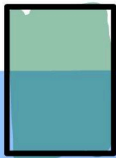
את הלחץ שנוצר על ידי נוזל או גז מסויים נוכל לחשב בעזרת הנוסחה:

$$P = P_0 + \rho gh$$

כשאר P_0 הוא הלחץ האטמוספרי, שזה קבוע מסוים, ρ זה צפיפות הנוזל, g תהיה תאוצת הכובד ו h יהיה גובה עמוד הנוזל.

חוק ארכימדס:

כעת נחשוב על גוף שנמצא במים, אבל לא כולו, אלא חלקו, כלומר יש לנו חלק שנמצא במים וחלק שלא נמצא במים (או כל נוזל או גז אחר), חוק ארכימדס יגיד לנו שפועל כוח, שנקרא לו כוח העילוי והוא שווה למשקל בנוזל ש"נדחק" כתוצאה מטבילת הגוף בנוזל.



ואת הכוח הזה נחשב כך:

$$F = \rho Vg$$

כאשר ρ זאת צפיפות הנוזל, V יהיה הנפח של הגוף שנמצא בתוך הנוזל וכמובן ש g תהיה תאוצת הכובד.

מתקף ותנע

תנע הוא גודל וקטורי שנחשב אותו כך:

$$\overline{P} = m\overline{v}$$

כאשר m היא המסה ו $\overline{v}$ זאת המהירות
מתקף הוא השינוי בתנע, כלומר:

$$\overline{J} = \overline{P}_f - \overline{P}_i$$

במה זה עוזר לנו?

כאשר אין כוחות חיצוניים למערכת, התנע נשמר.
כלומר התנע בהתחלה שווה לתנע בסוף - במערכת כולה.

מתי אנחנו נשתמש בזה:

כאשר יש לנו התנגשות, כל פעם שתהיה לנו התנגשות ישר נדע שמדובר בשאלה של מתקף ותנע.

למשל: 2 גופים שמתנגשים זה בזה, כדור שנורה ופוגע בתוך בול עץ, וכמובן שיש עוד מצבים.

נוכל להשתמש במשוואה:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

כאשר m_1 ו m_2 הן המסות של הגופים, v_1 ו v_2 הן המהירות לפני ההתנגשות ו u_1 ו u_2 הן המהירויות לאחר ההתנגשות.

בנוסף: כאשר יש התפוצצות נוכל לדעת שאנחנו צריכים להשתמש במתקף ותנע, למשל כדור שנורה מאקדח ונירצה לחשב את ההדף.

בואו נחשוב על זה:
יש לנו אקדח ובתוכו כדור, שניהם במנוחה.
מסת האקדח היא: m_1 ומסת הכדור היא: m_2
כלומר התנע במערכת הוא: 0

כעת הכדור נורה במהירות: $v_2 = v$
באיזה מהירות ינוע האקדח לאחור?

נחשב:

התנע לאחר הפיצוץ גם צריך להיות 0, התנע של הכדור הוא $m_2 v_2$ ולכן התנע של אקדח צריך להיות: $-m_2 v_2$ כדי שהם ישלימו ל 0 אז נסמן את מהירות האקדח לאחר הירייה להיות: u_1 ונקבל ש:

$$m_1 u_1 = -m_2 v_2$$

אז נקבל שהמהירות של האקדח תהיה:

$$u_1 = \frac{-m_2 v_2}{m_1}$$

עכשיו, בואו נדבר על סוגי התנגשויות:

התנגשות אלסטית:

בהתנגשות אלסטית האנרגיה הקינטית נשמרת ואז נוכל להשתמש בנוסחא הזאת:
(הנוסחא נלקחה מדף הנוסחאות שלכם)

התנגשות אלסטית חזיתית

$$\vec{v}_1 - \vec{v}_2 = -(\vec{u}_1 - \vec{u}_2)$$

$\vec{v}$ – מהירויות לפני ההתנגשות

$\vec{u}$ – מהירויות אחרי ההתנגשות

התנגשות פלסטית:

בהתנגשות פלסטית אין לנו שימור אנרגיה אבל נקבל משהו מיוחד - הגופים ימשיכו לנוע יחד ובאותה מהירות. בעצם נוכל להשתמש במשוואה:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u$$

כאשר m_1 ו m_2 הן המסות של הגופים, v_1 ו v_2 הן המהירות לפני ההתנגשות ו u היא מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

מהו מתקף:

חץ מזה שמתקף הוא שינוי בתנע, הוא גם מוגדר להיות: $\bar{J} = \bar{F}\Delta t$

כאשר $\bar{F}$ הוא הכוח הפועל על הגוף Δt זה הזמן שהכוח פעל. כלומר, אם נתון לנו כוח שפעל זמן קצר על המערכת, נוכל לחשב מה הוא השינוי בתנע שהוא גרם. למשל:

אם כוח בגודל: $5 [N]$ פעל במשך: $0.1 s$ על גוף כלשהו, נוכל להגיד שהשינוי בתנע של הגוף הזה הוא בדיוק: $0.5 [Ns]$

אם נתונה לנו המסה של הגוף וגם מהירותו לפני הפעלת הכוח, נוכל לחשב את התנע שלו כעת, וכמובן שגם את מהירותו.

שימו לב:

מתקף ותנע הם וקטורים, כלומר אם יש לנו שאלה ביותר ממימד אחד נצטרך לפרק לצירים.

שימו לב נוסף:

בהתנגשות אלסטית, יש כל מיני מקרים נחמדים, לדוגמא אם 2 גופים באותה המסה, כאשר אחד במנוחה ואחד נע במהירות, נקבל שברגע ההתנגשות הגוף שינוע נעצר והגוף שהיה במנוחה ינוע באותה מהירות.

אילוסטרציות נחמדות של זה ניתן למצוא בקישור: [הזה](#)

עבודה ואנרגיה

בשאלות רבות נצטרך להשתמש בשימור אנרגיה או במשפטי עבודה אנרגיה.

כעת נדבר על מה היא אנרגיה של גוף.

אנרגיה של גוף מורכבת מ-2 סוגים שונים של אנרגיות: אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית.

$$E_{tot} = E_k + U$$

אנרגיה קינטית: אנרגיה שקיימת בגלל שהגוף נע, ונחשב אותה כך:

$$E_k = 0.5mv^2$$

כאשר m תהיה המסה של הגוף ו v יהיה מהירותו.

אנרגיה פוטנציאלית: אנרגיה שקיימת אם הגוף נמצא בגובה או מחובר לקפיץ.
(באלקטרוסטטיקה נכיר את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית).

אנרגיה פוטנציאלית כובדית:

$$U_g = mgh$$

כאשר m תהיה המסה, g יהיה קבוע הכבידה ו h גובה הגוף

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית:

$$U_s = 0.5k(x - x_0)^2$$

כאשר k יהיה קבוע הקפיץ ו $x - x_0$ יהיה התמתחות או התכווצות הקפיץ.

מתי נוכל להשתמש בשימור אנרגיה ואיך?

נוכל להשתמש בשימור אנרגיה כאשר כל הכוחות משמרים - מה הכוונה?
כל הכוחות שפועלים במערכת הם כוחות משמרים, הכבידה ואלסטיות הם כוחות משמרים, אבל חיכוך לא.
אם נותנים לנו בשאלה סתם כוח שפועל לא נוכל להגיד שהוא משמר.

מה מיוחד בשימור אנרגיה?

כאשר המערכת משמרת אנרגיה נוכל להגיד שהאנרגיה בכל מקום שווה, כלומר, הגוף יכול להיות במהירות שונה, בגובה שונה או מחובר לקפיץ שהאנרגיה האלסטית שלו שונה, אבל עדין האנרגיה תהיה שווה.

שימו לב!

אפשר לפתור שאלות רבות בעזרת שימור אנרגיה, נוכל לחשב את האנרגיה של גוף במקום מסוים ואת האנרגיה במקום אחר ולהשוות!

מה עושים כאשר אין שימור אנרגיה?

נוכל להשתמש במשפטי עבודה אנרגיה.

נוכל לחשב מה העבודה של הכוח הלא משמר שפעל ולהגיד שזהו השינוי באנרגיה הקינטית. נשתמש בנוסחא:

$$\Delta E_k = W$$

כלומר, השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף, שווה לעבודה שנעשתה עליו.

איך נחשב את העבודה?

עבודה של גוף נעשת לאורך קטע מסוים, כלומר הגוף זז והכוח מסוים פעם עליו. את העבודה לאורך הקטע הזה נוכל לחשב כך:

$$W = |F|Scos(\theta)$$

כאשר, θ תהיה הזווית בין התקדמות הגוף לכיוון הכוח, F יהיה הכוח ו- S המרחק שהכוח פעל בו.

שימו לב!

אם ניקח את כוח החיכוך ונחשב את עבודתו על מסה שנעשה על מישור לא חלק. כיוון החיכוך תמיד הפוך לכיוון תנועה הגוף ולכן גודל הזווית θ יהיה 180° . ידוע לנו ש: $\cos(180^\circ) = -1$ ולכן, חיכוך יצור עבודה שלילית. אם הגוף נע לאותו כיוון עם הכוח, הזווית בניהם תהיה 0° וידוע ש: $\cos(0^\circ) = 1$, הזוויות האלו יהיה הזוויות ברוב המוחלט של התרגילים.

אנרגיית חום, מעברי חום, שינוי מצבי צבירה והספק

קודם כל נכיר 2 מושגים חשובים ביותר!

קיבול חום סגולי:

כמות החום הנדרשת להעלות את הטמפרטורה של 1 קילוגרם של חומר במעלה אחת צלזיוס.

קיבול חום כולל:

כמות החום הנדרשת להעלות את הטמפרטורה של גוף שלם במעלה אחת.

1. מהי אנרגיית חום?

אנרגיית חום היא האנרגיה המועברת בין גופים כתוצאה מהפרש טמפרטורה.

2. אנרגיית חום בשינוי טמפרטורה

כאשר חומר משנה את הטמפרטורה שלו, כמות אנרגיית החום הנדרשת או המשתחררת ניתנת לפי הנוסחה:

$$mc\Delta T = Q$$

כאשר:

- Q : כמות החום (בג'ול).
- m : מסת החומר (בקילוגרם).
- c : קיבול החום הסגולי (בג'ול לק"ג לקלווין).
- ΔT : שינוי הטמפרטורה (בקלווין).

מעברי חום (Heat Transfer):

שלושת המנגנונים של מעבר חום הם:

1. **הולכה (Conduction):** מעבר חום במגע ישיר בין חלקיקים.
2. **הסעה (Convection):** מעבר חום בתנועה של נוזל או גז.
3. **קרינה (Radiation):** מעבר חום באמצעות קרני אנרגיה אלקטרומגנטית.

אנרגיה קינטית ממוצעת

האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקים קשורה לטמפרטורה:

$$E_K = \frac{3}{2} K_B T$$

כאשר:

- E_K : האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיק.
- K_B : קבוע בולצמן.
- T : הטמפרטורה בקלווין.

קשר לטמפרטורה:

טמפרטורה היא מדד ישיר לאנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי החומר.
החום הכמוס: כמות החום הנדרשת לשינוי מצב הצבירה של יחידת מסה של החומר.

הנוסחא עבור החום הכמוס להתכה:

$$Q = m\lambda$$

ולאידוי:

$$Q = mr$$

כאשר:

m : המסה, λ : החום הכמוס של התכה, r : החום הכמוס של אידוי.

הספק:

הספק של כוח מסויים הוא הקצב שהכוח עושה עבודה.

הספק ממוצע:

$$\langle P \rangle = \frac{W}{\Delta t}$$

W : העבודה, Δt פרק הזמן שנמצע עליו.

הספק רגעי:

$$P = \frac{F}{V}$$

כאשר F זה הכוח ו V זאת מהירות הגוף.

אם קצב העבודה קבוע - הנוסחאות שוות!

תנועה הרמונית

תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית.
נניח שיש לנו גוף שמחובר לקפיץ, כאשר אורך המנוחה של הקפיץ הוא 0, אז ידוע לנו שמשוואת הכוחות על הגוף תהיה:

$$F = kx = ma$$

התאוצה היא הנגזרת השנייה בזמן של המיקום בזמן כלומר ניתן לכתוב:

$$kx = mx''$$

וזאת תהיה משוואה דיפרנציאלית שפתרונה יהיה:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

כאשר את A ואת ϕ נמצא בעזרת תנאי התחלה (מיקום התחלתי, מהירות התחלתית).

התדירות הזוויתית:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

וכמובן ש t זה המן שעבר.

בגלל שזמן מחזור הוא זמן שלוקח לסיים מחזור שלם, במקרה שלנו, אם נסתכל על המהירות הזוויתית נקבל שזמן המחזור הוא:

$$T = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{f}$$

f : תדירות התנועה, זה בעצם אחד חלקי זמן המחזור.

בעזרת גזירה בזמן של משאוות התנועה נקבל ש:
(מתוך דף הנוסחאות שלהם)

מיקום מהירות ותאוצה בתנועה הרמונית

$$\begin{aligned}x(t) &= A \cos(\omega t + \varphi_0) \\v(t) &= -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) \\a(t) &= -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)\end{aligned}$$

וכמובן שיש לנו שימור אנרגיה:

שימור אנרגיה בתנועה הרמונית

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Kx^2 = \frac{1}{2}KA^2$$

שממנו נקבל:

$$v(x) = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

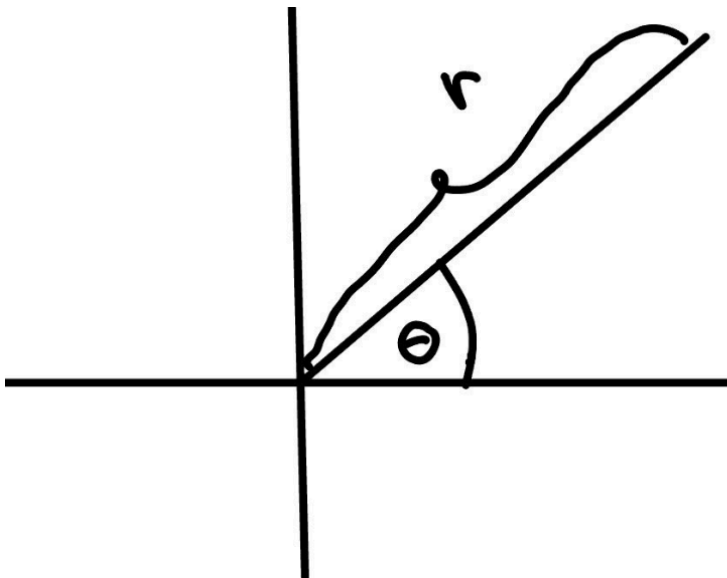
שזה כמובן, מהירות המסה בכל מיקום.
כל אלו, מדף הנוסחאות שלכם.

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה של גוף במסלול מעגלי, שבו הגוף נע במהירות זוויתית קבועה או משתנה.
התנועה המעגלית נחלקת לשני סוגים עיקריים:

דבר ראשון - יש לנו קורדינטות שונות, במקום קורדינטות xy נשתמש בקורדינטות של r, θ , כאשר r יהיה המרחק של המסה מהראשית ו θ תהיה הזווית.

הקורדינטות יראו כך:



$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$
$$\theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$$

ניתן לעשות את ההמרה בין הקורדינטות בקלות בעזרת הנוסחאות:
(שנלקחו מויקיפדיה בערך [הזה](#), יותר ממוזמנים לקרוא על זה עוד)

זמן מחזור T:

זמן המחזור הוא הזמן שלוקח לגוף להשלים סיבוב מלא. הקשר בין זמן המחזור למהירות הוא:

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

כאשר: r זה רדיוס התנועה (לתנועה מעגלית יש רדיוס כמובן), v המהירות הקווית של הגוף.

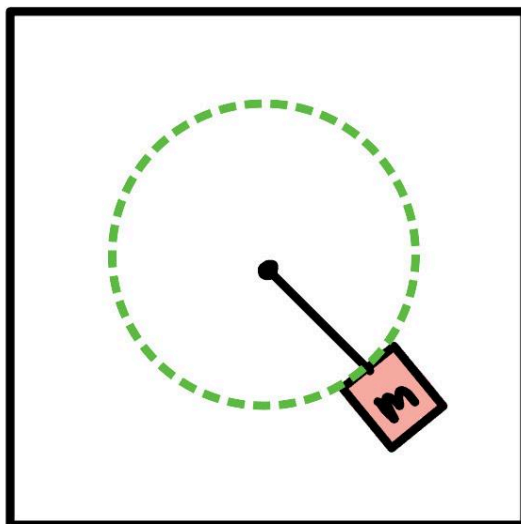
הכוח הצנטריפוגלי:

הכוח הצנטריפוגלי (המכונה גם כוח מדומה) הוא כוח שמרגישים במערכת ייחוס מסתובבת, אך אינו כוח אמיתי. הוא למעשה תחושת הדחיפה כלפי חוץ במסלול המעגלי.

1. תנועה מעגלית אופקית

בתנועה מעגלית אופקית, הגוף נע במישור אופקי (לדוגמה, כדור קשור לחוט שמסתובב אופקית).

זה יראה כך:



הכוחות הפועלים בתנועה האופקית:

1. הכוח הצנטריפטלי:

נקבל:

$$F = ma_r = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

כאשר:

- m מסת הגוף
- a_r התאוצה הרדיאלית (כלומר בכיוון של r)
- r זה רדיוס הסיבוב
- v תהיה המהירות הקווית של הגוף
- ω המהירות הזווית של הגוף, כלומר כמה מהר הזווית משתנה.

יכולים להיות כוחות נוספים, למשל אם הגוף מחובר בחוט אז יש מתיחות או אולי יש חיכוך בין הגוף לשולחן שהוא נמצא עליו.

מתי תנועה כזאת מתקיימת: כאשר התנועה המעגלית היא בכיוון האופקי, למשל, מסה שמסתובבת על שולחן, נניח שהיא מחוברת לחוט שיוצא ממרכז השולחן, אז הרדיוס של התנועה המעגלית יהיה אורך החוט!

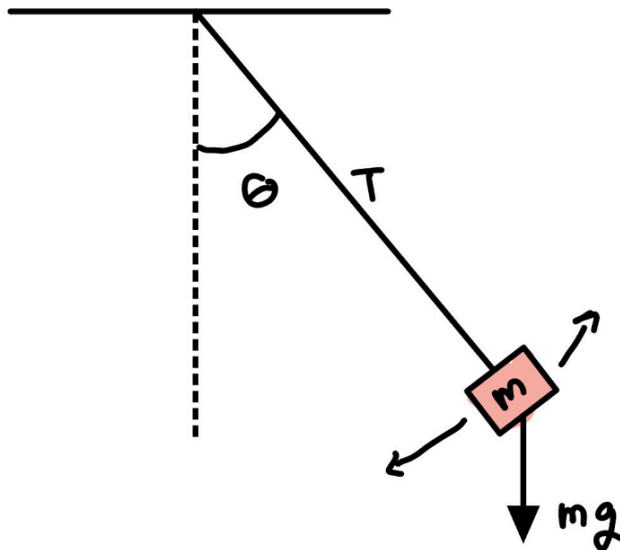
שימו לב:

חדי העין יראו ש: $\omega = \nu$, ואם לא שמתם לב, זה בסדר גמור, כי אתם יודעים
(עכשיו:)

2. תנועה מעגלית אנכית

בתנועה מעגלית אנכית, הגוף נע במסלול מעגלי במישור אנכי (לדוגמה, מטוטלת
או חפץ הקשור לחוט שמסתובב במעגל אנכי).

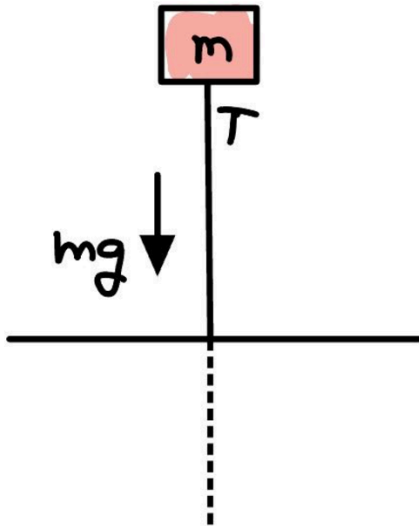
סרטוט נחמד לדוגמא:



הכוחות הפועלים בתנועה האנכית:

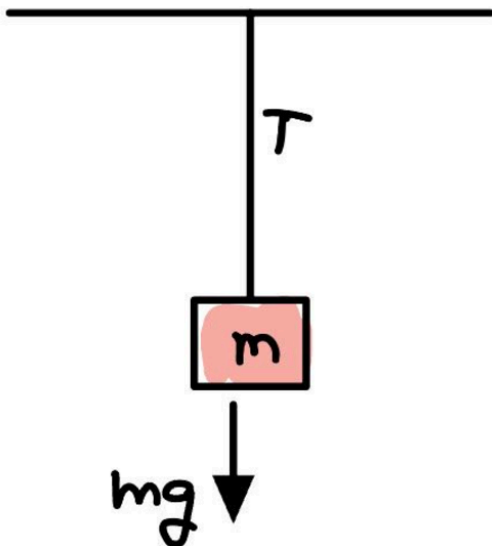
בתנועה זו יש לקחת בחשבון את הכבידה הפועלת על הגוף, בנוסף לכוח הצנטריפטלי.

- בנקודה העליונה של המסלול:



$$F = mg + T$$

- בנקודה התחתונה של המסלול:



$$F = -mg + T$$

כאשר T זה המתיחות של החוט ו mg הוא כוח הכבידה.

שימו לב (חשוב!)

הכיוון (מה שמחליט את הסימן של הכוח - חיובי או שלילי) יהיה חיובי בכיוון מרכז המעגל, כלומר כוח שמושך את המסה למרכז המעגל יהיה חיובי וכוח שדוחף אותה החוצה יהיה שלילי.

מהירות מינימלית בנקודה העליונה:

כדי שהגוף ישלים סיבוב מלא, עליו לשמור על מהירות מינימלית בנקודה העליונה:

$$v_{min} = \sqrt{gr}$$

מהו גל?

גל הוא הפרעה מחזורית שמתפשטת במרחב ומעבירה אנרגיה ממקום למקום בלי להעביר חומר.

סוגי גלים:

- **גלי רוחב:** התנודות מאונכות לכיוון התקדמות הגל (למשל, גלים במים או אור).
- **גלי אורך:** התנודות מקבילות לכיוון התקדמות הגל (למשל, גלי קול).

מאפייני גלים:

- **אמפליטודה (A):** גובה הגל, מדד לעוצמת הגל.
- **אורך גל (λ):** המרחק בין שתי נקודות חוזרות בגל.
- **תדירות (f):** מספר המחזורים בשנייה.
- **מהירות גל (v):** תלויה במדיום שבו הגל נע

את מהירות הגל נוכל לקבל בעזרת המשוואה:

$$\lambda f = v$$

2. התאבכות (Interference)

כאשר שני גלים נפגשים, הם יכולים ליצור תבנית חדשה כתוצאה מהשפעתם ההדדית.

סוגי התאבכות:

1. התאבכות בונה:

כששני גלים נפגשים במופע זהה (פסגה על פסגה), הם מתחזקים, כלומר נקבל:

$$A_{tot} = A_1 + A_2$$

2. התאבכות הורסת:

כששני גלים נפגשים במופעים מנוגדים (פסגה מול שפל), הם מחלישים זה את זה, כלומר נקבל:

$$A_{tot} = |A_1 - A_2|$$

3. אפקט דופלר (Doppler Effect)

אפקט דופלר מתאר את השינוי בתדירות ובאורך הגל כפי שהוא נתפס על ידי צופה, כאשר המקור או הצופה נעים.

תופעות עיקריות:

1. כשמקור מתקרב לצופה:

- התדירות עולה, והגלים נתפסים כ"קצרים" יותר.
- דוגמה: סירנה של אמבולנס נשמעת גבוהה יותר כשהיא מתקרבת.

2. כשמקור מתרחק מצופה:

- התדירות יורדת, והגלים נתפסים כ"ארוכים" יותר.
- דוגמה: סירנה נשמעת נמוכה יותר כשהאמבולנס מתרחק.

הנוסחא לאפקט דופלר תהיה:

$$f' = \frac{v_0 + v}{v - v_s} f$$

כאשר:

f' : התדירות שנרגיש

f : התדירות האמתית

v : מהירות הגל

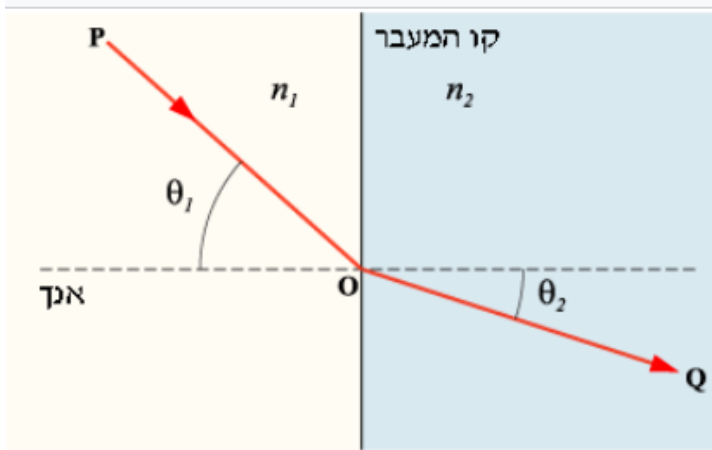
v_0 : מהירות הצופה (תהיה חיובית אם הוא מתקרב, ושלילית אם הוא מתרחק)

v_s : מהירות המקור (תהיה חיובית אם הוא מתרחק ושלילית אם הוא מתקרב)

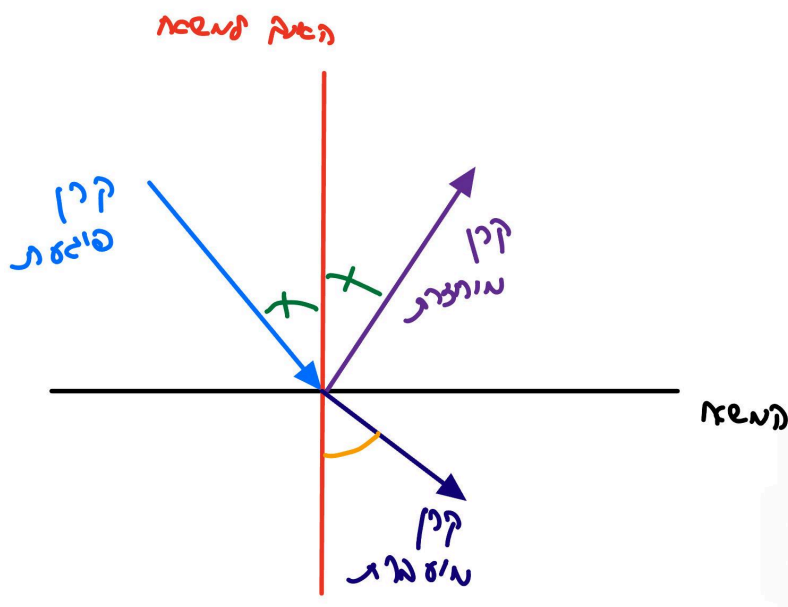
אופטיקה - חוק סנל, זווית קריטית והחזרה מלאה.

כאשר קרן אור פוגעת במשטח כלשהו היא "נשברת" ל-2 קרנים שונות. הקרן הראשונה תחזור והקרן השנייה תעבור למשטח.

קרן האור פוגעת בזווית כלשהי במשטח, את הזווית נחשב ביחס לאנך למשטח, כלומר:



זווית הפגיעה במשטח **תמיד** תהיה שווה לזווית ההחזרה ממנו, כלומר:



מקדם השבירה:

לכל חומר (שנקרא גם תווך) יש מקדם שבירה. מקדם השבירה הוא איזשהו קבוע שתלוי בחומר ומתאר כמה "קל" לאור לעבור דרכו. לדוגמא מקדם השבירה של האוויר הוא 1, של המים הוא 1.33 ושל זכוכית הוא 1.5. אין צורך לזכור את מקדמי השבירה, במבחן תצטרכו או למצוא אותם בעזרת הנתונים או שיתנו לכם אותם.

חוק סנל:

חוק סנל הוא חוק שמתאר את היחס בין זווית הפגיעה, השבירה ומקדמי השבירה במעבר קרן מתווך לתווך:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

כאשר:

n_1 : מקדם השבירה של התווך שממנו מגיעה הקרן

n_2 : מקדם השבירה של התווך שאליו מגיעה הקרן

θ_1 : זווית הפגיעה של הקרן בתווך

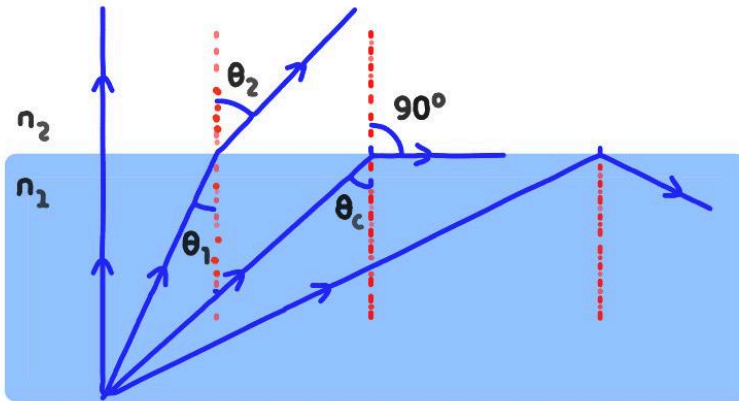
θ_2 : זווית השבירה של הקרן בתווך

זווית קריטית - החזרה גמורה:

כאשר קרן עוברת בין חומר עם מקדם שבירה גבוה לחומר עם מקדם שבירה נמוך, עשוי להיווצר מצב שבו סינוס זווית היציאה גדול מ-1. במקרה כזה לא תתרחש שבירה, אלא קרן האור תוחזר במלואה התופעה הזאת נקראת "החזרה גמורה". הזווית הקריטית היא הזווית שהחל ממנה, לכל הזוויות הגדולות ממנה נקבל החזרה גמורה. הנוסחא למציאת זווית זו תהיה:

$$\sin(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$$

מה קורה לפני הזווית הקריטית, בזווית הקריטית ואחריה?



לפני הזווית הקריטית - יש שבירה רגילה, נמצא את זווית השבירה בעזרת חוק סנל.

בזווית הקריטית - הקרן לא באמת יוצאת החומר, זווית השבירה תהיה 90°
לאחר הזווית הקריטית - החזרה גמור, כל הקרן תוחזר לתווך הראשון ולא תעבור לתווך השני כלל.

הערה חשובה!

קרן אור שנכנסת לתווך בזווית 90° , תמשיך כרגיל בתוך התווך ולא תישבר כלל.

אופטיקת עדשות ומראות

1. מהי עדשה?

עדשה היא גוף שקוף בעל משטחים מעוקלים (לפחות אחד), שמטרתה לשבור את קרני האור ולהפוך אותן לתמונה.

סוגי עדשות:

1. עדשה מרכזת (קמורה):

- עבה יותר במרכז מאשר בקצוות.
- מרכזת את קרני האור הנכנסות למוקד.
- יכולה ליצור דמויות אמיתיות או מדומות.

2. עדשה מפזרת (קעורה):

- דקה יותר במרכז ועבה בקצוות.
- מפזרת את קרני האור כאילו יצאו ממוקד מדומה.
- יוצרת תמיד דמות מדומה, ישרה וקטנה יותר מהעצם.

מוקד ורדיוס:

1. מוקד (f):

הנקודה שבה קרני האור המתמקדות נפגשות אחרי שבירה (עדשה) או החזרה (מראה).

- מוקד אמיתי: נמצא בצד שאליו הקרניים מתכנסות.
- מוקד מדומה: נמצא בצד הנגדי (במראות קמורות או עדשות קעורות).

2. רדיוס (R):

המרחק ממרכז העקמומיות של העדשה או המראה.

נוסחת לוטשי העדשות הדקות:

נוסחת העדשות

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

כאשר:

f : מרחק המוקד

s : מרחק הגוף

p : מרחק הדמות

הגדלה:

$$m = -\frac{p}{s} \quad \text{הגדלה קווית}$$

כאשר:

s : מרחק הגוף

p : מרחק הדמות

עוצמת העדשה (P):

עוצמת העדשה מחושבת בעזרת הנוסחה:

$$D = \frac{1}{f} \quad \text{עוצמת העדשה}$$

כאשר:

f : מרחק המוקד

- עדשה מרכזת: עוצמה חיובית.
- עדשה מפזרת: עוצמה שלילית.

שיטת שלושת הקרניים

שיטת שלושת הקרניים היא דרך גרפית לבנות דמות שנוצרת בעדשה או במראה.
השיטה מתבססת על שלושה קרניים מיוחדות שהשבירה (או ההחזרה) שלהן מוגדרת היטב:

עדשות (לדוגמה: עדשה קמורה):

1. קרן מקבילה לציר הראשי:

- קרן זו נכנסת לעדשה במקביל לציר הראשי.
- לאחר השבירה, היא עוברת דרך המוקד האמיתי של העדשה.

2. קרן שעוברת דרך המוקד:

- קרן שנכנסת לעדשה כך שהיא עוברת דרך המוקד בצד אחד.
- לאחר השבירה, היא יוצאת מקבילה לציר הראשי בצד השני.

3. קרן שעוברת דרך מרכז העדשה:

- קרן זו עוברת דרך מרכז העדשה.
- היא אינה נשברת אלא ממשיכה בקו ישר.

שימו לב!

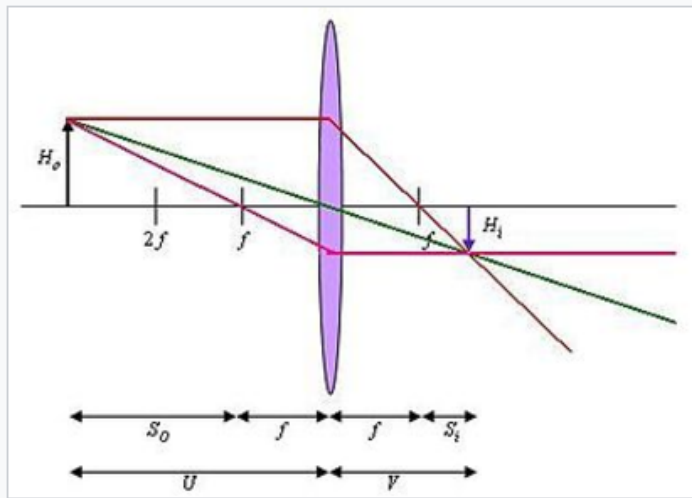
תמיד נסרטט את 3 הקרניים, קרן המקבילה לציר הראשי, קרן שעוברת דרך המוקד וקרן שעוברת דרך מרכז העדשה.

מטרת השיטה:

כאשר מציירים את שלושת הקרניים, הנקודה שבה הן נפגשות (או נראות כאילו הן נפגשות) היא המקום שבו נוצרת הדמות:

- אם הקרניים מתכנסות, נוצרת **דמות אמיתית** (שניתן להקרין).
- אם הקרניים מתפזרות, הדמות תהיה **מדומה** (נראית כאילו היא קיימת אך אינה ניתנת להקרנה).

נסתכל כעת על עדשה מרכזת ועדשה מפזרת, הסרטוטים הגיעו מ**כאן**



עדשה מרכזת:

שימו לב:

השתמשו כאן בשיטת 3 הקרניים.

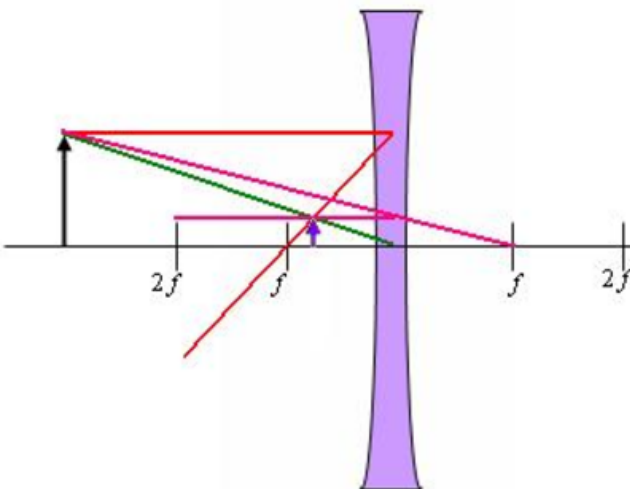
ניתן לראות את מיקום הופעת הדמות.

נוכל להשתמש בנוסחאות

שהראנו למעלה כדי למצוא

פרמטרים נוספים ואת הקשר

ביניהם.



עדשה מפזרת:

שימו לב להתנהגות קרן האור כאשר

היא פוגעת בעדשה מפזרת.

בעדשה מפזרת ומרכזת נבדיל בין 5 מקרים:

- כאשר הגוף נמצא במרחק של יותר מ $2f$
- כאשר הגוף נמצא במרחק $2f$
- כאשר הגוף נמצא בין f ל $2f$
- כאשר הגוף נמצא במרחק f
- כאשר הגוף נמצא במרחק שקטן מ f

הסבר מעולה עם כל התכונות תוכלו למצוא [כאן](#)
חשוב לזכור את ההתנהגות של קרן האור במקרים האלו.

כעת נעבור למראות,
יש לנו מראה מישורית ומראה קמורה ומראה קעורה.

מהי מראה?

מראה היא משטח מחזיר אור שיכול להיות מעוקל או שטוח.

1. מראה מישורית

- **מבנה:** משטח ישר שמחזיר אור בצורה אחידה.
- **מאפייני הדמות:**
 - הדמות תמיד מדומה (נראית מאחורי המראה).
 - הדמות ישרה ושוות גודל לעצם.
 - מרחק הדמות מהמראה שווה למרחק העצם מהמראה.

2. מראה קעורה

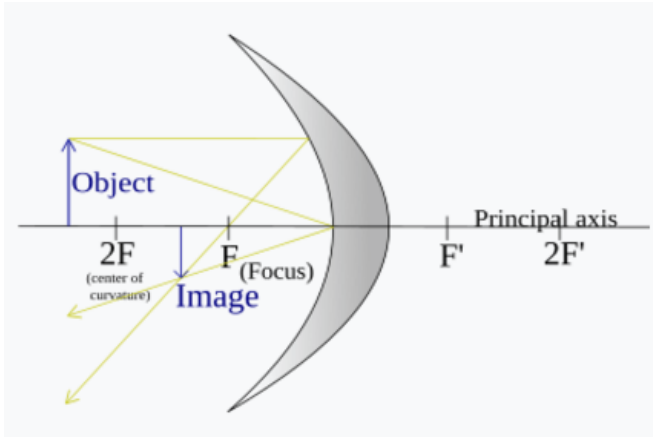
את הסרטוטים לקחנו מ [כאן](#)

- **מבנה:** משטח מחזיר אור עם עקמומיות כלפי פנים (כמו חלקו הפנימי של כדור).
- **מאפייני הדמות:**
 - תלוי במיקום העצם ביחס למוקד (F) ולמרכז העקמומיות (C):

$$c = 2f$$

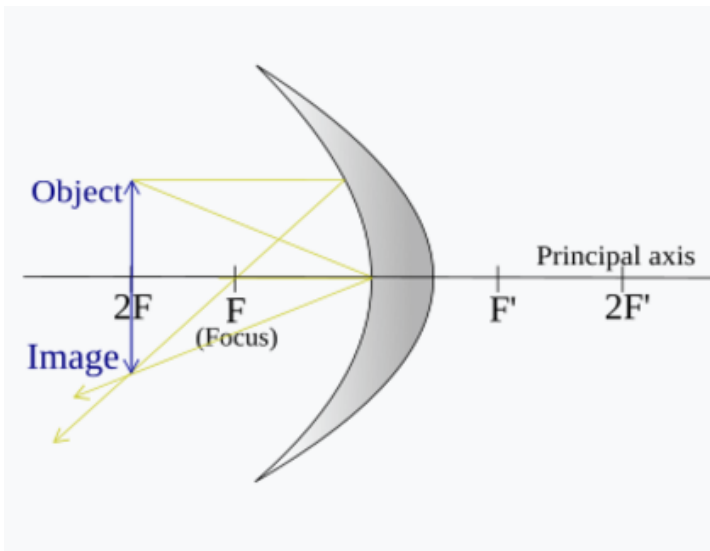
1. עצם רחוק מ-C:

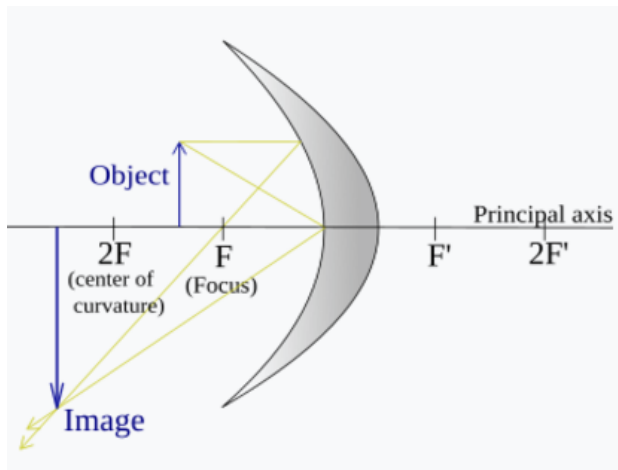
- דמות אמיתית, הפוכה, קטנה יותר מהעצם.



2. עצם ב-C:

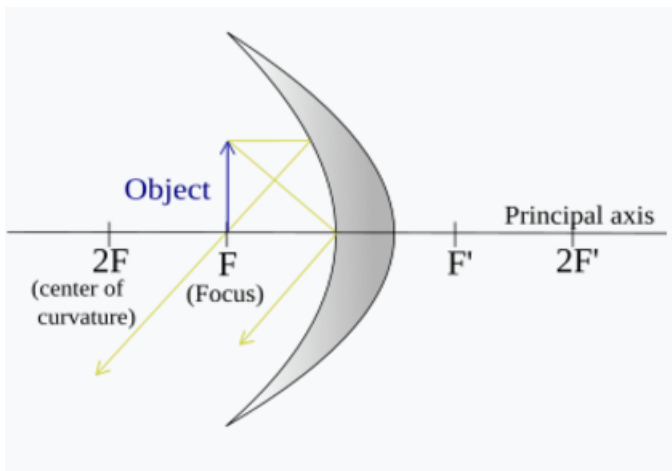
- דמות אמיתית, הפוכה ושוות גודל לעצם.





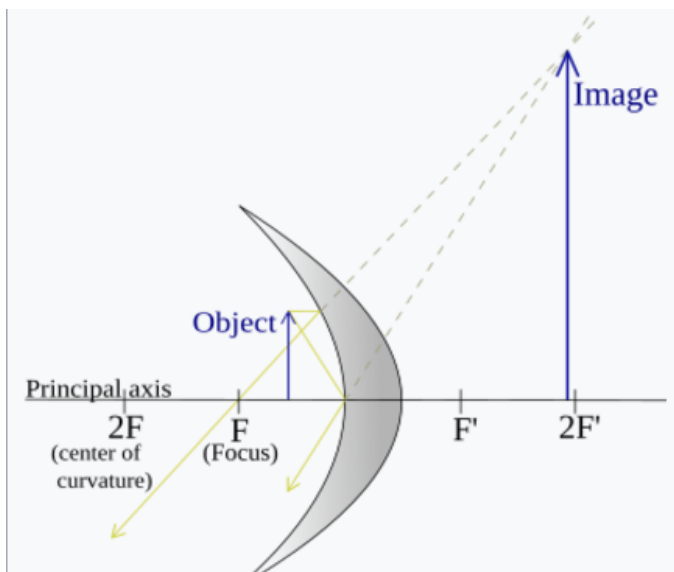
3. עצם בין C ל-F:

- דמות אמיתית, הפוכה וגדולה יותר מהעצם.



4. עצם ב-F:

- אין דמות (קרניים מקבילות).



5. עצם בין F למראה:

- דמות מדומה, ישרה וגדולה יותר מהעצם.

3. מראה קמורה

- **מבנה:** משטח מחזיר אור עם עקמומיות כלפי חוץ (כמו חלקו החיצוני של כדור).
- **מאפייני הדמות:**
 - הדמות תמיד מדומה, ישרה וקטנה יותר מהעצם.
 - הקרניים מתפזרות ונראות כאילו הן יוצאות מנקודה מאחורי המראה.

עבור כל המקרים, התרשים יראה כך:

