

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

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

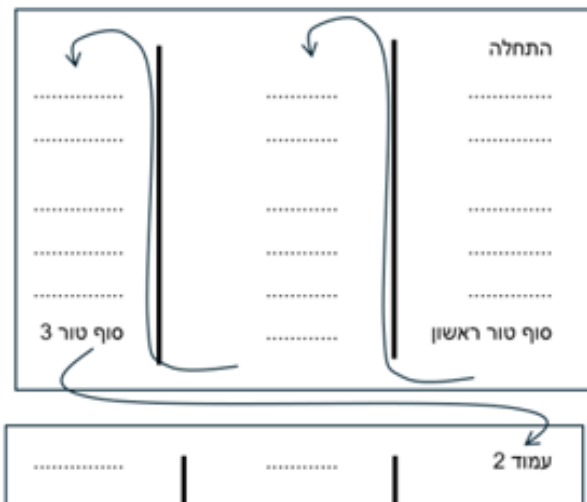
ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

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!!

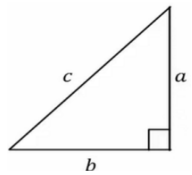
מבנה הדף:



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.



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

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

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

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

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

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

סכום והפרש של פונקציות:

$$\sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \left(\frac{\alpha \pm \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha \mp \beta}{2} \right)$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha - \beta}{2} \right)$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = 2 \sin \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right) \sin \left(\frac{\alpha - \beta}{2} \right)$$

פתרון משוואות טריגונומטריות:

$x_1 = \alpha + 2\pi k$	$\sin x = \sin \alpha$
$x_2 = \pi - \alpha + 2\pi k$	
$x_1 = \alpha + 2\pi k$	$\cos x = \cos \alpha$
$x_2 = -\alpha + 2\pi k$	
$x = \alpha + \pi k$	$\tan x = \tan \alpha$

נגזרות ואינטגרליים:

נגזרת של מכפלה:

$$y(x) = f(x)g(x) \rightarrow y'(x) = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$$

כלל שרשרת: אם y היא פונקציה של x ו- x הוא

$$\frac{dy}{dt} = \frac{dy}{dx} \cdot \frac{dx}{dt}$$

פונקציה של t אז:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{x} \right) = -\frac{1}{x^2} ; \frac{d}{dx} (\sin x) = \cos x ; \frac{d}{dx} (\cos x) = -\sin x ; \frac{d}{dx} (e^x) = e^x$$

$$\frac{d}{dx} (\ln(x)) = \frac{1}{x}$$

אינטגרל היא פעולה הפוכה לנגזרת, מבצע סכימה על ערכי הפונקציה ונותן את השטח מתחת לגרף הפונקציה.

אינטגרל לא מסוים- מוסיפים קבוע לתוצאת האינטגרל.

אינטגרל מסוים- מציבים גבולות בתוצאה של האינטגרל:

$$\int_a^b x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} \Big|_a^b = \frac{b^{n+1}}{n+1} - \frac{a^{n+1}}{n+1}$$

קואורדינטות גליליות: (r, θ, z)

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

$$z = z$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$dl = dr/r d\theta (טבעת) / dz$$

$$ds = r dr d\theta (דיסקה) / r dr dz$$

$$dv = r d\theta dr dz (גליל מלא או קליפה גלילית עבה)$$

$$z = r \cos \varphi$$

$$x = r \sin \varphi \cos \theta$$

$$y = r \sin \varphi \sin \theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$\vec{v} = r \frac{d\theta}{dt} \hat{\theta} + \frac{dr}{dt} \hat{r}$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{dr}{dt} \hat{r} + r \frac{d^2\theta}{dt^2} \hat{\theta} + \frac{d^2r}{dt^2} \hat{r} - r \frac{d\theta}{dt} \hat{\theta}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2r}{dt^2} \hat{r} + r \frac{d^2\theta}{dt^2} \hat{\theta} + \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} \hat{\theta} - r \frac{d\theta}{dt} \frac{dr}{dt} \hat{r}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2r}{dt^2} \hat{r} + r \frac{d^2\theta}{dt^2} \hat{\theta} + \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} \hat{\theta} - r \frac{d\theta}{dt} \frac{dr}{dt} \hat{r}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2r}{dt^2} \hat{r} + r \frac{d^2\theta}{dt^2} \hat{\theta} + \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} \hat{\theta} - r \frac{d\theta}{dt} \frac{dr}{dt} \hat{r}$$

$$\cos \varphi = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$dl = dr/r \sin \varphi d\theta / r d\varphi$$

$$ds = r^2 \sin \varphi d\varphi d\theta$$

$$dv = r^2 \sin \varphi d\varphi d\theta dr$$

$$\rho = \frac{M}{V} ; \sigma = \frac{M}{S} ; \lambda = \frac{M}{l}$$

$$V, S, l \text{ הם נפח, שטח ואורך הגוף.}$$

$$dl/ds/dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

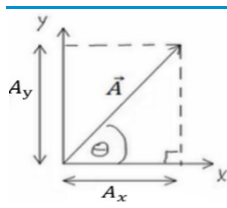
$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

$$dm = \lambda dl / \sigma ds / \rho dv$$

GOOL



$$A_x = |\vec{A}| \cos \theta$$

$$A_y = |\vec{A}| \sin \theta$$

$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GOOL

משוואת תנועה - משוואה הכוללת את x , v ו- a . בדרך מגיעים אליה משוואות הכוחות.

מהירות סופית - המהירות הקבועה שהגוף מגיע אליה לאחר זמן רב. (תאוצה שווה לאפס)

כוח סטוקס - כוח גרר שפועל על **כדור בתוך נוזל**:

$$\vec{F}_v = -6\pi\eta R \vec{v}$$

η - צמיגות הנוזל, R - רדיוס הכדור

כוח ציפה: פועל על גוף בנוזל. כיוונו לכוח הכובד.

$$F_b = \rho_l V g$$

כאשר ρ_l היא צפיפות הנוזל ו- V הוא נפח הגוף.

תנועה מעגלית (ברדיוס קבוע) **GOOL**

הדרך בתנועה מעגלית: $S = \Delta\theta \cdot R$

- הדרך בתנועה מעגלית היא אורך הקשת שעבר הגוף במעגל. $\Delta\theta$ היא שינוי הזווית או הזווית שמול הקשת ויש להציב אותה ברדיאנים!

גודל המהירות הקווית הרגעית (speed): $v(t) = \frac{ds}{dt}$

-כיוון המהירות תמיד משיק למעגל

מהירות זוויתית: $\omega = \frac{d\theta}{dt} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

- f - התדירות, T - זמן המחזור והם מוגדרים רק בתנועה מעגלית קצובה (גודל המהירות קבוע)

קשר בין המהירות הקווית לזוויתית:

$$v = \omega R$$

תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל): $a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

הכוחות למרכז המעגל: $\Sigma F_{\text{רמק}} = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$

תאוצה זוויתית: $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

תאוצה משיקית (רק בתנועה לא קצובה): $a_\theta = \frac{d|\vec{v}|}{dt} = \alpha R$

הגובה במעגל אנכי: $h = R(1 - \cos \theta)$

- כאשר h ו- θ נמדדים מתחתית המעגל.

הכוח הצנטריפוגלי: $F_r = m\omega^2 R$

- בכיוון החוצה מהמעגל.

- שימו לב שהכוח הצנטריפוגלי הוא כוח מדומה והוא מגיע מדרך הסתכלות שונה על תנועה מעגלית של צופה המסתובב עם המערכת. בצורת ההסתכלות הזו אין לגוף תאוצה רדיאלית.

וקטור המיקום: $\vec{r} = R \cos \theta \hat{x} + R \sin \theta \hat{y}$

הקשר בכללי בין המהירות הקווית לזוויתית: $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$

הקשר הכללי בין התאוצה המשיקית לתאוצה הזוויתית: $\vec{a}_\theta = \vec{\alpha} \times \vec{r}$

תנועה תחת שדה אלקטרומגנטי **GOOL**

מסת פרוטון ונייטרון: $m_p \approx m_n = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

מסת אלקטרון: $m_e \approx 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \approx \frac{1}{2000} m_p$

מטען האלקטרון והפרוטון: $q_e = -q_p = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -e$

- גודל המטען e הוא גודל יסודי והמטען הכולל של כל גוף חייב להיות כפולה שלמה.

- לנייטרון אין מטען והוא לא מושפע מהכוח החשמלי.

הכוח החשמלי (חוק קולון). הכוח בין שני חלקיקים **טעונים**: $\vec{F} = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

$k = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ ו- r הוא המרחק בין הגופים.

עבודה ואנרגיה **GOOL**

עבודה של כוח קבוע: $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\Delta \vec{r}| \cdot \cos \alpha = F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z$

כאשר α היא הזווית בין הכוח להעתק.

- העבודה של כוח שמאונך להעתק (לתנועה) מתאפסת.

- אם הגוף לא זז אין עבודה (לכן העבודה של החיכוך הסטטי היא תמיד אפס).

הקשר בין העבודה כוללת לאנרגיה קינטית: $W_{EF} = \Delta E_k$

$E_k = \frac{1}{2} m v^2$ אנרגיה קינטית

כוח משמר:

- **העבודה שמבצע כוח משמר אינה תלויה במסלול**, היא תלויה רק בנקודות ההתחלה והסיום של התנועה.

- העבודה במסלול סגור מתאפסת.

- יש לו אנרגיה פוטנציאלית כך ש: $W_c = -\Delta U$

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: $U_g = mgh$

האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית: $U_{el} = \frac{1}{2} k x^2$

כאשר x ההתארכות הקפיץ ממצב רפו ו- k קבוע הקפיץ.

- חוץ מ- U_g ו- U_{el} יכולים להיות עוד כוחות משמרים ועוברים יהיו עוד אנרגיות פוטנציאליות

אנרגיה (מכאנית) כללית: $E = E_k + U$

- סכום כל האנרגיות הפוטנציאליות שקיימות בבעיה.

משפט עבודה אנרגיה: $E_i + W_{NC} = E_f$

W_{NC} העבודה של כל הכוחות הלא משמרים

חוק שימור האנרגיה: $E_i + W_{NC} = E_f$

אם כל הכוחות משמרים (או העבודה של הכוחות הלא משמרים שווה לאפס) אז האנרגיה הכללית נשמרת

העבודה של כוח לא קבוע:

$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int (F_x dx + F_y dy + F_z dz)$

בשביל הנוסחה צריך גם משוואה של המסלול.

דוגמה ב-דו מימד: נתון $y(x) = x^5$, באמצעות המשוואה עוברים למשתנה אחד. בדוגמה, נציב באינטגרל במקום y את x^5 ו- dx נגזרת $dy = 5x^4 dx$. בדוגמה $dy = 5x^4 dx$. הגבולות של המשתנה אליו עברנו (בדוגמה גבולות של x) **איד בודקים אם כוח הוא משמר**:

אם ורק אם $\vec{\nabla} \times \vec{F} = 0$, אז הכוח משמר.

נוסחת הרוטור בפרק וקטורים.

הערה: צריך שכל רכיב יתאפס בנפרד.

נקודת שיווי משקל מתקיימת כאשר: $\Sigma \vec{F} = 0$ או $\frac{\partial U}{\partial x} = 0$

שיווי משקל (ציב) הגוף חוזר בתזוזה קטנה): $U''_x > 0$

שיווי משקל רופף (הגוף מתרחק בתזוזה קטנה): $U''_x < 0$

שיווי משקל אדיש (לא חוזר ולא ממשיך) כשאנרגיה קבועה

- אם יש כמה ממדים אז $\vec{\nabla} U = 0$

שיווי משקל ציב - כל הנגזרות השניות גדולות מאפס

שיווי משקל רופף - כל הנגזרות השניות קטנות מאפס

אוכף-חלק מהנגזרות השניות גדול מאפס וחלקן קטן מאפס

הספק ונצילות **GOOL**

הספק ממוצע: $P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$

הספק רגעי: $P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = |\vec{F}| |\vec{v}| \cos \alpha$

$\vec{F}$ - הכוח שפועל על הגוף ו- $\vec{v}$ היא מהירות הגוף.

נצילות: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{W_{out}}{E_{in}}$

כאשר out מציין את החלק המנוצל על ידי המערכת ו-in מציין את כל מה שמושקע.

מתקף ותנע **GOOL**

התנע של גוף: $\vec{p} = m\vec{v}$

הניסוח הכללי יותר לחוק השני של ניוטון: $\Sigma \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

המתקף של כוח: $\vec{j} = \int \vec{F} dt$

המתקף הוא השטח מתחת לגרף של הכוח כתלות בזמן (לא בלבד עם העבודה שהיא השטח מתחת לגרף של הכוח כתלות במיקום).

המתקף הכולל שפועל על גוף שווה לשינוי בתנע שלו:

$$\vec{j}_{\Sigma \vec{F}} = \Delta \vec{p}$$

חוק שימור התנע: אם סכום הכוחות החיצוניים על מערכת גופים מתאפס אז התנע הכולל של המערכת נשמר.

הנוסחה משימור תנע: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$

בד"כ רושמים את הנוסחה פשוט לכל ציר בנפרד.

התנגשות אלסטית: יש גם שימור אנרגיה ונוסיף למשוואת התנע את המשוואה: $m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 = m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$

אם ההתנגשות חזיתית (במימד אחד) אז במקום המשוואה של האנרגיה נרשום: $v_1 + u_1 = v_2 + u_2$

התנגשות אלסטית לא חזיתית בין שני גופים בעלי מסות שוות ואחד הגופים במנוחה לפני ההתנגשות: הזווית בין המהירויות אחרי ההתנגשות תהיה 90 מעלות.

התנגשות פלסטית (שני הגופים נעים יחדיו לאחר ההתנגשות): $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u$

בהתנגשות פלסטית לא יכול להיות שימור אנרגיה.

התנגשויות שחן לא פלסטיות ולא אלסטיות: אין שימור אנרגיה והגופים לא נעים יחדיו. יהיה רק שימור תנע.

התנגשויות קצרות: ברוב ההתנגשויות הזמן של ההתנגשות מאוד קצר ולכן ניתן להזניח את ההשפעה (המתקף) של כוחות קבועים כמו הכובד.

מקדם תקופה: $e = \frac{u_2 - u_1}{v_1 - v_2}$

בין 0 ל 1, ככל שיותר גבוה יותר אנרגיה נשמרת אך לא ניתן לדעת כמה. שווה 1 באלסטית ו-0 בפלסטית.

התנגשויות ללא שימור תנע: אם בפגיעה הנורמל גדול מאוד אז לא נזיח אותו ונחשב את המתקף שלו והשינוי בתנע של המערכת כתוצאה מכך. בנוסף גם החיכוך הקינטי יכול להיות מאוד גדול בעקבות הנורמל ונחשב גם בו.

מרכז מסה **GOOL**

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 ממשיכה בהתאמה.

מספר גופים קשיחים (לא נקודתיים): עושים מרכז מסה בין מרכזי המסה.

גוף עם חור: נעשה מרכז מסה של הגוף המלא עם מרכז מסה של החור כאשר המסה של החור שלילית.

תאוצת מרכז המסה תלויה רק בכוחות החיצוניים:

$$\Sigma F_{ext} = m a_{c.m.}$$

אם אין כוחות חיצוניים (ומרכז המסה במנוחה בהתחלה) אז מיקום מרכז המסה נשמר. ניתן לעשות "שימור מרכז מסה" לחשב אותו בהתחלה ובסוף ולהשוות.

מערכת מרכז המסה:

$$\vec{p}_T = M \vec{v}_{c.m.}$$

התנע הכולל של מערכת:

ניתן להסתכל על מערכת גופים כגוף נקודתי היא סכום המסות ומהירותו היא מהירות מרכז המסה.

מערכת מרכז המסה היא מערכת שזזה ביחד עם נקודת מרכז המסה.

בשביל למצוא את מהירות הגופים במערכת מרכז המסה נשתמש בטרנספורמציות גליליי.

במערכת מרכז המסה **התנע הכולל של המערכת הוא אפס** ולכן, במקרה של שני גופים, הגופים תמיד ינועו על ציר אחד.

אם ההתנגשות אלסטית, **גודל המהירות של כל גוף נשמר**.

מסה משתנה **GOOL**

הנוסחה $\vec{F} = m \vec{a}$ לא נכונה עבור גוף שהמסה שלו משתנה. נעבור לניסוח הכללי יותר של חוק שני: $\Sigma \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

נוסחה כללית לתנועה גופים שפולטים מסה:

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = M(t) \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v}_{rel} \frac{dm}{dt}$$

כאשר $\frac{dm}{dt}$ הוא קצב הפליטה ((חיובי כאשר חומר יוצא מהגוף ושלילי אם חומר נכנס לגוף).

$\vec{v}_{rel}$ - מהירות החומר שנפלט ביחס לגוף (אם החומר נפלט אחורה אז היא צריכה להיות שלילית)

ext - הכוונה לסכום הכוחות החיצוניים

מומנט כוח **GOOL**

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

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

כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.

תנע זוויתי (ת"ז) **GOOL**

ת"ז: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$

$\vec{r}$ - הוא וקטור המיקום של הגוף, $\vec{p}$ - התנע הקווי

עבור גוף הענ בקו ישר ניתן לחשב את התנ"ז לפי:

$$|\vec{L}| = mvd$$

כאשר d זה המרחק האפקטיבי.

v - המהירות.

הקשר בין תנ"ז: $\Sigma \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$

למומנט כוח: $\Sigma \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$

חוק שימור התנע הזוויתי:

אם $\Sigma \vec{\tau}_{ext} = 0$ אז התנע הזוויתי נשמר

תנ"ז של תנועה משולבת, מערכת גופים שמסתובבים סביב **מרכז מסה שנוע**: $\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.} + \vec{L}_{c.m.}$

כאשר $\vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.}$ זה התנע הזוויתי של מרכז המסה כאילו הוא גוף נקודתי שהמסה שלו היא מסת כל המערכת ו- $\vec{L}_{c.m.}$ התנע הזוויתי ביחס למערכת מרכז המסה, כלומר סך התנ"ז של הגופים במערכת ביחס לצופה הענ בנקודת מרכז המסה.

מומנט התמד **GOOL**

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: $I = \Sigma m_i r_i^2$

משפט שטיינר: $I' = I_{c.m.} + m d^2$

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.

אדטיביביות: 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 במרכז מסה סביב ציר z-אנך לדיסקה: $I_{c.m.} = \frac{1}{2} mR^2$
---	--

$$A(\Omega) = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + \Gamma^2 \Omega^2}}$$

$$\sin(\phi) = \frac{\Gamma \Omega}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + \Gamma^2 \Omega^2}}$$

תדירות תהודה: התדירות של הכוח המאלץ עבורה מקסימאלי. ניתן למצוא אותה ע"י נגזרת של A לפי Ω . אם $\omega_0 \ll \Omega$ אז תדירות התהודה היא בקירוב ω_0 (תדירות התנועה ההרמונית ללא כוח מאלץ ומרסן)

GOOL הידרוסטטיקה

זרמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

צפיפות (מסה חלקי נפח):

מוצקים	צפיפות (kg/m³)	נוזלים	צפיפות (kg/m³)
אלומיניום	2.70×10^3	מים (4°C)	1.00×10^3
ברזל ופלדה	7.8×10^3	פלזמת דם	1.03×10^3
נחושת	8.9×10^3	דם מלא	1.05×10^3
עופרת	11.3×10^3	מי ים	1.025×10^3
זהב	19.3×10^3	כספית	13.6×10^3
בטון	2.3×10^3	אתנול (אלכוהול אתילי)	0.79×10^3
גרניט	2.7×10^3	בנוי	0.68×10^3
עץ (טיפוסי)	$0.3-0.9 \times 10^3$	גזים	
זכוכית רגילה	$2.4-2.8 \times 10^3$	אוויר	1.29
קרח (H₂O)	0.917×10^3	הליום	0.179
עצם	$1.7-2.0 \times 10^3$	פחמן דו-חמצני (CO₂)	1.98
		אדי מים (100°C)	0.598

לחץ: $P = \frac{F}{A}$

- F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.
- הלחץ הוא סקלר. יחידות SI: $1Pa = 1N/m^2$
- זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.
- עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.
- אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן,
- רכיב מקביל לדופן יגרם לזרימה.

הלחץ בעומק h בתוך נוזל (בעל צפיפות אחידה): $P = \rho gh$

*הנוסחה היא ללחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.

לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:

$$P(y_2) - P(y_1) = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

לחץ אטמוספרי:

$$P_0 = 1.013 \cdot 10^5 Pa = 101.3 kPa = 1atm$$

$$1bar = 10^5 Pa$$

לחץ יחסי (הלחץ ביחס ללחץ האטמוספרי): $P = P_0 + P_G$

- P - לחץ אבסולוטי. P_0 - לחץ אטמוספרי. P_G - לחץ יחסי.

עקרון פסקל: אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום אז הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.

מערכת הידראולית:



$$F_{out} = \frac{A_{out}}{A_{in}} F_{in}$$

כוח ציפה: $F_b = \rho_l V g$

- ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

GOOL הידרודינמיקה

זרימה למינרית (שכבתית): זורם הנע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.

זרימה טורבולנטית (עירבולית): זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכילה מערבולות שנקראות זרמי אדי. איבוד אנרגיה גבוה.

ספינקת מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$

- ρ - צפיפות הזורם, A - שטח חתך, v - מהירות הזורם.

ספינקת נפחית Q_v (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$

במצב יציב הספינקת לא משתנה לאורך הזרימה:

$$Q_{m1} = Q_{m2}$$

x_0 - קבוע שיכול להיות חיובי או שלילי.
 x - משתנה כלשהו, יכול להיות גם זווית או משתנה אחר.
 $\ddot{x}$ - נגזרת שנייה של המשתנה.
חיוב להיות מינוס לפני k .

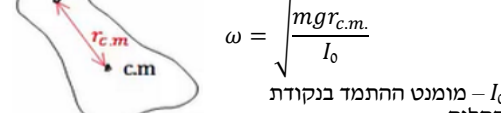
פתרון המשוואה: $x(t) = A \cos(\omega t + \phi) + x_0$
 x_0 - נקודת שיווי המשקל, הנקודה שבה $\Sigma \vec{F} = 0$.
 A - אמפליטודה, המרחק המקסימאלי משיווי המשקל.
 $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ - תדירות זוויתית.
 ϕ - פאזה.
מציאת הקבועים בפתרון:

x_0 - אפשר למצוא ישירות מהקבוע שבמשוואה או למצוא אותו מסכום הכוחות שווה לאפס.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{\text{של המקדם } x}{\text{של המקדם } \ddot{x}}}$$

A, ϕ מוצאים מתנאי התחלה $x(0)$ ו- $\dot{x}(0)$.

נוסחה למהירות המקסימאלית: $v_{max} = \omega A$
מטוטלת פיזיקאלית: גוף קשיח שתולים בנקודה כלשהיא



I_0 - מומנט ההתמד בנקודת התליה

$$E = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} k (x - x_0)^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$$

- האנרגיה הכוללת קבועה ואפשר לחשב אותה דרך האמפליטודה.
- חילופי האנרגיה בין האנרגיה הקינטית לפוטנציאלית, הפוטנציאלית מקסי' בקצוות והקינטית בשיווי משקל.
בור פוטנציאל: כאשר גוף נע בסביבה קרובה מאוד למינימום של הפוטנציאל (האנרגיה הכללית שלו גדולה רק במעט מהאנרגיה הפוטנציאלית במינימום) אז הוא מבצע תנועה הרמונית בתדירות:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{U''(x_0)}{m}}$$

x_0 - מיקום נק' המינימום, ו- $U''(x_0)$ נגזרת שנייה בנקודה.

GOOL תנועה הרמונית מרוסנת

בנוסף לכוח הקפיץ נוסף **כוח מרסן** מהצורה: $F = -\lambda v$

v - מהירות הגוף ו- λ קבוע.

$$\ddot{z} + \Gamma \dot{z} + \omega_0^2 z = 0$$

משוואת התנועה: $z = x - x_0, \Gamma = \frac{\lambda}{m}, \omega_0^2 = \frac{k}{m}$ כאשר $z = x - x_0$

מקרה (I) - ריסון חזק: $\frac{\Gamma}{2} > \omega_0$ מתחלק לשלושה מקרים:

$$z(t) = e^{-\frac{\Gamma}{2}t} \left(A e^{\sqrt{\left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2 - \omega_0^2} t} + B e^{-\sqrt{\left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2 - \omega_0^2} t} \right)$$

מקרה (II) - ריסון קריטי: $\frac{\Gamma}{2} = \omega_0$

$$z(t) = (A + B \cdot t) \cdot e^{-\omega_0 t}$$

דעיכה הכי מהירה לשיווי משקל עם תנודה אחת.

$$\frac{\Gamma}{2} < \omega_0$$

מקרה (III) - ריסון חלש: $\frac{\Gamma}{2} < \omega_0$

$$z(t) = A e^{-\frac{\Gamma}{2}t} \cos(\tilde{\omega} t + \phi); \tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2}$$

יש תנודות דועכות, $\tilde{\omega}$ היא תדירות התנודות.

GOOL תנועה הרמונית מרוסנת ומאולצת

בנוסף לכוח הקפיץ והמרסן נוסף **כוח מאלץ** מהצורה:

$$\ddot{F}(t) = F_0 \sin(\Omega t)$$

Ω ו- F_0 קבועים כלשהם

משוואת התנועה: $\ddot{z} + \Gamma \dot{z} + \omega_0^2 z = \frac{F_0}{m} \sin(\Omega t)$

פתרון משוואת התנועה:

$$x(t) = A(\Omega) \sin(\Omega t + \phi) + x_{\text{הומוגני}}(t)$$

$x_{\text{הומוגני}}(t)$ - הוא הפתרון של תנועה הרמונית מרוסנת שמתחלק לשלושת המקרים ...

- במצב עמיד (לאחר זמן רב) נוניח את הפתרון ההומוגני.

דיסקה במרכז מסה סביב ציר x -במישור הדיסקה	$I_{c.m.} = \frac{1}{4} m R^2$
מוט במרכז המסה	$I_{c.m.} = \frac{1}{12} m L^2$
מוט בקצה	$I = \frac{1}{3} m L^2$
כדור מלא במרכז מסה	$I_{c.m.} = \frac{2}{5} m R^2$
תיבה או לוח במרכז מסה	$I_{c.m.} = \frac{m(a^2 + b^2)}{12}$

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: $\vec{p} = M \vec{v}_{c.m.}$

תנ"ז: גוף הנע בקו ישר (ללא סיבוב פנימי, כלומר לכל החלקים בגוף אותה מהירות קווית):

$$\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.}$$

- תנ"ז גוף קשיח המסתובב סביב ציר קבוע: $\vec{L} = I \vec{\omega}$

כאשר I מומנט ההתמד ביחס לציר

- תנ"ז של תנועה משולבת (הגוף גם זז וגם מסתובב סביב מרכז המסה):

$$\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.} + \vec{L}_{c.m.}$$

כאשר $\vec{L}_{c.m.}$ הוא התנ"ז ביחס לציר העובר במרכז המסה ושווה ל- $\vec{L}_{c.m.} = I_{c.m.} \vec{\omega}$

אנרגיה קינטית סיבובית:

- סביב ציר קבוע כלשהו: $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$

- תנועה משולבת (גוף נע ומסתובב סביב מרכז המסה):

$$E_k = \frac{1}{2} m v_{c.m.}^2 + \frac{1}{2} I_{c.m.} \omega^2$$

- תנועה משולבת שהסיבוב אינו סביב מרכז מסה (*):

$$E_k = \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{1}{2} I_0 \omega^2 + m \vec{r}_{c.m.,o} \cdot (\vec{v}_0 \times \vec{\omega})$$

כאשר I_0 מומנט ההתמד ביחס לציר, $\vec{v}_0$ היא מהירות הציר ו- $\vec{r}_{c.m.,o}$ הוא מיקום מרכז המסה ביחס לציר.

(*השימוש בנוסחה מאוזן נדיר

טבלת השוואה בין תנועה סיבובית לתנועה בקו ישר

תנועה סיבובית	תנועה בקו ישר
θ	x
$\omega = \dot{\theta}$	$v = \dot{x}$
$\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$	$a = \dot{v} = \ddot{x}$
I	m
L	p
τ	F

לגולל ללא החלקה: מהירות הנקודה שנוגעת במשטח מתאפסת (ביחס למשטח) $\leftarrow a_{c.m.} = \alpha R; v_{c.m.} = \omega R$

- בגלייה החיכוך הוא סטטי ולכן אין איבוד אנרגיה.

אין נגשים לשאלות?

חוקי שימור

בדקים מה נשמר:

1. אנרגיה אם כל הכוחות משמרים.

2. תנע קווי אם סכום הכוחות החיצוניים מתאפס.

3. תנ"ז אם סכום המומנטים החיצוניים מתאפס.

GOOL תנועה הרמונית פשוטה

משוואת התנועה: $-k(x - x_0) = m \ddot{x}$

m ו- k הם קבועים חיוביים כלשהם.

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).

משוואת הרציפות: $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$

עבור זורם לא דחיס $\rho_1 = \rho_2$ ואז המשוואה $A_1 v_1 = A_2 v_2$
 עקרון ברנולי: הלחץ הפוך למהירות הזורם
 משוואת ברנולי:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$$

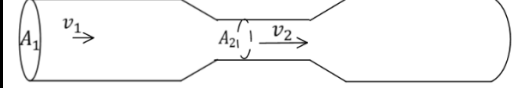
או $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = const$

הנחות למשוואת ברנולי: 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב.
 2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמיגות)
 חוק טוריצ'לי: מהירות הזרימה של נוזל דרך חור בתחתית
 של מיכל מלא בגובה h , זהה למהירות שצובר גוף בנפילה

$$v = \sqrt{2gh}$$

חופשית מאותו הגובה

צינור ונטורי:



GOOL

כוחות מדומים

כוח מדומה מוסיפים רק כאשר הצופה נמצא בתאוצה
 (מערכת לא אינרציאלית). אם הצופה לא בתאוצה (מערכת
 אינרציאלית) אין כוחות מדומים ולא תלוי בתנועת הגוף.
 החוק השני של ניוטון עבור צופה נמצא בתאוצה:

$$-m\vec{a}_0 + \sum \vec{F}_{\text{אמיתיים}} = m\vec{a}'$$

$\vec{a}'$ היא תאוצת הגוף ביחס לצופה.

אמיתיים $\sum \vec{F}$ הם כוחות שיש מי שמפעיל אותם, מופיעים גם
 במערכת המעבדה.

" $-m\vec{a}_0$ " הוא הכוח המדומה כאשר m היא מסת הגוף

הנמדד ו- $\vec{a}_0$ היא תאוצת הצופה.

הכוחות מדומים הנוספים במקרה של צופה מסתובב
 במהירות זוויתית קבועה:

$$\vec{F} = m\omega^2 r \hat{r}$$

הכוח הצנטריפוגלי:

$$\vec{F} = -m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$$

או בצורה יותר כללית

$$\vec{F}_c = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}'$$

כוח קוריאוליס:

כאשר בשתי הנוסחאות ω הוא של הצופה (ולא של הגוף)

$\vec{v}'$ - מהירות הגוף ביחס לצופה.

$\vec{r}$ - וקטור המיקום של הגוף

אם הצופה גם מסתובב וגם נע אז נוסף גם $-ma_0$ וגם את

הצנטריפוגלי וקוריאוליס

כאשר הצופה מסתובב במהירות זוויתית משתנה אז נוסף

$$\vec{F}_{\text{אווילר}} = -m\vec{\omega} \times \vec{r}'$$

את כוח אוילר:

(שימו לב שיש נגזרת בזמן מעל אומגה)

GOOL

אלסטיות

חוק הוק: $F = k\Delta l$

F - הכוח שפועל על הגוף. Δl - התארכות ממצב רפוי

k - קבוע פורפורציה

מודול יאנג:

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

או $Y = \frac{F/A}{\Delta l/l_0}$

Y - מודול יאנג, קבוע שתלוי בסוג החומר

Δl - 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. ברזל 103-124. ברזל ופלדה

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

מאמץ גזירה Shear:

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

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.

מודול הנפח Bulk Modulus:

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

V_0 - נפח במצב שיווי משקל. ΔV - שינוי הנפח.

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

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} .