

## הוראות לדף הנוסחאות



**הוראות הדפסה! :**

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

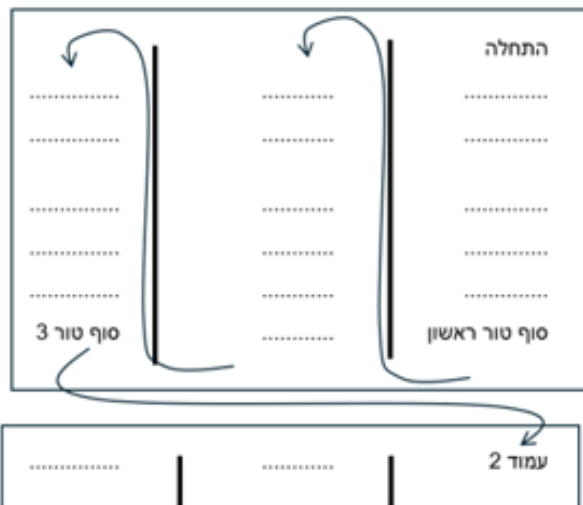
ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

**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 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.

**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. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז  $a = g$  (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  $y$ :  $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$ ;  $y_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$

**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:

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

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

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

- 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 את  $t$  מהביטוי של  $x(t)$  ומציבים ב- $y(t)$ .

**דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון**

**החוק הראשון של ניוטון**: אם גוף נע במהירות קבועה **בין 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 מקסימלי**:  $f_{s,max} = \mu_s N$  או  $f_s \leq \mu_s N$

**חיכוך קינטי**: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).

- גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

**המישור המשופע**: בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.

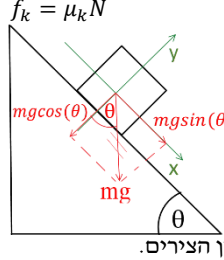
הרכיב של  $mg$  במקביל למישור יהיה  $mg \sin(\theta)$  ובמאונך למישור  $mg \cos(\theta)$ .

, שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

**קפיצים**

**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



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**:

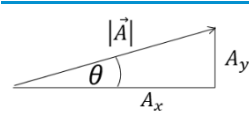
$$v(t) = \frac{dx}{dt} ; x(t) = \int v(t)dt$$

**התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה**:  $a(t) = \frac{dv}{dt} ; v(t) = \int a(t)dt$

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

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

**GOOL**



$$A_y = |A| \sin \theta$$

$$A_x = |A| \cos \theta$$

למצא גודל וזווית:

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

**חיבור וקטורים**:

- **בצורה גרפית נצימד ראש לזנב**. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש 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**:

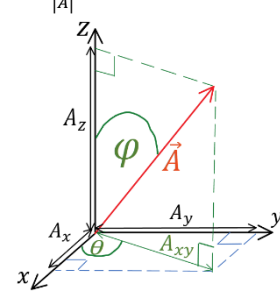
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$$

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



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

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

**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:



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

**GOOL**

**פונקציות טריגונומטריות**

ניצב שמול יתר

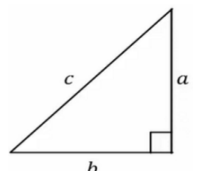
$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

ניצב ליד יתר

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

ניצב שמול ליד ניצב

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$



$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} ; \cot \alpha = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha ; \cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha ; \cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$$

$$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha ; \cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$$

$$\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha ; \cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$$

$$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha ; \cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$$

$$\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha ; \cot(180^\circ - \alpha) = -\cot \alpha$$

$$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha ; \cos(-\alpha) = \cos \alpha$$

$$\tan(-\alpha) = -\tan \alpha ; \cot(-\alpha) = -\cot \alpha$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

**GOOL**

**משוואת הקו הישר**

**משוואת הקו הישר**:  $y = mx + n$

הישר עם ציר ה-x.  $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$  כאשר  $\alpha$  היא הזווית של המרחק בין שתי נקודות:  $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

**הפרבולה**:  $y = ax^2 + bx + c$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה. **קודקוד הפרבולה**:  $x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$

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

**מעברים בין יחידות**:  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ ;  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$

**קילו (k) זה 1000**:  $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$  מילימטר  $\frac{1}{1000}$

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

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

**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**

**מבוא פיזיקלי**

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

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

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

**צפיפות אורכית**:  $\lambda = \frac{M}{l}$   $V, S, l$  הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

**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  $t_0$  (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 התחלה)

חיבור בטור	חיבור במקביל
 $\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$	 $k_{eff} = k_1 + k_2$
<b>GOOL</b>	<b>עבודה ואנרגיה</b>

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).

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{אנרגיה קינטית:}$$

$$W_{SF} = \Delta E_k \quad \text{העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי באנרגיה קינטית:}$$

$$U_g = mgh \quad \text{האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:}$$

$h$  זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים. העבודה שמבצע כוח הכובד שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:

$$W_g = -\Delta U_g \quad \text{האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):}$$

$$U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2 \quad \text{הוא קבוע הקפיץ}$$

$\Delta x$  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.

$$W_{NC} = \Delta E \quad \text{או} \quad E_i + W_{NC} = E_f \quad \text{משפט עבודה אנרגיה:}$$

$E_i$  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.

חום ( $Q$ ): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי. כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע

$$Q = -W_{f_k} \quad \text{החיכוך הקינטי על הגוף שלילית}$$

- ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

הספק ( $P$ ): העבודה שנעשית ביחידת זמן.

$$P = \frac{w}{\Delta t} \quad \text{ההספק של כוח קבוע או ההספק ממוצע:}$$

היחידה הסטנדרטית של ההספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.

$$1 \text{Hp} = 746 \text{Watt} \quad \text{יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):}$$

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)

