

## הוראות לדף הנוסחאות



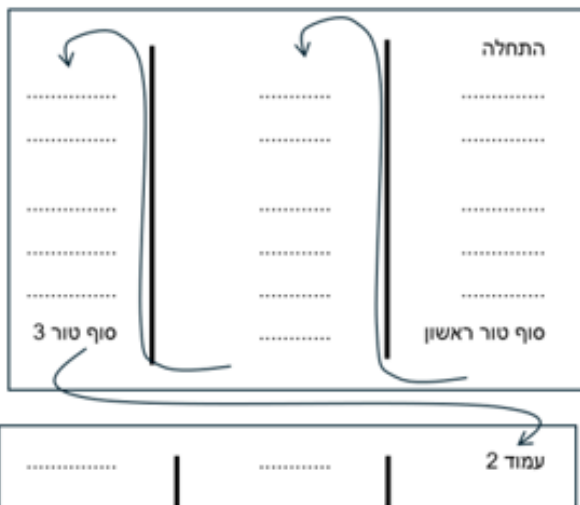
### הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השולים, לבחור שולים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

### עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות. בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר. אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!



### מבנה הדף:

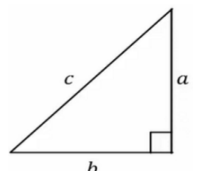
הדף בנוי משלושה טורים. ההתחלה היא בפניה הימנית העליונה. בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא. ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

**פונקציות טריגונומטריות**

**GOOL**



ניצב שמול יתר  
ניצב ליד יתר  
ניצב שמול ליד ניצב  
 $\sin \alpha = \frac{a}{c}$   
 $\cos \alpha = \frac{b}{c}$   
 $\tan \alpha = \frac{a}{b}$   
 $\frac{1}{\tan \alpha} = \frac{b}{a} = \cot \alpha$   
 $a^2 + b^2 = c^2$

$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$90^\circ - \alpha$
$\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$	$\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$	
$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$	$90^\circ + \alpha$
$\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha$	$\cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$	
$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$	$180^\circ$
$\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(180^\circ - \alpha) = -\cot \alpha$	$-\alpha$
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$	$\cos(-\alpha) = \cos \alpha$	$-\alpha$
$\tan(-\alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(-\alpha) = -\cot \alpha$	
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$		$2\alpha$
$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$		
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$		$\alpha \pm \beta$
$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$		

**GOOL**

**משוואת הקו הישר**

משוואת הקו הישר:  $y = mx + n$   
מכפלת השיפועים של שני ישרים מאונכים היא -1.  
מרחק בין שתי נקודות:  $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$   
מרחק נקודה מישר:  $d = \frac{|mx_0 - y_0 + n|}{\sqrt{m^2 + 1}}$

**GOOL**

**הפרבולה**

משוואת הפרבולה:  $y = ax^2 + bx + c$   
חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.  
קודקוד הפרבולה:  $x_{קודקוד} = -\frac{b}{2a}$   
נוסחת השורשים:  $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

**GOOL**

**מבוא פיזיקלי**

חוקי חזקות:  $(ab)^c = a^c b^c$ ;  $a^b a^c = a^{b+c}$   
 $(a^b)^c = a^{bc}$ ;  $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$   
מעברים בין יחידות:  
קילו (k) זה 1000:  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ ;  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$   
מילי (m) זה  $\frac{1}{1000}$  לדוגמה: מילימטר  $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$   
ומיליגרם  $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ gr}$   
ליטר:  $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$   
קוב:  $1 \text{ קוב} = 1000 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$   
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה:  $1 \text{ lightyear} = 9.4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

**GOOL**

**צפיפות**

צפיפות נפחית:  $\rho = \frac{M}{V}$ ; צפיפות משטחית:  $\sigma = \frac{M}{S}$   
צפיפות אורכית:  $\lambda = \frac{M}{l}$

**GOOL**

**תנועה בקו ישר**

העתק- השינוי במיקום הגוף:  $\Delta x = x_2 - x_1$   
דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S  
מהירות ממוצעת או קבועה:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$   
המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה:  $x(t) = x_0 + v(t - t_0)$   
גרפים: גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות.  
גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.  
השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.  
השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך  
תאוצה קבועה או ממוצעת:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$   
מהירות כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:  $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$   
כאשר  $v_0$  היא המהירות בזמן  $t_0$  (בדרך"כ רגע תחילת התנועה)  
מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:  $x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a(t - t_0)^2$

כאשר  $x_0$  ו  $v_0$  הן המיקום והמהירות בזמן  $t_0$  (בדרך"כ רגע תחילת התנועה)  
נוסחה נוספת המקשרת בין המהירות למיקום (ללא תלות בזמן) בתאוצה קבועה:  
 $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$   
גרפים:  
התאוצה היא השיפוע בגרף של המהירות כתלות בזמן.  
השטח מתחת לגרף של התאוצה כתלות בזמן שווה לשינוי המהירות.  
הגרף של המיקום כתלות בזמן בתאוצה קבועה הוא פרבולה. תאוצה חיובית פרבולה מחייכת, תאוצה שלילית פרבולה עוצבה.

**GOOL**

**וקטורים**

פירוק לרכיבים:  
 $A_y = |\vec{A}| \sin \theta$   
 $A_x = |\vec{A}| \cos \theta$   
למצא גודל וזווית:  
 $|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$ ;  $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$

חיבור וקטורים:  
- בצורה גרפית נצמיד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.  
- תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.  
- בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:  
 $\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x, A_y + B_y)$   
- בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.  
כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר:  
 $\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$   
משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך)  
מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:  
 $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$   
- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)  
- מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.  
נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:  
 $\cos \alpha = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$

**GOOL**

**נפילה חופשית וזריקה אנכית**

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר Y, ולכן משוואות התנועה הן:  
 $y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a(t - t_0)^2$   
 $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$   
 $v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$   
- הנפילה חופשית הגוף מתחיל ממנוחה ולכן  $v_0 = 0$   
בדרך"כ נבחר לפתור באופן הבא:  
1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז  $a = g$  (במשוואות הני"ל).  
2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז  $y_0 = 0$   
- זריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו נפילה חופשית) ומשוואות התנועה זהות.  
- עדיף לבחור את הכיוון החיובי כלפי מעלה ואז  $a = -g$ , המהירות ההתחלתית תהיה חיובית אם היא כלפי מעלה ושלילית אם היא כלפי מטה.  
- מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.  
- שיא גובה כאשר  $v(t) = 0$  הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש:  
 $y_{גובה} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$ ;  $t_{גובה} = \frac{v_0}{g}$

**GOOL**

**תנועה במישור - בליסטי**

וקטור המיקום:  $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} = (x, y)$   
העתק:  $\Delta \vec{r} = \Delta x\hat{x} + \Delta y\hat{y} = (\Delta x, \Delta y)$   
מהירות ממוצעת או קבועה:  $\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$   
זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית  $v_0$  בזווית  $\theta$  (באופקית הזווית אפס).  
- נפריד לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:  
 $x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t$ ;  $v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$   
 $y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t + \frac{1}{2} a_y t^2$   
 $v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$   
- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה אז  $a_y = -g$   
- תיתכן תאוצה גם בציר X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.  
- שיא גובה ( $v_y(t) = 0$ ):  $t_{גובה} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$y_{גובה} = y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$   
- טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע):  
 $R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$   
- טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות  
- משוואת המסלול: משוואה של  $y(x)$ . על מנת למצוא משוואת מסלול מבודדים את  $t$  מהביטוי של  $x(t)$  ומציבים ב-  $y(t)$ .

**GOOL**

**תנועה יחסית**

נוסחה למיקום היחסי:  
 $x_{1,2} = x_1 - x_2$   
הם המיקומים של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע.  
 $x_{1,2}$  הוא המיקום של גוף 1 ביחס לגוף 2 (כלומר המיקום של גוף 1 ביחס לראשית צירים הנמצאת על גוף 2)  
כני"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:  
 $v_{1,2} = v_1 - v_2$ ;  $a_{1,2} = a_1 - a_2$

**GOOL**

**דינמיקה - חוק I ו- II של ניוטון**

החוק הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.  
החוק השלישי של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) השווה בגודלו והפוך בכיוונו.  
- שימו לב!! הכוחות פועלים על שני גופים שונים ולכן לא יהיו באותו תרשים כוחות.  
חיכוך סטטי:  
- פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע).  
- כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.  
- גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים.  
- ערך מקסימאלי:  $f_{s,max} = \mu_s N$  או  $f_s \leq \mu_s N$   
חיכוך קינטי:  
- פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).  
- גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים)  
 $f_k = \mu_k N$   
- בניגוד לסטטי ושווה ל:  
המישור המשופע:  
בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.  
הרכיב של  $mg$  במקביל למישור יהיה  $mg \sin(\theta)$  ובמאונך למישור  $mg \cos(\theta)$ .  
שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

**GOOL**

**דינמיקה - חוק II של ניוטון**

חוק II של ניוטון:  $\vec{F} = m\vec{a}$   
- בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר  
נבפרד. כלומר:  $\Sigma F_y = ma_y$ ,  $\Sigma F_x = ma_x$   
- בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אחי"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.  
קפיצים:  
חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:  $F = -k\Delta x$   
- התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב  $\Delta l$ )  
- k הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

**GOOL**

**כבידה והכוח הריבועי ההפוך**

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה:  
 $F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$   
כאשר  $m_1$  ו-  $m_2$  הן שתי המסות ביניהם פועל הכוח.  $r$  הוא המרחק בין מרכזי הכובד של הגופים. מפה השם הכוח הריבועי ההפוך.  
- G הוא הקבוע הנקרא קבוע הכבידה העולמי (או קבוע הגריבטיטיה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא:  $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2 \text{kg}}$  ;  $G = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^3}{\text{s}^2 \text{gr}}$   
עבודה ואנרגיה  
העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:  
 $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F \Delta x \cos \alpha$   
כאשר  $\alpha$  היא הזווית בין הכוח להעתק  
- כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה. אם הגוף לא נע העבודה אפס (לכן חיכוך סטטי אינו מבצע עבודה).  
אנרגיה קינטית:  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$   
העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי באנרגיה קינטית:  $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$

**GOOL**

**כבידה והכוח הריבועי ההפוך**

כבידה והכוח הריבועי ההפוך:  
 $\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$   
 $k_{eff} = k_1 + k_2$

**האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:**  $U_g = mgh$   
 h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.  
**הפוטנציאלית הכובדית:**  $W_g = -\Delta U_g$   
 האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):  
 $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$   
 הוא קבוע הקפיץ  
 $\Delta x$  היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב  $\Delta l$ )  
 האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

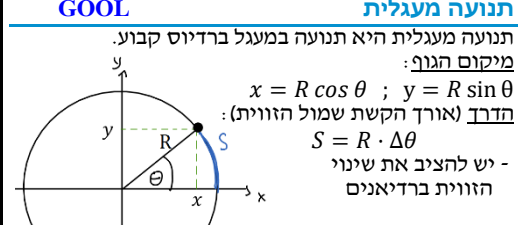
$E = E_K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$   
 בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.  
**משפט עבודה אנרגיה:**  $W_{NC} = \Delta E$  או  $E_f + W_{NC} = E_f - E_i$   
 $E_f - E_i$  היא האנרגיה הכללית בהתחלה ובסוף.  
 $W_{NC}$  היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.  
 נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת:



$h = l(1 - \cos \theta)$   
 הגובה מהתחתית h - אורך החוט l - זווית ביחס לאנך מהתקרה.  $\theta$  - חוס (Q) היא האנרגיה הנצרת מחיכוך קינטי - כמות החוס שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימני, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)  
 $Q = -W_{f_k}$   
 ניתן לחשב את החוס שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

**הספק (P):** העבודה שנעשית ביחידת זמן.  
**ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:**  $P = \frac{w}{\Delta t}$   
 היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לאגול חלקי שנייה.  
**יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):**  $1Hp = 746Watt$

**נוסחה נוספת להספק:**  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$   
 בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.  
 הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)



**המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.**  
**מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:**  
 (ביחידות של רדיאן לשנייה)  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$   
 f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור.  
 הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבועות):  $|\vec{v}| = \omega R$   
**תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל):**  $a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$   
**סכום הכוחות למרכז המעגל:**  
 $\Sigma F_r = m \left( \frac{v^2}{R} \right) = m(\omega^2 R)$

בתרגילים, נבחר מערכת צירים כך שכיוון ציר ה X למרכז המעגל וציר ה Y מאונך לו. בציר X נשתמש בנוסחה של סכום הכוחות למרכז המעגל ולבציר Y סכום הכוחות שווה לאפס (בתנועה שבה גודל המהירות קבוע).  
 אם גודל המהירות אינו קבוע (תנועה לא קבועה) אז ישנה גם תאוצה משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).  
**עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת:**  $a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$   
**סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה:**  $\Sigma F_\theta = ma_\theta$   
**תאוצה זוויתית:** קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.  
**עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:**  $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$   
 (ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).  
**הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור תאוצה משתנה):**  $a_\theta = \alpha R$   
**מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:**  $\omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$

**זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:**  
 $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2}\alpha(t - t_0)^2$   
**מתקף ותנע**  
**המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף:**  $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$   
**התנגשות אלסטית:** התנגשות שבה האנרגיה הקינטית נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה:  
 $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$   
**התנגשות אלסטית במימד אחד** (מצחית) בלבד, ניתן להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה:  
 $v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)$   
**התנגשות פלסטית:** הגופים נעים יחד אחרי ההתנגשות. משוואת שימור התנע הופכת ל-  
 $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$   
 $\vec{u}$  היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות  
**רצוע:** הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות. משוואת שימור התנע הופכת ל-  
 $(m_1 + m_2)\vec{v} = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$   
**התנגשות פלסטית ורצועה** הן אף פעם לא התנגשויות אלסטיות! כלומר לא יכול להתקיים שימור אנרגיה בהתנגשויות האלו.  
 שימו לב שקיימות התנגשויות שהן לא אלסטיות ולא פלסטיות (סתם התנגשויות) בהן יש רק את משוואת שימור התנע הרגילה.  
 הערה: בספרים מסוימים השם התנגשות אלסטית מתייחס להתנגשות רגילה שהיא לא פלסטית ואין בה שימור אנרגיה. להתנגשות שיש בה גם שימור אנרגיה קוראים התנגשות אלסטית לחלוטין.  
**התנגשות אלסטית מצחית** (במימד אחד) בין מסות שוות

**שאלת הגופים במנוחה:** במקרה זה כל האנרגיה עוברת מהגוף הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.  
**תנועה מחזורית**  
**תנועה מחזורית:** היא תנועה המורכבת מקטע תנועה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע. הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T קבוע, עבורו מתקיים  $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$  לכל  $\vec{x}(t)$  כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית. בתנועה הרמונית יש תנאים נוספים שהכוח ביחס ישר למיקום.  
**תנועה הרמונית**  
**המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:**  
 $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$   
 הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.  
 נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי).  
 A - אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משיווי משקל.  $\omega$  - תדירות זוויתית.  $\phi$  - פאזה.  
**המהירות בתנועה הרמונית:**  $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$   
**התאוצה בתנועה הרמונית:**  $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$   
**קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות וזמן המחזור:**  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$   
**עבור מסה המחוברת לקפיץ:**  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$   
 כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו-m היא מסת הגוף.  
**הפאזה:**  $\phi = \omega \cdot t_0$   
 כאשר  $t_0$  הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש  $t = 0$  (מתחילים למדוד את התנועה) בדרי"כ נמצא את A ו- $\phi$  מתנאי התחלה:  
**מהירות ותאוצה מקסימליות:**  $v_{max} = \pm \omega A$ ;  $a_{max} = \pm \omega^2 A$   
**תוספת של כוח קבוע למערכת:** משנה רק את נקודת שיווי המשקל (ולא את התדירות). במקרה כזה נקודת שיווי המשקל לא תהיה הנקודה שבה הקפיץ רפוי וצריך להבחין ביניהם. מקרה נפוץ הוא של **קפיץ אנכי**. בקפיץ אנכי כוח הכובד הוא כוח קבוע, הוא לא משפיע על התנועה למעט שינוי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד גורם למתיחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח הקפיץ שווה לכוח הכובד (נקי' ש. מ. חדשה) משם התנועה תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את  $x=0$  בנקודת ש.מ. ולהתעלם מהכובד.  
**האנרגיה בתנועה הרמונית:**  
 $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$

**מרכז מסה**  
**מיקום מרכז המסה:**  $\vec{r}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2}{m_1 + m_2}$   
 ניתן לרשום אותה לכל רכיב בנפרד, לדוגמה לרכיב x:  
 $x_{c.m.} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$

**מהירות מרכז המסה:**  $\vec{v}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2}$   
**תאוצת מרכז המסה:**  $\vec{a}_{c.m.} = \frac{m_1\vec{a}_1 + m_2\vec{a}_2}{m_1 + m_2}$   
 עבור יותר משני גופים הנוסחאות ממשיות בהתחלה. **מספר גופים קשיחים (לא נקודתיים):** עושים מרכז מסה בין מרכזי המסה.  
**תאוצת מרכז המסה תלויה רק בכוחות החיצוניים:**  
 $\Sigma F_{ext} = ma_{c.m.}$   
 אם אין כוחות חיצוניים (ומרכז המסה במנוחה בהתחלה) אז מיקום מרכז המסה נשמר. ניתן לעשות "שימור מרכז מסה" לחשב אותו בהתחלה ובסוף ולהשוות.

**מומנט כוח**  
**מומנט כוח:**  $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$   
 כאשר  $\vec{r}$  הוא וקטור שיוצא מהציר עד לנקודה שבה פועל הכוח (ניתן לחשב את המכפלה באמצעות דטרמיננטה או באמצעות גודל וכיוון)  
**גודל המומנט:**  $|\vec{\tau}| = |\vec{r}||\vec{F}| \sin \alpha = |\vec{F}|r_\perp$   
 כאשר  $r_\perp$  הוא הרכיב של  $\vec{r}$  המאונך לכוח כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.  
**גלים והתאבכות גלים**  
**מהירות גל מחזורי:**  $v = \lambda f$   
 $\lambda$  - אורך הגל. f - תדירות הגל.  
**חוק השבירה:**  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$   
 $\theta$  - הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.  
 n - מקדם השבירה של כל תווך.  
 $v$  - מהירות הגל בכל תווך.  
**גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:**  $\ell = n \frac{\lambda}{2}$   
 $\ell$  - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי/ מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:  $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$   
 $\theta_n$  - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי' המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.  
 $X_n$  - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n.  
 $L_n$  - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n.  
 $d$  - המרחק בין החריצים.  
**קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:**  
 $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$   
 $\theta_n$  - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי' המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.  
 $X_n$  - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n.  
 $L_n$  - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n.  
 $d$  - המרחק בין החריצים.  
**נוסחת יאנג:**  $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$   
 $\Delta X$  - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.  
 $\lambda$  - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.  
**קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:**  
 $\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$   
 $\theta_n$  - הזווית למקסימום מסדר n.  
 $d$  - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.  
**קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:**  $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$   
 $\theta_n$  - הזווית למינימום מסדר n.  
 $X_n$  - מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.  
 $L_n$  - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n.  
 w - רוחב החריץ.  
**עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:**  $\frac{I_a}{I_0} = 10 \left(\frac{\alpha}{10}\right)$   
 כאשר  $I_a$  היא עוצמת הקול של  $\alpha$  דציבל.  $I_0$  סף השמע של אדם.  
**שונים  $\alpha$  ו- $\beta$ :**  $\frac{I_a}{I_b} = 10 \left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)$   
**האנרגיה של גל קול:**  $E = I \cdot S \cdot t$   
 $E$  - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל. S - שטח החתך בו הגל פוגע.  
 $t$  - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.