

# קינמטיקה - תנועה לאורך קו ישר

$$v = \frac{dx}{dt}$$

מהירות רגעית

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t} = V' \text{ (נגזרת)}$$

צורה דיפרנציאלית של הנוסחה

צורה שימושית:

$$V = \frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t} = \frac{X - X_0}{t - t_0}$$

$m / s$	מהירות רגעית	$V$
$m$	מיקום תחילתי	$X_0$
$m$	מיקום סופי	$X$
$s$	זמן שבו גוף היה במיקום סופי	$t$
$s$	זמן שבו גוף היה במיקום תחילתי	$t_0$

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = V' \text{ (נגזרת)}$$

צורה דיפרנציאלית של הנוסחה

צורה שימושית:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - V_0}{t - t_0}$$

$m/s^2$	תאוצה רגעית	$a$
$m/s$	מהירות התחלתית	$V_0$
$m/s$	מהירות סופית	$V$
$s$	זמן שבו לגוף הייתה מהירות סופית	$t$
$s$	זמן שבו לגוף הייתה מהירות התחלתית	$t_0$

## תנועת שוות תאוצה

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$m$	מיקום תחילתי	$X_0$
$m$	מיקום סופי	$X$
$m/s^2$	תאוצה רגעית	$a$
$m/s$	מהירות התחלתית	$V_0$
$m/s$	מהירות סופית	$V$
$s$	זמן שבו לגוף הייתה מהירות סופית	$t$
$s$	זמן שבו לגוף הייתה מהירות התחלתית	$t_0$

# מהירות של B ביחס ל- A

$$V_{B,A} = V_B - V_A$$

$m/s$	וקטור מהירות של גוף B ביחס לגוף A	$\vec{V}_{B,A}$
$m/s$	וקטור מהירות של גוף B ביחס לקרקע	$\vec{V}_B$
$m/s$	וקטור מהירות של גוף A ביחס לקרקע	$\vec{V}_A$

$$w = mg$$

משקל

$N$	משקל ( זהה לכוח הכובד לגוף שמונח או נע במהירות קבועה על מישור אופקי	$W$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$m/s^2$	תאוצה של נפילה חופשית $g = 9.81 \approx 10 \frac{m}{s^2}$	$g$

$$F = k \Delta l$$

חוק הוק (גודל כוח אלסטי)

$N$	כוח אלסטי (כוח קפיץ)	$F$
$N / m$	קבוע קפיץ	$k$
$m$	התארכות או התכווצות של קפיץ (הפרש בין אורך סופי ותחילתי)	$\Delta l$

<http://bagrut.blogspot.com>

איליה וינקור

[bagrut@gmail.com](mailto:bagrut@gmail.com)

# גודל כוח חיכוך

$$f_s \leq \mu_s N$$

סטטי

$$f_k = \mu_k N$$

קינטי

$N$	כוח חיכוך	$f$
אין	(מיו) – מקדם חיכוך	$\mu$
$N$	כוח נורמל (במישור אופקי שווה לכוח הכובד)	$N$

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

החוק השני של ניוטון

$N$	שקול הכוחות (סכום ווקטורי) של כל הכוחות שפועלים על גוף	$\Sigma \vec{F}$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$N$	תאוצה שנגרמת לגוף שמסתו $m$ ע"י כל הכוחות שפועלים עליו	$\vec{a}$

<http://bagrut.blogspot.com>

איליה וינקור

[bagrut@gmail.com](mailto:bagrut@gmail.com)



$$\rho = \frac{m}{V}$$

צפיפות חומר

$kg / m^3$	(רו) – צפיפות החומר	$\rho$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$m^3$	נפח הגוף	$V$

<http://bagrut.blogspot.com>

איליה וינקור

[bagrut@gmail.com](mailto:bagrut@gmail.com)

עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר  $x$  על ידי כוח  $F$  הקבוע בכיוונו

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$

עבודת כוח כלשהו שווה לשטח מתחת לגרף של כוח כפונקציה של העתק

# עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו

$$W = F_x \Delta x = F \cos \theta \Delta s \quad \Delta s = |\Delta x| \text{ כאשר}$$

$J$	עבודה של כוח קבוע	$W$
$N$	רכיב של כוח קבוע על ציר התנועה	$F_x$
$m$	העתקו של הגוף שנע בהשפעת כוח קבוע	$\Delta x$
מעלות	זווית בין כיוון הכוח וכיוון העתקו של הגוף	$\theta$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

אנרגיה קינטית

$J$	אנרגיה קינטית של הגוף	$E_k$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$m/s$	מהירותו של הגוף	$v$

# אנרגיה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד)

$$U_G = mgh$$

$$(U_G (h = 0) = 0)$$

$J$	אנרגיה פוטנציאלית כובדית	$U_G$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$m/s^2$	תאוצה של נפילה חופשית	$g$
$m$	גובה של גוף ביחס למישור יחוס	$h$

<http://bagrut.blogspot.com>

# אנרגיה פוטנציאלית אלסטית

$$U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2 \quad (U_{sp} = 0 \text{ במצב רפוי})$$

$J$	אנרגיה פוטנציאלית אלסטית	$U_{sp}$
$N / m$	קבוע קפיץ	$k$
$m / s^2$	התארכות או התכווצות הקפיץ ביחס למצב שווי משקל	$\Delta l$

<http://bagrut.blogspot.com>

$$W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$$

משפט עבודה-אנרגיה

$J$	<p>עבודה של כל הכוחות שפועלים על הגוף ( עבודת כוח שקול)</p>	$W$
$J$	<p>שינוי אנרגיה קינטית (סופית פחות תחילתית)</p>	$\Delta E_K$

עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים  
(E – אנרגיה מכנית כוללת)

$$W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$$

$J$	<p>עבודה של כל הכוחות לא משמרים (שעבודתם במסלול סגור <u>אינה שווה לאפס</u>) שפועלים על הגוף</p>	$W$
$J$	<p>שינוי אנרגיה מכאנית (סופית פחות תחילתית)</p>	$\Delta E$



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

הספק ממוצע

$W$	הספק ממוצע	$\bar{P}$
$J$	שינוי בעבודה	$\Delta W$
$s$	שינוי זמן	$\Delta t$

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

מתקף של כוח משתנה

מתקף של כוח משתנה שווה לשטח מתחת לגרף  
של כוח כפונקציה של זמן

$$\vec{J} = \vec{F} \Delta t$$

מתקף של כוח קבוע

$N \cdot s$	וקטור מתקף	$\vec{J}$
$N$	וקטור כוח שפועל על גוף	$\vec{F}$
$s$	זמן שבו כוח פועל על גוף	$\Delta t$

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

תנע

$kg \cdot m / s$	וקטור תנע	$\vec{p}$
$kg$	מסת הגוף	$m$
$m / s$	וקטור מהירות	$\vec{v}$

$$\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta \vec{p}$$

נוסחת מתקף-תנע

$N \cdot s$	וקטור מתקף כולל	$\vec{J}$
$kg \cdot m / s$	שינוי ווקטור תנע	$\Delta \vec{p}$

# שימור תנע

$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$$

kg	מסה של גוף ראשון	$m_A$
m/s	וקטור מהירות של גוף ראשון לפני התנגשות	$\vec{v}_A$
kg	מסה של גוף שני	$m_B$
m/s	וקטור מהירות של גוף שני לפני התנגשות	$\vec{v}_B$
m/s	וקטור מהירות של גוף ראשון אחרי התנגשות	$\vec{u}_A$
m/s	וקטור מהירות של גוף שני אחרי התנגשות	$\vec{u}_B$

# בהתנגשות אלסטית חד-ממדית

$$\vec{V}_A - \vec{V}_B = - (\vec{u}_A - \vec{u}_B)$$

m/s	וקטור מהירות של גוף ראשון לפני התנגשות	$\vec{V}_A$
m/s	וקטור מהירות של גוף שני לפני התנגשות	$\vec{V}_B$
m/s	וקטור מהירות של גוף ראשון אחרי התנגשות	$\vec{u}_A$
m/s	וקטור מהירות של גוף שני אחרי התנגשות	$\vec{u}_B$

# תנועות מחזוריות

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Rad/sec	(אומגה) – מהירות זוויתית	$\omega$
אין	3.1415926	$\pi$
Hz	תדירות	$f$
s	זמן מחזור	$T$



$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

מהירות זוויתית ממוצעת

Rad/sec	(אומגה) – מהירות זוויתית ממוצעת	$\bar{\omega}$
אין	שינוי זווית (ברדיאן)	$\Delta\theta$
s	פרק זמן שבו משתנה הזווית	$\Delta t$

# תאוצה צנטריפטלית (רדיאלית)

$$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$m / s^2$	תאוצה צנטריפטלית (רדיאלית)	$a_R$
m/s	מהירות קווית	$V$
m	רדיוס סיבוב	$r$
Rad/s	מהירות זוויתית	$\omega$

הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית

$$v = \omega r$$

m/s	מהירות קווית	$V$
m	רדיוס סיבוב	$r$
Rad/s	מהירות זוויתית	$\omega$

# תנועה הרמונית פשוטה

$$-cx = ma$$

משוואת התנועה

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

נוסחת מקום-זמן

N/m	קבוע (ברוב המקרים – קבוע קפיץ)	$c$
Rad/s	(אומגה) – תדירות זוויתית	$\omega$
m	אמפליטודה (משרעת)	$A$
s	זמן (משתנה)	$t$
Rad	(פי) – מופע תחילתי	$\phi$

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$$

מהירות

$$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

m/sec	מהירות	$V$
Rad/s	(אומגה) – תדירות זוויתית	$\omega$
m	אמפליטודה (משרעת)	$A$
s	זמן (משתנה)	$t$
Rad	(פי) – מופע תחילתי	$\phi$

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$$

תאוצה

$$a = -\omega^2 x$$

m/sec <sup>2</sup>	תאוצה	$a$
Rad/s	(אומגה) – תדירות זוויתית	$\omega$
m	אמפליטודה (משרעת)	$A$
s	זמן (משתנה)	$t$
Rad	(פי) – מופע תחילתי	$\phi$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$$

זמן המחזור

S	זמן מחזור	$T$
N/m	קבוע (ברוב המקרים – קבוע קפיץ)	$c$
אין	3.1415926	$\pi$
kg	מסת הגוף	$m$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

מטוטלת פשוטה (מתמטית)

$T$	זמן מחזור	s
$l$	אורך הוט	m
$\pi$	3.1415926	אין
$g$	תאוצה של נפילה חופשית	m/s <sup>2</sup>



## כבידה

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

החוק השלישי של קפלר

m, km	רדיוס ממוצע של כוכב לכת ראשון	$\bar{r}_1$
m, km	רדיוס ממוצע של כוכב לכת שני	$\bar{r}_2$
s,h,y	זמן מחזור של כוכב לכת ראשון	$T_1$
s,h,y	זמן מחזור של כוכב לכת שני	$T_2$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

גודל כוח הכבידה

N	כוח הכבידה	$F$
$N \cdot m^2 / kg^2$	קבוע כבידה (גרביטציה)	$G$
kg	מסות הגופים	$m_1, m_2$
m	מרחק בין מרכזי הגופים	$r$

# אנרגיה פוטנציאלית כובדית

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

$$(U_G(r \rightarrow \infty) = 0)$$

N	אנרגיה פוטנציאלית כובדית	$U_G$
$N \cdot m^2 / kg^2$	קבוע כבידה (גרביטציה)	$G$
kg	מסות הגופים	$M, m$
m	מרחק בין מרכזי הגופים	$r$

# אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי

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

קינטית

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

כוללת

N	אנרגיה פוטנציאלית כובדית	$U_G$
$N \cdot m^2 / kg^2$	קבוע כבידה (גרביטציה)	$G$
kg	מסות הגופים	$M, m$
m	מרחק בין מרכזי הגופים	$r$
J	אנרגיה קינטית של לוויין	$E_k$
J	אנרגיה מכאנית כוללת של לוויין	$E$

$$N = kg \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$J = N \cdot m = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m = kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$$