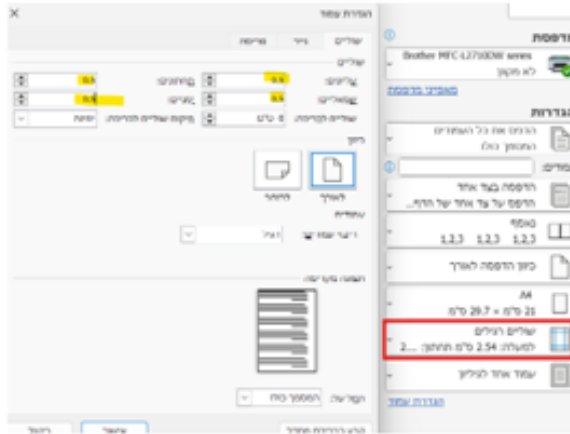


## הוראות לדף הנוסחאות



### הוראות הדפסה!

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

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

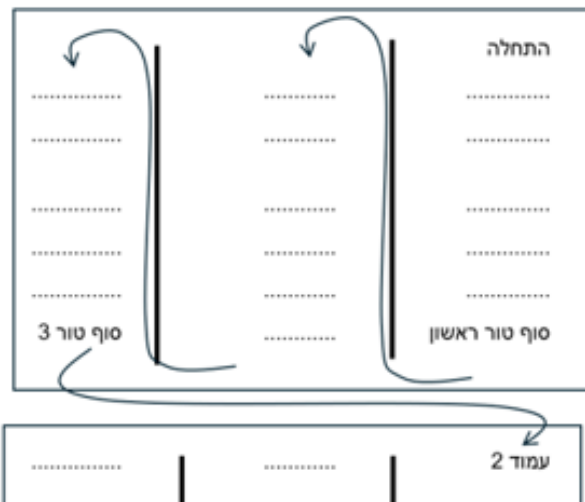
### עריכה:

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.

## פונקציות טריגונומטריות

## GOOL

ניצב שמואל

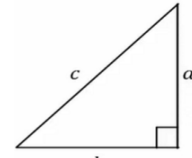
$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{יתר}}{\text{ניצב ליד } \alpha}$$

ניצב ליד

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{יתר}}{\text{ניצב שמואל}}$$

ליד ניצב

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} ; \cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{ניצב ליד } \alpha}{\text{ניצב שמואל}} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$


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

## GOOL

משוואת הקו הישר:  $y = mx + n$

משוואת הקו הישר:  $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$  כאשר  $\alpha$  היא הזווית של הישר עם ציר ה- $x$ .  $n$  היא נקודת חיתוך עם ציר ה- $y$ . 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

משוואת הפרבולה:  $y = ax^2 + bx + c$

$a$  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

חוקי חזקות:  $(ab)^c = a^c b^c$  ;  $a^b a^c = a^{b+c}$

מעברים בין יחידות:  $(a^b)^c = a^{bc}$  ;  $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

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:  $1 \text{ lightyear} = 9.4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

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

צפיפות אורכית:  $\lambda = \frac{V}{l}$

## GOOL

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

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.

גורף 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  $v_0$  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 מעוצבה.

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

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:  $v(t) = \int a(t) dt$  ;  $x(t) = \int v(t) dt$

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

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

קוטרים 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 נצימד 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. נכפיל/נחלק כל כפ/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:  $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z$

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור) מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת. נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:  $\cos \alpha = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$

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

וקטור בשלושה מימדים:  $0 \leq \varphi \leq \pi$  ;  $0 \leq \theta \leq 2\pi$

$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$

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

מכפלה וקטורית:  $A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta$  ;  $A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$

דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:  $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$

דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד: גודל המכפלה הוא:  $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$

וכיוון לפי כלל יד ימין:

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 הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון

חוק I של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק II של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק III של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק III של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק III של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק III של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

חוק III של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח הפעולה) 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 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.

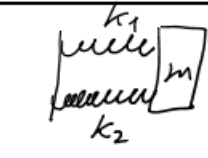
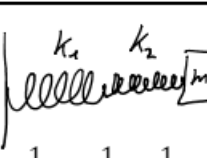
דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.

**קפיצים**

**GOOL**

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

| חיבור במקביל                                                                                              | חיבור בטור                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  $k_{eff} = k_1 + k_2$ |  $\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$ |

**כבידה והכוח הריבועי ההפוך**

**כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה:**  $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$   
 - 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 קבוע הנקרא **קבוע הכבידה העולמי** (או קבוע הגריטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא:  $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2kg}$

**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:**  $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$   
**האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:**  $U_g = mgh$   
 $h$  זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.  
**העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:**  $W_g = -\Delta U_g$   
**האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):**  $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$   
 $k$  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:**  $E_i + W_{NC} = E_f$  או  $W_{NC} = \Delta E$   
 $E_i$  ו-  $E_f$  הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.  
 **$W_{NC}$  היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.**  
**נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת:**

$h = l(1 - \cos \theta)$   
 $h$  - הגובה מהתחתית  
 $l$  - אורך החוט  
 $\theta$  - זווית ביחס לאנך מהתקרה.  
**חוס ( $Q$ ):** האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.  
 - כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)  
 $Q = -W_{f_k}$   
 - ניתן לחשב את החום 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 לגאול חלקי שניה.  
**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)

**תנועה מעגלית**

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.  
**מיקום הגוף:**  
 $x = R \cos \theta$  ;  $y = R \sin \theta$   
**הדרך (אורך הקשת שמול הזווית):**  $S = R \cdot \Delta \theta$



- יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים

קינטית:

כוללת:

$$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_g}{2}$$

$$E = -\frac{GMm}{2r}$$

המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.  
**מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:**  
 (ביחידות של רדיאן לשניה)  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$   
 $f$  היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec).  $T$  זמן מחזור.  
**הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית** (לכון גם למהירויות שאינן קבוע):  $|\vec{v}| = \omega R$   
**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  $Y$  מאונך לו. בציר  $X$  נשתמש בנוסחה של סכום הכוחות למרכז המעגל ובציר  $Y$  סכום הכוחות שווה לאפס (בתנועה שבה גודל המהירות קבוע).  
 - אם גודל המהירות אינו קבוע (תנועה לא קצובה) 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 לשניה 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:  
**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.  
**רתע:** 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 ורתע 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 ינעו לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

**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:**  $F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$   
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  - 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:**