

## הוראות לדף הנוסחאות



### הוראות הדפסה! :

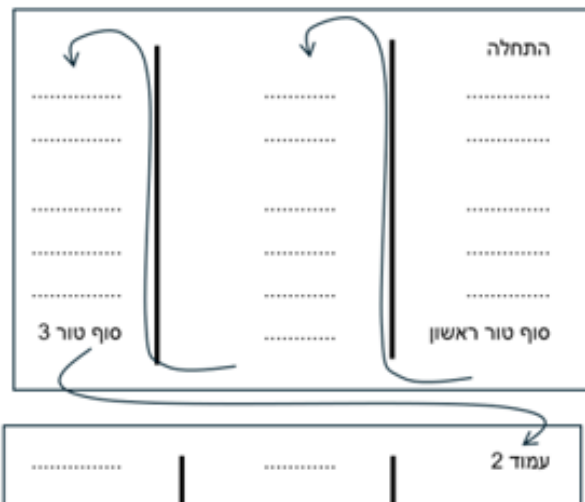
את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

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 בפינה 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.

**GOOL** **נפילה חופשית וזריקה אנכית**

תנועה בתאוצה קבועה  $g$  כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר ה-Y, ולכן משוואות התנועה הן:

$$y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$$

- **בנפילה חופשית** הגוף מתחיל ממנוחה ולכן  $v_0 = 0$  בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

$$1. \text{ כיוון הצייר החיובי יהיה כלפי מטה ואז } a = g \text{ (במשוואות הנ"ל).}$$

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  $y$ :  $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$ ;  $y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$

**GOOL** **תנועה במישור - בליסטית**

**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:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t; \quad v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$$

$$y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$$

- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או  $a_y = -g$ , תיתכן תאוצה גם בציר ה-X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

- שיא גובה  $(v_y(t) = 0)$ :  $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$$y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$$

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

- טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

- משוואת המסלול: משוואה של  $y(x)$ . על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים  $t$  מהביטוי של  $x(t)$  ומציבים ב- $y(t)$ .

**GOOL** **תנועה יחסית**

**נוסחה למיקום היחסי:**  $\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$

$\vec{r}_{1,2}$  הם וקטורי המיקום של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע.  $\vec{r}_{1,2}$  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:

$$\vec{v}_{1,2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2; \quad \vec{a}_{1,2} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$$

**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 תחום כוחות.

**חיכוך סטטי:** פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע). כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.

- גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים.  
**ערך מקסימלי:**  $f_s \leq \mu_s N$  או  $f_{s,max} = \mu_s N$

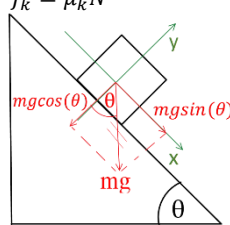
**חיכוך קינטי:** פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

$$f_k = \mu_k N$$

**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.



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 עצובה.

**המהירות היא נגזרת של המיקום לפי הזמן והמיקום הוא אינטגרל על המהירות לפי הזמן:**

$$v(t) = \frac{dx}{dt}; \quad x(t) = \int v(t) dt$$

**התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:**

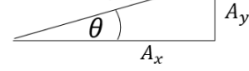
$$a(t) = \frac{dv}{dt}; \quad v(t) = \int a(t) dt$$

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

**נגזרות של סינוס וקוסינוס:**  $(\cos x)' = -\sin x; \quad (\sin x)' = \cos x$

**GOOL** **וקטורים**

**פירוק לרכיבים:**  $A_y = |\vec{A}| \sin \theta$   
 $A_x = |\vec{A}| \cos \theta$



$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}; \quad \tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$

**חיבור וקטורים:** - בצורה גרפית נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הווקטור 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:  $\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$

- בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך) **מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:**

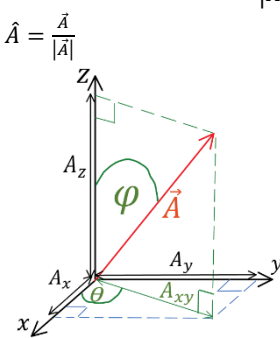
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$$

- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור) **מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.**

**נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:**  $\cos \alpha = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$

**וקטור יחידה:**  $\hat{A} = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$

**וקטור בשלושה מימדים:**  $0 \leq \varphi \leq \pi$   
 $0 \leq \theta \leq 2\pi$   
 $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$



$$\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}; \quad \cos \varphi = \frac{A_z}{|\vec{A}|} = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$$

**פירוק לרכיבים:**  $A_{xy} = |\vec{A}| \sin \varphi; \quad A_z = |\vec{A}| \cos \varphi$

$$A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta; \quad A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$$

**מכפלה וקטורית:**  $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$

**ד-ד 1** לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

**ד-ד 2** לפי גודל וכיוון בנפרד:  $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$

גודל המכפלה הוא: **כיוון לפי כלל יד ימין:**



**שימו לב** שאתם עם יד ימין!! בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחרי"כ לפתוח את האמה!

**GOOL** **פונקציות טריגונומטריות**

**ניצב שמול יתר:**  $\sin \alpha = \frac{a}{c}$   
**ניצב ליד יתר:**  $\cos \alpha = \frac{b}{c}$   
**ניצב שמול ליד ניצב:**  $\tan \alpha = \frac{a}{b}$

$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \quad \cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{1}{\tan \alpha}$   
 $a^2 + b^2 = c^2$

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

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

**GOOL** **משוואת הקו הישר**

**משוואת הקו הישר:**  $y = mx + n$

הישר עם ציר ה-x.  $n$  היא נקודת חיתוך עם ציר ה-y. **מרחק בין שתי נקודות:**  $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

**הפרבולה**  $y = ax^2 + bx + c$

**משוואת הפרבולה:**  $a$  חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

**קודקוד הפרבולה:**  $x_{\text{קודקוד}} = \frac{-b}{2a}$

**נוסחת השורשים:**  $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

**GOOL** **מבוא פיזיקלי**

**חוקי הזקות:**  $(ab)^c = a^b c^c; \quad a^b a^c = a^{b+c}$

$$(a^b)^c = a^{bc}; \quad \frac{1}{a^b} = a^{-b}$$

**מעברים בין יחידות:** קילו (k) זה 1000:  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}; \quad 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$

**מילי (m) זה 1/1000:** לדוגמה:  $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$

**ומיליגרם (g) זה 1/1000:**  $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ g}$

**ליטר:**  $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$

**שוב:**  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}; \quad 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$

**שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה:**  $1 \text{ lightyear} = 9.4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

**צפיפות:**  $\rho = \frac{M}{V}$ ; צפיפות נפחית:  $\sigma = \frac{M}{S}$

**צפיפות אורכית:**  $\lambda = \frac{v}{l}$

**תנועה בקו ישר**  $V, S, l$  הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

**העתק- השינוי במיקום הגוף:**  $\Delta x = x_2 - x_1$

**דבר- 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  $t_0$  (בדרי"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  $t_0$  (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

$$C = \frac{1}{f}$$

$H_i$  - גובה הדמיון.  $H_o$  - גובה העצם.

עוצמת העדשה:

$$E = -\frac{GMm}{2r} \quad \text{כוללת:}$$

**GOOL**

**מומנט התמד**

אם גוף קשיח מסתובב סביב ציר סיבוב כל הנקודות על הגוף מבצעות תנועה מעגלית באותה המהירות הזוויתית (אך לא באותה מהירות קווית)

מומנט התמד של מערכת גופים נקודתיים:  $I = \sum m_i r_i^2$   
 משפט שטיינר:  $I' = I_{c.m.} + md^2$

כאשר  $d$  הוא המרחק בין הצירים ו  $m$  היא המסה הכוללת של הגוף. הערה: משפט שטיינר פועל רק לצירים מקבילים, ורק כאשר אחד הצירים עובר במרכז המסה. אדטיביות: ניתן לסכום את המומנט התמד של כל חלק וחלק בגוף על מנת לקבל את המומנט הכולל.  $I_T = I_1 + I_2$

<p>גוף נקודתי סביב ציר כלשהו: <math>I = mR^2</math></p> <p>טבעת וגליל חלול סביב הציר המרכזי: <math>I_{c.m.} = mR^2</math></p>	<p>דיסקה/גליל מלא במרכז מסה סביב ציר z-אנך לדיסקה: <math>I_{c.m.} = \frac{1}{2}mR^2</math></p>
<p>דיסקה במרכז מסה סביב ציר x-במישור הדיסקה: <math>I_{c.m.} = \frac{1}{4}mR^2</math></p>	<p>מוט במרכז המסה: <math>I_{c.m.} = \frac{1}{12}mL^2</math></p>
<p>מוט בקצה: <math>I = \frac{1}{3}mL^2</math></p>	<p>כדור מלא במרכז מסה: <math>I_{c.m.} = \frac{2}{5}mR^2</math></p>
<p>תיבה או לוח במרכז מסה: <math>I_{c.m.} = \frac{m(a^2 + b^2)}{12}</math></p>	

נוסחה המקשרת בין צירים שונים:  $I_z = I_x + I_y$   
 אם  $I_x = I_y$  (בדרי"כ מסימטריה) אז  $I_z = 2I_x$   
 מבנה הגוף **סימטרי לאורך ציר Z**: מומנט ההתמד של הגוף סביב ציר Z יהיה כמו של גוף משטחי במישור xy. לדוגמה מומנט ההתמד של גליל יהיה כמו של דיסקה ומומנט ההתמד של קוביה יהיה כמו של מלבן שהוא בסיס הקוביה.

חישוב עם אינטגרל, עבור גוף קשיח:  $I = \int r^2 dm$   
 כאשר  $r$  הוא המרחק של כל גוף מציר הסיבוב (ולא מהראשית). אם ציר הסיבוב הוא ציר z:  $r^2 = x^2 + y^2$

**GOOL**

**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 הברג.

**GOOL**

**מבוא לאופטיקה**

חוק סנל:  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$   
 כאשר  $n$  הם מקדמי השבירה של התווך ו- $\theta$  הן הזוויות בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.

נוסחת העדשות:  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$   
 $u$  - מרחק העצם מהעדשה.  $v$  - מרחק הדמות מהעדשה.  $f$  - מוקד העדשה.

הגדלה קווית:  $m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$

**GOOL**

**דינמיקה - חוק II של ניוטון**

חוק II של ניוטון:  $\vec{F} = m\vec{a}$   
 בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר - נבחר. כלומר:  $\Sigma F_x = ma_x, \Sigma F_y = ma_y$   
 - בבעיות עם מספר גופים נעשה כוחות חוקים שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

**GOOL**

**קפיצים**

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:  $F = -k\Delta x$   
 $\Delta x$  - התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב  $l$ )  
 $k$  - הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור בטור	חיבור במקביל
<p><math>\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}</math></p>	<p><math>k_{eff} = k_1 + k_2</math></p>

**GOOL**

**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.

**GOOL**

**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 זמן 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:

$x(t=0) = A \sin \phi$ ;  $v(t=0) = -\omega A \cos \phi$   
 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 בנייהם. 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:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

**GOOL**

**כבידה**

החוק השלישי של קפלר:  $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$   
 $\vec{r}$  - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.  
 $T$  - זמן המחזור של כל גרם שמיים.

גודל כוח הכבידה בין שני גופים:  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$   
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  - קבוע הכבידה האוניברסלי.  
 $m$  - מסות הגופים.  $r$  - המרחק בין מרכזי הגופים.  
 אנרגיה פוטנציאלית כובדית:  $U_G = -\frac{GMm}{r}$  ( $U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0$ )

$M$  - מסת הגוף המשפיע.  $m$  - מסת הגוף המושפע.  
 $r$  - מרחק בין הגופים.  
 אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי:  $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

קינטית:  $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$