

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.

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)

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: v_0^2 = 2g * t_gובה ; שיא גובה = y_0 + v_0^2 / 2g

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)

העתק: dr = dx i + dy j = (dx, dy)

מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = dr/dt

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק 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 או g = -a_y, תיתכן 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_gובה = v_0 sin(theta) / g

שיא גובה = y_0 + (v_0 sin(theta))^2 / 2g

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): R = v_0^2 sin(2theta) / g

טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

משוואת המסלול: משוואה של y(x). על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים t מהביטוי של x(t) ומציבים ב y(t).

תנועה יחסית

נוסחה למיקום היחסי: r_1,2 = r_1 - r_2

r_1, r_2 הם וקטורי המיקומים של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע. r_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

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

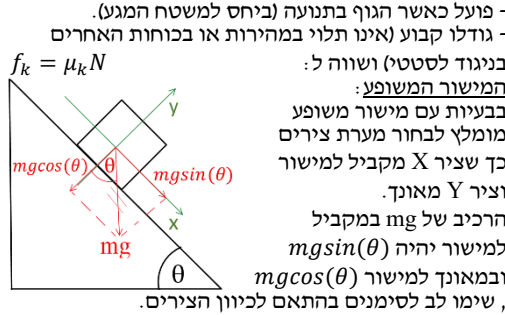
החוק השלישי של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) השווה בגודלו והפוך בכיוונו.

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 המופעלים.

ערך מקסימלי: f_s,max = mu_s N או f_s <= 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



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) = dx/dt ; x(t) = integral v(t) dt

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

a(t) = dv/dt ; v(t) = integral a(t) dt

כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

נגזרות של סינוס וקוסינוס: (cos x)' = -sin x ; (sin x)' = cos x

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: 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:

A + B = (A_x + B_x, A_y + B_y)

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום. כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר: B = alpha 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:

A . B = A_x . B_x + A_y . B_y + A_z . B_z = |A| |B| cos alpha

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור) מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת. נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

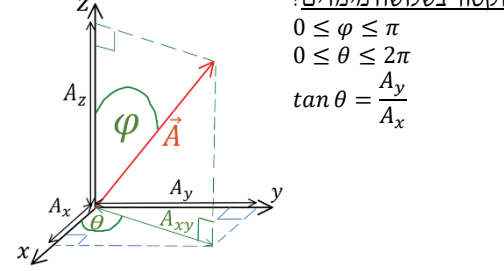
cos alpha = (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z) / (|A| |B|)

וקטור יחידה: וקטור בשלושה מימדים:

0 <= phi <= pi

0 <= theta <= 2pi

tan theta = A_y / A_x



cos phi = A_z / |A| ; cos theta = A_xy / sqrt(A_x^2 + A_y^2)

פירוק לרכיבים: A_xy = |A| sin phi ; A_z = |A| cos phi

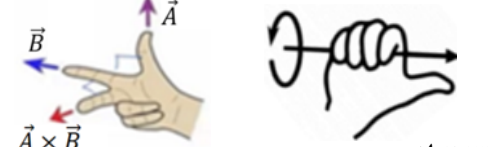
A_x = |A| sin phi cos theta ; A_y = |A| sin phi sin theta

מכפלה וקטורית: דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

A x B = | i j k | | A_x A_y A_z | | B_x B_y B_z |

דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד: גודל המכפלה הוא: |A x B| = |A| |B| sin alpha

וכיוון לפי כלל יד ימין:

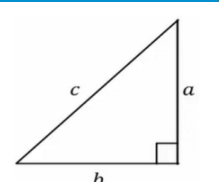


שימו לב שאתם עם יד ימין! בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחר"כ לפתוח את האמה!

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמואל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמואל: 1/tan alpha = cot alpha = b/a ; ניצב ליד: sin alpha / cos alpha = tan alpha ; ניצב שמואל: a^2 + b^2 = c^2



sin(90° - alpha) = cos alpha ; cos(90° - alpha) = sin alpha	90° - alpha
tan(90° - alpha) = cot alpha ; cot(90° - alpha) = tan alpha	
sin(90° + alpha) = cos alpha ; cos(90° + alpha) = -sin alpha	90° + alpha
tan(90° + alpha) = -cot alpha ; cot(90° + alpha) = -tan alpha	
sin(180° - alpha) = sin alpha ; cos(180° - alpha) = -cos alpha	180°
tan(180° - alpha) = -tan alpha ; cot(180° - alpha) = -cot alpha	-alpha
sin(-alpha) = -sin alpha ; cos(-alpha) = cos alpha	-alpha
tan(-alpha) = -tan alpha ; cot(-alpha) = -cot alpha	
sin 2alpha = 2 sin alpha cos alpha	
cos 2alpha = cos^2 alpha - sin^2 alpha = 1 - 2 sin^2 alpha = 2 cos^2 alpha - 1	2alpha
sin(alpha +/- beta) = sin alpha cos beta +/- sin beta cos alpha	alpha +/- beta
cos(alpha +/- beta) = cos alpha cos beta +/- sin alpha sin beta	

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: y = mx + n

m = dy/dx = 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_kודקוד = -b/2a ; y_kודקוד = -b^2 - 4ac / 4a

נוסחת השורשים: x_1,2 = (-b +/- sqrt(b^2 - 4ac)) / 2a

מעברים בין יחידות: קיל (k) זה 1000m ; 1kg = 1000gr ; מיל (m) זה 1/1000 זה 1000m ; 1mm = 1/1000 m ; ומיליגרם 1mg = 1/1000 gr

ליטר: 1liter = 1000cm^3

קוב: 1קוב = 1000m^3 = 1000liter

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 * 10^15 m

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}

צפיפות: צפיפות נפחית: rho = M/V ; צפיפות משטחית: sigma = M/S

צפיפות אורכית: lambda = V/l

V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

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 = dv/dt = (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) + 1/2 a(t - t_0)^2

כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

דינמיקה - חוק II של ניוטון

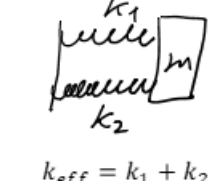
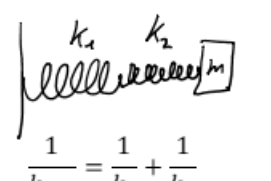
GOOL

חוק II של ניוטון: $\vec{F} = m\vec{a}$

- בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
בנפרד. כלומר: $\Sigma F_x = ma_x$, $\Sigma F_y = ma_y$
- בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL

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: $W_{SF} = \Delta E_k$
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 $W_{NC} = \Delta E$
 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.

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: $W_g = -\Delta U_g$

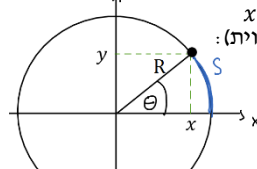
הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע: $P = \frac{w}{\Delta t}$
היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.

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: $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
הדרך (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:

(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 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 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 קבוע (תנועה לא קצובה) אז ישנה גם תאוצה משקיית. התאוצה המשקיית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).

עבור תאוצה משקיית קבועה או ממוצעת: $a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
סכום הכוחות בכיוון המשק (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 המשקיית (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. נוסף 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 שאחד הגופים במנוחה: במקרה זה כל האנרגיה עוברת מהגוף הפועל לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפועל ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

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: $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$
- הראשית היא בנקודת שינוי המשקל.
- נקודת שינוי 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.
מהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$
התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$

קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן

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

עבור מסה המחוברת לקפיץ:

כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו- m היא מסת הגוף.
הפאזה: $\phi = \omega \cdot t_0$
כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)

בדרכ"כ נמצא את A ו- ϕ מתנאי התחלה:
 $x(t = 0) = A \sin \phi$; $v(t = 0) = -\omega A \cos \phi$
מהירות ותאוצה מקסימליות:

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

גלים והתאבכות גלים

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$
 λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.

חוק השבירה: $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.
 n - מקדם השבירה של כל תווך.
 v - מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: $\ell = n \frac{\lambda}{2}$

ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי/ מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע: $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$

θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
 X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .
 L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n .
 d - המרחק בין החריצים.

סווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$

θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
 X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .
 L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .
 d - המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג: $\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d}$

Δx - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.
 λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.
סווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$

θ_n - הזווית למקסימום מסדר n .

d - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד: $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$

θ_n - הזווית למינימום מסדר n .
 X_n - מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי. L_n - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .
 w - רוחב החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע: $I_a = 10 \left(\frac{\alpha}{10}\right)$

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 סף השמע של אדם.

- ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים

סונים $\alpha - \beta$: $\frac{I_a}{I_b} = 10 \left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)$

האנרגיה של גל קול: $E = I \cdot S \cdot t$

E - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל.

S - שטח החתך בו הגל פוגע.

t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

GOOL

הידרוסטטיקה

זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

צפיפות (מסה חלקי נפח): $\rho = \frac{m}{V}$

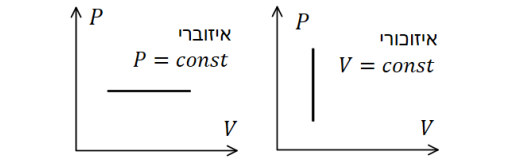
W - עבודה שנעשית מכל סיבה אחרת. אם המערכת מבצעת עבודה אז W יהיה חיובי ואם מתבצעת עבודה על המערכת אז W יהיה שלילי.

תהליך איזותרמי (טמפרטורה קבועה): מתרחש כאשר המערכת צמודה למאגר חום גדול והתהליך הוא קוויזיסטטי (מאוד איטי)

$T = const \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow Q = W$

תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום $Q = 0$)
מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד או אם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בד"כ) לא מספיק לעבור.

$Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = W$
תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):



חישובי העבודה שנעשית בשינוי נפח:
 $W = \int P dV$
- הנוסחה נכונה לגזים, נוזלים ומוצקים.

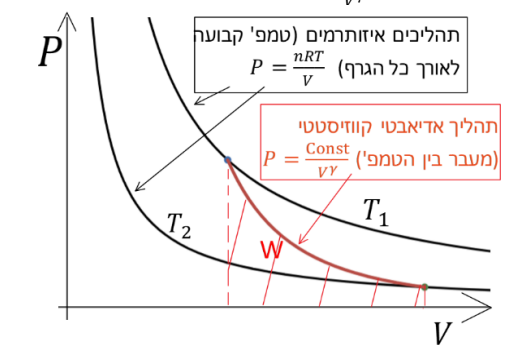
- העבודה היא גם השטח מתחת לגרף $P(V)$
- בתהליך איזוכורי העבודה מתאפסת (כי אין שינוי נפח).
- בתהליך איזוברי העבודה שווה $P\Delta V$ כי הלחץ קבוע (לא צריך אינטגרל).

- גז בתהליך איזותרמי נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{nRT}{V}$

קיבול חום לגזים:
בגזים קיבול החום משתנה בהתאם לתהליך
 $Q_V = nC_V\Delta T$
 $Q_P = nC_P\Delta T$
- מספר המולים של החומר.

C_P/C_V (גדולה) - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע **למול** (בניגוד ל C גדולה במוצקים ונוזלים, שם קיבול כל המסה)
 $C_V = m_{mol}c_V$; $C_P = m_{mol}c_P$
 c_P/c_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה)

m_{mol} - מסה מולרית
 $M_T = nm_{mol}$
הפרש קיבולי החום תמיד קבוע:
 $C_P - C_V = R$
- גז בתהליך אדיאבטי קוויזיסטטי (מאוד איטי) נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{const}{V^\gamma}$



התפשטות חופשית: תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה **אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה**.

אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת P-V מכיוון שמשטחי המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות (הגז עדיין לא תופס את כל הנפח של הכלי והלחץ לא אחיד)

הולכה הסעה וקרניה

הולכה - מעבר אנרגיה על ידי התנגשויות בין המולקולות
 $\frac{dQ}{dt} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$
קצב הולכת חום:

k - מוליכות תרמית - תלוי בסוג החומר
A - שטח חתך. l - אורך

R-value:

- תלוי גם בגודל החומר ולא רק בסוג.
- ערכים גבוהים מסמלים מבודד טוב.

הסעה - מעבר חום באמצעות תנועה של המולקולות בחומר.

קרניה - מועברת דרך גלים אלקטרומגנטיים, אינו דורש תווך.

משוואת סטפן בולצמן (קצב החום הנפלט מגוף ע"י

קרניה):
 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon\sigma AT^4$

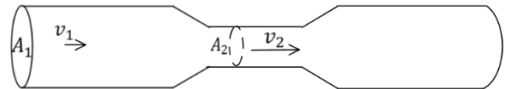
$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ קבוע סטפן-בולצמן

A שטח הפנים של הגוף הפולט. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ϵ - קירון (אמיסיביות) $0 < \epsilon < 1$, תכונה של פני הגוף שקורן. גופים שחורים, לדוגמה פחם, $\epsilon \approx 1$ מתכות מבריקות $\epsilon \approx 0$. האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה.

הנטו של קצב פליטת הקרניה (פליטה פחות קליטה) הוא:

$\frac{dQ}{dt} = \epsilon\sigma A(T_1^4 - T_2^4)$

T₁ - הטמפרטורה של הגוף הפולט.



חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה

1 cal/1kcal היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם/קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס):

1 cal = 4.186 J

4.186 kJ = (או Cal עם C גדולה) 1 kcal
אנרגיה פנימית - סך האנרגיות של כל המולקולות בחומר.

אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי:
 $E_{int} = \frac{3}{2}nRT$

אנרגיה פנימית של גז אידיאלי דו-אטומי:
 $E_{int} = \frac{5}{2}nRT$
- מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

חישוב חום:
 $Q = mc\Delta T$

m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום **הסגולי** (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT שינוי בטמפ'. C (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף:
 $C = mc$

קיבול חום סגולי c בטמפרטורה 20°C ובלחץ 1atm
חומר
[J/(kg · °C)] c [cal/(g · °C)]

אלומיניום	900	0.22
אלכוהול (אתילי)	2400	0.58
נחושת	390	0.093
זכוכית	840	0.20
ברזל / פלדה	450	0.11
עופרת	130	0.031
שיש	860	0.21
כספית	140	0.033
כסף	230	0.056
עץ	1700	0.40
קרח(-5°C)	2100	0.50
מים נוזליים	4186	1.00
קיסור(110°C)	2010	0.48
גוף האדם (מומצע)	3470	0.83

חום כמוס: חום שהולך לשינוי מצב הצבירה של החומר ואינו משנה את הטמפרטורה:
 $Q = m \cdot L$

Q - החום הכמוס בחומר. m - מסת הגוף.
L - חום כמוס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).



חומר	נק' היתוך (°C)	L _f היתוך (kJ/kg)	נק' רתיחה (°C)	L _v רתיחה (kJ/kg)
חמצן	-219	14	-183	210
חנקן	-210	26	-195.8	200
אתנול	-114	104	78	850
אמוניה	-117	33	-33.4	137
מים	0	333	100	2260
עופרת	327	25	1750	870
כסף	961	88	2193	2300
ברזל	1808	289	3023	6340
טונגסטן	3410	184	5900	4800

החוק הראשון של התרמודינמיקה:
 $\Delta E_{int} = Q - W$

או בצורה רחבה יותר: $\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_{int} = Q - W$
 ΔE_{int} - שינוי באנרגיה פנימית.

Q - חום. אם חום נכנס למערכת אז Q חיובי ואם חום יוצא מהמערכת אז Q שלילי

מוצקים	צפיפות (kg/m³)	נוזלים	צפיפות (kg/m³)
אלומיניום	2.70 × 10³	מים(4°C)	1.00 × 10³
ברזל ופלדה	7.8 × 10³	פלומת דם	1.03 × 10³
נחושת	8.9 × 10³	דם מלא	1.05 × 10³
עופרת	11.3 × 10³	מי ים	1.025 × 10³
זהב	19.3 × 10³	כספית	13.6 × 10³
בטון	2.3 × 10³	אתנול (אלכוהול אתילי)	0.79 × 10³
גרניט	2.7 × 10³	בנוין	0.68 × 10³
עץ (טיפוסים)	0.3-0.9 × 10³	גזים	
זכוכית רגילה	2.4-2.8 × 10³	אוויר	1.29
קרח(H₂O)	0.917 × 10³	הליום	0.179
עצם	1.7-2.0 × 10³	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 לחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.
לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:

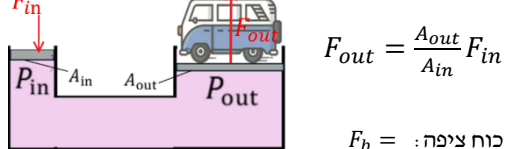
$$P(y_2) - P(y_1) = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

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. P₀ - לחץ אטמוספרי. P_G - לחץ יחסי.
עקרון פסקל: אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום או הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.

מערכת הידראולית:



כוח ציפה:
 $F_b = \rho_l V g$

ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

התרמודינמיקה

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.

ספיקה מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן):
 $Q_m = \frac{dm}{dt} = \rho Av$

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

ספיקה נפחית Q_V (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן):
 $Q_V = \frac{\Delta V}{dt} = Av$

במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:

$Q_{m1} = Q_{m2}$

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:

$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 + P_2$

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

הנחות למשוואת ברנולי: 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב. 2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמיגות)

חוק טוריציילי: מהירות הזרימה של נוזל דרך חור תחתית של מיכל מלא בגובה h, זהה למהירות שצובר גוף בנפילה חופשית מאותו הגובה h
 $v = \sqrt{2gh}$

צינור ונטורי:

T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.

קרינת שמש:

הקבועה סולרי הוא $1350 \frac{W}{m^2 \cdot s}$. האטמוספירה יכולה

לספוג עד 70% מהקרינה. ביום בהיר נעריך את הקבוע כ 1000 וכמות החום שגוף מקרינת השמש:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(1000 \frac{W}{m^2 \cdot s}\right) \varepsilon A \cos \theta$$

θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.

החוק השני של התרמודינמיקה GOOL

החוק השני לפי קלאוזיוס: חום זורם בצורה ספונטנית מהגוף החם לגוף הקר, חום לא זורם ספונטנית מהגוף הקר לגוף החם.



מנועי חום: $Q_H = W + Q_L$

Q_H - כמות החום שיוצאת

מהמאגר החם.

Q_L - כמות החום שנכנסת

אל המאגר הקר.

W - העבודה שהמנוע מבצע על

הסביבה.

- שימו לב: כל הסימנים חיוביים!

T_H ו- T_L נקראות טמפרטורות העבודה

נצילות:

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

- לא קיים מכשיר שיש לו נצילות 100% (גם ניסוח לחוק) תהליך הפיך תהליך שמתבצע באיטיות אינפיניטסימלית (או בצורה קוויזיסטטית) כך שניתן לתארו כסדרה של מצבי שיווי משקל, וניתן לבצעו בכיוון ההפוך כאשר העבודה והחום שנעשים בכיוון ההפוך שווים לעבודה והחום שנעשו בכיוון המקורי.

מנוע קרנו:

השטח שסגור בתוך

הלולאה שווה

לעבודה נטו שנעשית

על ידי המנוע.

נצילות:

$$\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

הטמפי' בקלווין!

- השטח שסגור בתוך

הלולאה שווה

לעבודה נטו שנעשית

על ידי המנוע.

- מורכב מתהליכים הפיכים ולכן לא קיים במציאות, ניתן

רק לשאוף אליו.

משפט קרנו: לכל המנועים הפיכים שפועלים באותן

טמפרטורות עבודה T_H ו- T_L קבועות יש אותה הנצילות.

לכל מנוע בלתי הפיך שפועל תחת אותן טמפרטורות עבודה

קבועות, תהיה נצילות נמוכה מזו.

מנוע בעירה: דלק נכנס ב-



מקדם יעילות מקרר/ מזגן:

$$COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$$

$$COP_{ideal} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

מקדם יעילות משאבת חום:

$$COP = \frac{Q_H}{W}$$

תמיד גדול מאחד

אנטרופיה GOOL

אנטרופיה - מדד לאי סדר

של המערכת

שינוי באנטרופיה בתהליך הפיך ובטמפרטורה קבועה:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$$

- אם הטמפרטורה לא קבועה אז:

- האנטרופיה היא משתנה מצב, השינוי באנטרופיה במעבר

של המערכת ממצב אחד לאחר אינו תלוי בתהליך.

- אם התהליך לא הפיך אפשר לחשב את השינוי

באנטרופיה בתהליך אחר, הפיך, שמתחיל ומסתיים

באותם מצבים.

החוק השני במונחים של אנטרופיה:

האנטרופיה של מערכת מבודדת תמיד עולה (תהליך בלתי

הפיך) או נשארת קבועה (תהליך הפיך).

או, האנטרופיה הכוללת של מערכת והסביבה שלה

כתוצאה מתהליך טבעי: $\Delta S_T = \Delta S_{sys} + \Delta S_{env} > 0$

פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני

מצב מיקרוסקופי: מה המיקום והמהירות של כל

מולקולה בחומר.

מצב מקרוסקופי: מתואר על ידי משתנה מצב כלליים לכל

המערכת כמו - לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר המולים.

האנטרופיה כתלות מספר המצבים: $S = k \ln \Omega$

k - קבוע בולצמן

Ω - פונקציה המתארת את מספר המצבים

המיקרוסקופיים המתאימים לאותו מצב מקרוסקופי.