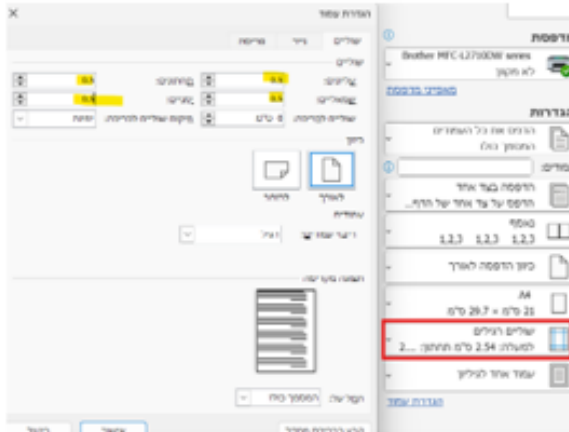


הוראות לדף הנוסחאות

הוראות הדפסה!

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

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השולים, לבחור שולים 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!!

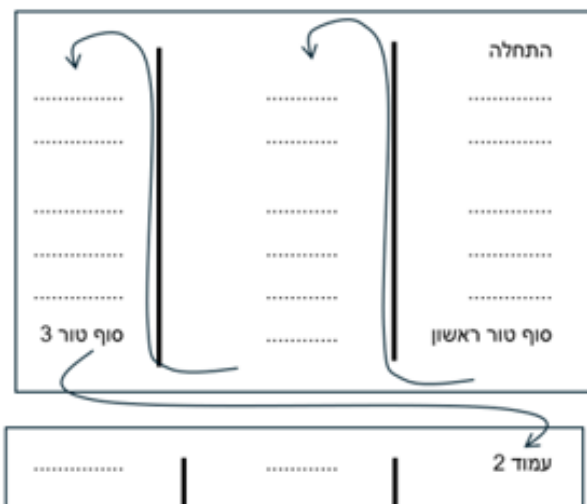
מבנה הדף:

הדף בנוי משלושה טורים.

ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.

בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באות
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 ולאטר 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.

פזיקה 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) + 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)
v_0 = 0 מתחיל ממנוחה ולכן
a = g כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז
(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, ושליילית אם היא כלפי מטה.
- מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.

- שיא גובה כאשר v(t) = 0 הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש: v_0^2 = 2g y_0 ; t_גובה = v_0 / g

תנועה יחסית

נוסחה למיקום היחסי: x_{1,2} = x_1 - x_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)
כניל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:
v_{1,2} = v_1 - v_2 ; a_{1,2} = a_1 - a_2

תנועה במישור - בליסטיקה

וקטור המיקום: r = x\hat{x} + y\hat{y} = (x, y)
העתק: \Delta 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 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 + 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
יתכן 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): v_0 sin(\theta) / g = שיא גובה
y_0 + (v_0 sin(\theta))^2 / 2g = שיא גובה
טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): R = (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 y(t) - ב.

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.

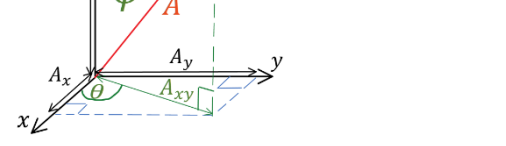
חיכוך סטטי: פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע).
- כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.
- גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים.
- ערך מקסימלי: f_{s,max} = \mu_s N או f_s \le \mu_s N

חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).
- גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים)



נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

cos \alpha = (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z) / (|A| * |B|)
וקטור יחידה:
וקטור בשלושה מימדים:
0 \le \varphi \le \pi
0 \le \theta \le 2\pi
tan \theta = A_y / A_x



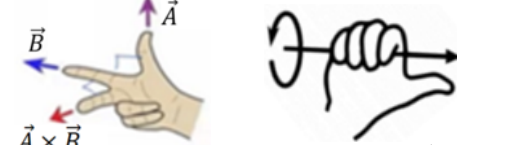
\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} ; cos \varphi = A_z / |A| = A_z / \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}

- פירוק לרכיבים: A_{xy} ; A_z = |A| cos \varphi ; |A| sin \varphi
A_x = |A| sin \varphi cos \theta ; A_y = |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:
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 ואחר כך לפתוח את האמה!

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 = \Delta x / \Delta t = (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 = \Delta v / \Delta t = (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 רגע תחילת התנועה)
מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:

x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + 1/2 a(t - t_0)^2
כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרך 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 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.
- נגזרת של סינוס וקוסינוס: (cos x)' = -sin x ; (sin x)' = cos x

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמואל: sin \alpha = a/c ; יתר: cos \alpha = b/c ; יתר: tan \alpha = a/b
ניצב שמואל: sin \alpha = a/c ; יתר: cos \alpha = b/c ; יתר: tan \alpha = a/b
ליד ניצב: 1/tan \alpha = b/a = cot \alpha ; 1/cot \alpha = a/b = 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	\alpha \pm \beta
cos(\alpha \pm \beta) = cos \alpha cos \beta \mp sin \alpha sin \beta	

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: y = mx + n
משוואת הקו הישר: m היא השיפוע, 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_{קודקוד} = -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} ; 1/a^b = a^{-b}

מעברים בין יחידות: קילו (k) זה 1000 ; 1km = 1000m ; 1kg = 1000gr
מילי (m) זה 1/1000 ; לדוגמה: 1mm = 1/1000 m ; 1mg = 1/1000 gr

ליטר: 1liter = 1000cm^3
קוב: 1 קוב = 1000m^3 = 1000liter
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 * 10^{15} m

צפיפות: \rho = M/V ; \sigma = M/S ; צפיפות נפחית: \rho = M/V ; צפיפות משטחית: \sigma = M/S
צפיפות אורכית: \lambda = M/l
V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

וקטורים

פירוק לרכיבים: A_y = |A| sin \theta ; A_x = |A| cos \theta
למצא גודל וזווית: |A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} ; tan \theta = A_y / A_x

חיבור וקטורים: \vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x, A_y + B_y)
- בצורה גרפית נצמיד 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:

- בצורה פורלית, נפרק לרכיבים ונסכום.
כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר: \vec{B} = a\vec{A} = (aA_x, aA_y)
- בצורה פורלית, 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}| \cdot cos \alpha
- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)
- מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.

GOOL

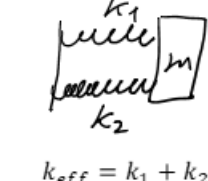
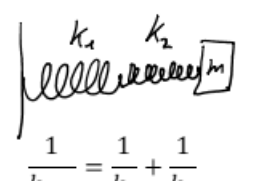
דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון:
 $\vec{F} = m\vec{a}$
 בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
 $\Sigma F_y = ma_y, \Sigma F_x = ma_x$
 בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y, \Sigma F_x = ma_x$
 בבניות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL

קפיצים

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

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

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:
 $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$
 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: $E_i + W_{NC} = E_f$ או $E_f = \Delta E$
 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 גובה 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.

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:
 $W_g = -\Delta U_g$

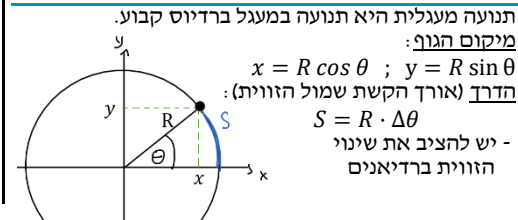
הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
 היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.

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



המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.

מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{ביחידות של רדיאן לשנייה})$$

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

הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבועות):

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

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 ה 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 קבועה) 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 ה 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):

$$a_\theta = \alpha R$$

מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

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

זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

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

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. נוסיף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור האנרגיה:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$$

בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחית) בלבד, ניתן להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה:

$$v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)$$

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 ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.