

## 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 שמוול

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

יתר

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

ניצב ליד

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

יתר

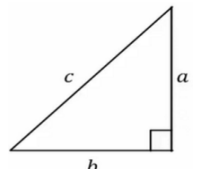
ניצב שמוול

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

ליד ניצב

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

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



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

## משוואת הקו הישר

## 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- $y$ .

מרחק בין שתי נקודות:  $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

**הפרבולה**

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

## מבוא פיזיקלי

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

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

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

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 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.

**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: נפרק לרכיבים ונסכום.

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:  $\cos \alpha = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$

נפילה חופשית זריקה אנכית

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

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

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

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

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 הני"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 יהיו:

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

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 נזרק במהירות התחלתית  $\theta$  בזווית (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  $a_y = -g$

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

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

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:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x) = \tan(\theta)x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\theta)}x^2$

משוואת המסלול:  $y(x)$ . 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 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)

בניגוד לסטטי) ושווה ל:  $f_k = \mu_k N$

המשיור המשופע:  $mg \sin(\theta)$

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

הרכיב  $mg$  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. אח"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

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

חיבור במקביל

חיבור בטור

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

$k_{eff} = k_1 + k_2$

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 הכלולת (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 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

בשיווין 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.

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

בשיווין 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  $W_{NC} = \Delta E$

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

$$Q = -W_{f_k}$$

החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

- ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה

הכללית של הגוף.

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:

היחידה הסטנדרטית של ההספק היא וואט (W) והיא שווה

לגאול חלקי שנייה.

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watt}$$

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

נוסחה נוספת להספק:

- 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:

$$x = R \cos \theta ; y = R \sin \theta$$

דבר (אורך הקשת שמול הזווית):

$$S = R \cdot \Delta \theta$$

- יש להציב את שינוי

הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב

שינוי הזווית בזמן.

מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

(ביחידות של רדיאן לשנייה)

$f$  היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec).  $T$  זמן מחזור.

הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם

$$|\vec{v}| = \omega R$$

למהירויות שאינן קבוע):

$$a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

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).

$$a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת:

$$\Sigma F_\theta = m a_\theta$$

סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה:

תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:

(ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).

הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור

$$a_\theta = \alpha R$$

תאוצה משתנה):

מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$$

זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

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

מרכז מסה

$$\vec{r}_{c.m.} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

מיקום מרכז המסה:

ניתן לרשום אותה לכל רכיב בנפרד, לדוגמה לרכיב x:

$$x_{c.m.} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

$$\vec{v}_{c.m.} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}$$

מהירות מרכז המסה:

$$\vec{a}_{c.m.} = \frac{m_1 \vec{a}_1 + m_2 \vec{a}_2}{m_1 + m_2}$$

תאוצת מרכז המסה:

עבור יותר משני גופים הנוסחאות ממשיכה להתאמה.

מספר גופים קשיחים (לא נקודתיים): עושים מרכז מסה

בין מרכזי המסה.

מומנט כוח

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

מומנט כוח:

כאשר  $\vec{r}$  הוא וקטור שיוצא מהציר עד לנקודה שבה פועל הכוח (ניתן לחשב את המכפלה באמצעות דטרמיננטה או באמצעות גודל וכיוון)

$$|\vec{\tau}| = |\vec{r}| |\vec{F}| \sin \alpha = |\vec{F}| r_\perp$$

גודל המומנט:

כאשר  $r_\perp$  הוא הרכיב של  $\vec{r}$  המאונך לכוח

כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.

אלסטיות

$$F = k \Delta l$$

חוק הוק:

-F הכוח שפועל על הגוף.  $\Delta l$  - התארכות ממצב רפוי

k - קבוע פורפוזציה

מודול יאנג:

$$\Delta l = \frac{1}{Y} \frac{F}{A} l_0$$

או

$$Y = \frac{F}{\Delta l} \frac{l_0}{A}$$

- Y מודול יאנג, קבוע שתלוי בסוג החומר

$\Delta l$  - התארכות  $l_0$  - אורך במצב רפוי

A - שטח חתך.  $\frac{F}{A}$  - מאמץ מתיחה.  $\frac{\Delta l}{l_0}$  - מעוות

מודול יאנג / מודול האלסטיות בגיגה פסקל ( $10^9 Pa$ ):

ניילון 2-4. אלומיניום 69. ברונזה 103-124. ברזל ופלדה

190-210. יהלום 1050-1200.  $(Pa = N/m^2)$

מאמץ גזירה Shear:

$$\Delta l = \frac{1}{S} \frac{F}{A} l_0$$

או

$$S = \frac{F/A}{\Delta l/l_0}$$

S - מודול גזירה

$F/A$  - מאמץ גזירה.

$\Delta l/l_0$  - מעוות גזירה.

מאמץ גזירה Shear בגיגה פסקל ( $10^9 Pa$ ):

אלומיניום 25. ברזל ופלדה 80. עצם אדם 80.

$$B = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V_0}$$

מודול הנפח Bulk Modulus:

$V_0$  - נפח במצב שיווי משקל.  $\Delta V$  - שינוי הנפח.

$\Delta P$  - שינוי בלחץ, לחץ הוא כוח ליחידת שטח  $\frac{F}{A}$

מודול הנפח Bulk Modulus בגיגה פסקל ( $10^9 Pa$ ):

אלומיניום 70. ברזל ופלדה 140. גרניט 45. מים 2.

אלכוהול 1. כספית 2.5. אוויר  $10^{-4}$ .

שבירה

מאמץ מקסימאלי של (מתיחה, כיווץ, גזירה) במגה פסקל

( $10^6 Pa$ ): פלדה (250,500,500). אלומיניום (200,200,250).

בטון (2,20,2). עץ (5,35,40). ניילון (00,00,500). עצם

(00,170,130).