

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 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

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

יתר

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

ניצב שמואל

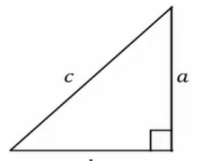
$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{ניצב ליד}}{\text{ליד ניצב}} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

ניצב ליד

$$\cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

ניצב שמואל

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



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

משוואת הקו הישר

GOOL

משוואת הקו הישר:

$$y = mx + n$$

משוואת הקו הישר: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ כאשר α היא הזווית של 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

משוואת הפרבולה:

$$y = ax^2 + bx + c$$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה:

$$x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$$

נוסחת השורשים:

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

GOOL

משוואת הפרבולה:

$$y = ax^2 + bx + c$$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה:

$$x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$$

נוסחת השורשים:

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

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 $\frac{1}{1000} \text{ m}$, $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$

ומיליגרם $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ gr}$

ליטר:

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

קוב:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$$

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה:

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

צפיפות:

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

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

הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

GOOL

תנועה בקו ישר

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)

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.

GOOL

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 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:

וקטור בשלושה מימדים:

$$0 \leq \varphi \leq \pi$$

$$0 \leq \theta \leq 2\pi$$

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

פירוק לרכיבים:

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

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

מכפלה וקטורית:

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:

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| |\sin \alpha|$$

גודל המכפלה הוא:

וכיוון לפי כלל יד ימין:

שימו לב שאתם עם יד ימין!!

בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדה ואחר"כ לפתוח את האמה!

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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).

GOOL

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

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

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

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).

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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 $y_0 = 0$

בזריקה 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:

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

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 θ (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 $a_y = -g$

ניתכן תאוצה גם בציר ה X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

שיא גובה $(v_y(t) = 0)$:

$$t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$$

שיא 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 למצא משוואת מסלול מבודדים את t מהביטוי של $x(t)$ ומציבים ב- $y(t)$.

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)

כ"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:

$$v_{1,2} = v_1 - v_2 ; a_{1,2} = a_1 - a_2$$

דינמיקה - חוק I ו- II של ניוטון

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

חוק 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר בנפרד. 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.

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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).

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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).

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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).

פיליה חופשית זריקה אנכית

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

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

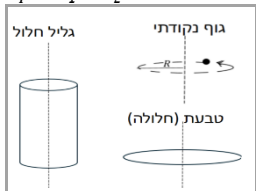
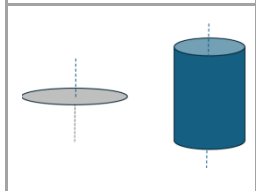
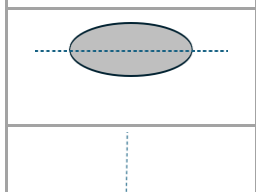
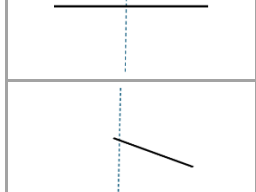
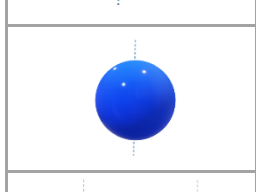
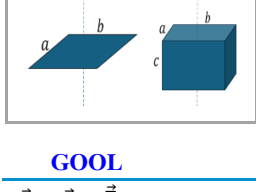
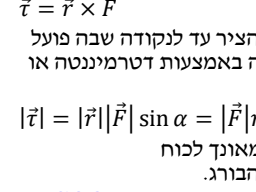
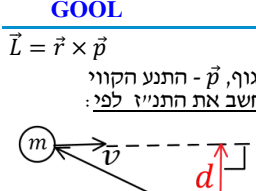
$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

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).

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. **תערה:** 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. $I_T = I_1 + I_2$

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

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 הבורג.

GOOL תנע זוויתי (תנ"ז)

תנ"ז: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
 $\vec{r}$ - הוא וקטור המיקום של הגוף, $\vec{p}$ - התנע הקווי עובר גוף הנע בקו ישר ניתן לחשב את התנ"ז לפי:

$|\vec{L}| = mvd$
 כאשר d זה המרחק האפקטיבי.
 v - המהירות.
הקשר בין תנ"ז

למומנט כוח: $\sum \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$
חוק שימור התנע הזוויתי: אם $\sum \vec{\tau}_{ext} = 0$ אז התנע הזוויתי נשמר

GOOL גוף קשיח

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

תנע קווי של גוף קשיח: $\vec{p} = M\vec{v}_{c.m.}$
 אנרגיה קינטית סיבובית סביב ציר קבוע כלשהו:

$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$
 טבלת השוואה בין תנועה סיבובית לתנועה בקו ישר

תנועה סיבובית	תנועה בקו ישר
θ	x

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 קבוע):
תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל):
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 קבועה (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 לשנייה בריבוע).
הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור תאוצה משתנה):
מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:
זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \alpha(t - t_0)^2$$

GOOL 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: $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$
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-

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$$

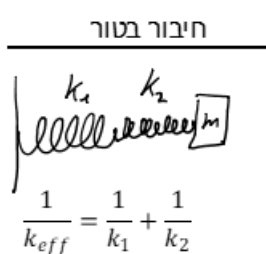
$\vec{u}$ - היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות.
רתע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות.
 - משוואת שימור התנע הופכת ל-
התנגשות פלסטית ורתע הן אף פעם לא התנגשויות אלסטיות! כלומר לא יכול להתקיים שימור אנרגיה בהתנגשויות האלו.
 - שימו לב שקיימות התנגשויות שהן לא אלסטיות ולא פלסטיות (סתם התנגשויות) בהן יש רק את 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 שאחד 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.

GOOL 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 :
 $x_{c.m.} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$
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 משיכה בהתאמה. **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 התמד

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

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

GOOL 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: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$

GOOL עבודה ואנרגיה

העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע: $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F \Delta x \cos \alpha$
 כאשר α 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:** $W_{EF} = \Delta E_k$
האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: $U_g = mgh$
 h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים. **העבודה שמבצע כוח הכובד שווה למינוס השינוי 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
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
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 $E_i + W_{NC} = E_f$
 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
 θ - 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 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 וואט (W) והיא שווה לגאול 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)

GOOL תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.
מיקום הגוף:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
הדבר (אורך הקשת שמול הזווית):
 $S = R \cdot \Delta \theta$
 - יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים



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

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

קינטית:

כוללת:

$v = \dot{x}$	$\omega = \dot{\theta}$
$a = \dot{v} = \ddot{x}$	$\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$
m	I
p	L
F	τ

גלגול ללא החלקה: מהירות הנקודה שנוגעת במשטח

מתאפסת (ביחס למשטח) $\leftarrow a_{c.m.} = \alpha R$; $v_{c.m.} = \omega R$
 - בגל"ה החיכוך הוא סטטי ולכן אין איבוד אנרגיה.

איך נגשים לשאלות?

חוקי שימור

בודקים מה נשמר:

1. אנרגיה אם כל הכוחות משמרים.
2. תנע קווי אם סכום הכוחות החיצוניים מתאפס.
3. תנ"ז אם סכום המומנטים החיצוניים מתאפס.

עושים:

1. חוק $\Sigma F = ma_{c.m.}$
2. משוואת מומנטים: $\Sigma \tau = I\alpha$
3. קשר בין התאוצות, לדוגמה $a_{c.m.} = \alpha R$

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:

$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$
 - 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 משווי משקל.
 ω - תדירות זוויתית. φ - פאזה.

המהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$
התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$
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: $\varphi = \omega \cdot t_0$

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- φ מתנאי התחלה:

$x(t = 0) = A \sin \varphi$; $v(t = 0) = -\omega A \sin \varphi$
מהירות ותאוצה מקסימליים:

$v_{max} = \pm \omega A$; $a_{max} = \pm \omega^2 A$

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 (נק' 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: $\left(\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

$\bar{r}$ - 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:

$$U_G = -\frac{GMm}{r} \quad (U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0)$$

M - מסת הגוף המשפיע. m - מסת הגוף המושפע.

r - מרחק בין הגופים.

אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי: