

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

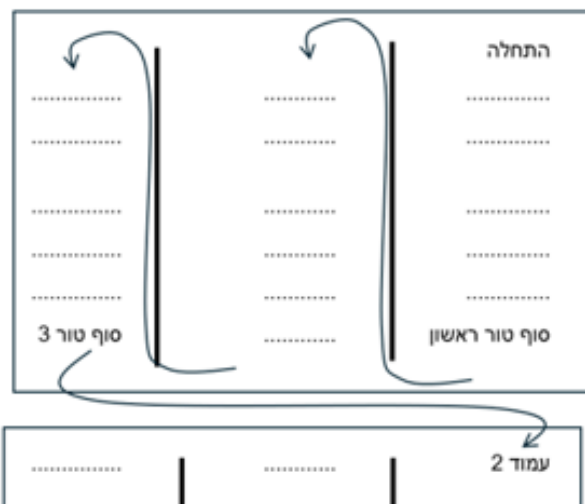
עריכה:

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 ה-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:

a = g
(במשוואות הנ"ל).

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:

t_שיא גובה = v_0 / g ; y_שיא גובה = y_0 + v_0^2 / 2g

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)

העתק: Δr = Δx i + Δy j = (Δx, Δy)

מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = Δr / Δt

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית v_0 בזווית θ (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(θ) t ; v_x(t) = v_0 cos(θ)

y(t) = y_0 + v_0 sin(θ) t + 1/2 a_y t^2

v_y(t) = v_0 sin(θ) + 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_שיא גובה = v_0 sin(θ) / g

y_שיא גובה = y_0 + (v_0 sin(θ))^2 / 2g

R = v_0^2 sin(2θ) / g

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): 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).

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 ≤ μ_s N או f_{s,max} = μ_s N

חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).

גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים).

בניגוד לסטטי ושווה ל: המישור המשופע:

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

הרכיב של mg במקביל למישור יהיה mgsin(θ) ובמאונך למישור mgcos(θ) שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

ΣF = ma

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר

ΣF_x = ma_x ; ΣF_y = ma_y

בנפרד. כלומר: בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נסיק את הקשר בין התאוצות של הגופים.



דינמיקה - חוק III של ניוטון

ΣF = -ma

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר

ΣF_x = -ma_x ; ΣF_y = -ma_y

בנפרד. כלומר: בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נסיק את הקשר בין התאוצות של הגופים.

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) = ∫ v(t) dt

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

a(t) = dv/dt ; v(t) = ∫ a(t) dt

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

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

וקטורים

פירוק לרכיבים: A_y = |A| sin θ ; A_x = |A| cos θ

למצא גודל וזווית: |A| = √(A_x^2 + A_y^2) ; tan θ = 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 = αA = (αA_x, αA_y)

בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך) מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:

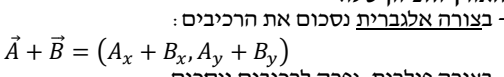
A · B = A_x · B_x + A_y · B_y + A_z · B_z = |A| |B| cos α

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

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

וקטור יחידה: וקטור בשלושה מימדים: 0 ≤ φ ≤ π ; 0 ≤ θ ≤ 2π

tan θ = A_y / A_x



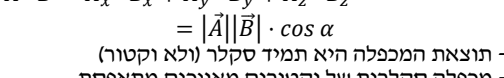
פירוק לרכיבים: A_xy = |A| sin φ ; A_z = |A| cos φ

A_x = |A| sin φ cos θ ; A_y = |A| sin φ sin θ

מכפלה וקטורית: דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

A × 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 × B| = |A| |B| sin α ; וכיוון לפי כלל יד ימין:



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

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמוles: sin α = a/c ; יתר: cos α = b/c ; ניצב ליד יתר: tan α = a/b ; ניצב שמוles: 1/cot α = tan α ; ניצב שמוles: 1/tan α = cot α ; ניצב שמוles: a^2 + b^2 = c^2

sin(90° - α) = cos α ; cos(90° - α) = sin α ; tan(90° - α) = cot α ; cot(90° - α) = tan α	90° - α
sin(90° + α) = cos α ; cos(90° + α) = -sin α ; tan(90° + α) = -cot α ; cot(90° + α) = -tan α	90° + α
sin(180° - α) = sin α ; cos(180° - α) = -cos α ; tan(180° - α) = -tan α ; cot(180° - α) = -cot α	180° - α
sin(-α) = -sin α ; cos(-α) = cos α ; tan(-α) = -tan α ; cot(-α) = -cot α	-α
sin 2α = 2 sin α cos α ; cos 2α = cos^2 α - sin^2 α = 1 - 2 sin^2 α = 2 cos^2 α - 1	2α
sin(α ± β) = sin α cos β ± sin β cos α ; cos(α ± β) = cos α cos β ∓ sin α sin β	α ± β

משוואת הקו הישר: y = mx + n

משוואת הקו הישר: m = Δy/Δx = tan α כאשר α 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 ; y_קודקוד = -b^2 - 4ac / 4a

נוסחת השורשים: x_{1,2} = (-b ± √(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 ; ליטר = 1000 cm^3 ; שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1 lightyear = 9.4608 · 10^15 m ; צפיפות: σ = M/S ; צפיפות נפחית: ρ = M/V ; צפיפות אורכית: λ = V/l ; V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

תנועה בקו ישר

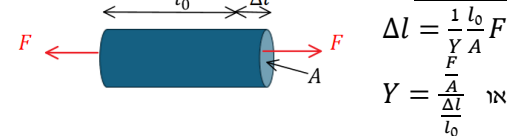
העתק- השינוי במיקום הגוף: Δx = x_2 - x_1 ; דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S ; מהירות ממוצעת או קבועה: v = Δx/Δt = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1) ; המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה: x(t) = x_0 + v(t - t_0) ; גרפים: גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות. גרף המהירות 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 = Δv/Δt = (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)

מומנט כוח

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: $|\vec{\tau}| = |\vec{r}| |\vec{F}| \sin \alpha = |\vec{F}| r_{\perp}$
כאשר $r_{\perp}$ הוא הרכיב של $\vec{r}$ המאונך לכוח כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.

אלסטיות

חוק הוק: $F = k \Delta l$
F - הכוח שפועל על הגוף. Δl - התארכות ממצב רפוי
k - קבוע פורפריה
מודול יאנג: $\Delta l = \frac{1}{Y} \frac{l_0}{A} F$
או $Y = \frac{A}{\Delta l} \frac{l_0}{F}$



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 210-190. 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 - נפח במצב שיווי משקל. ΔV - שינוי הנפח.
 ΔP - 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).

הידרוסטטיקה

זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

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

מוצקים	צפיפות (kg/m^3)	נוזלים	צפיפות (kg/m^3)
אלומיניום	2.70×10^3	מים ($4^\circ C$)	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	בנזין	0.68×10^3
עץ (טיפוסים)	$0.3-0.9 \times 10^3$	גזים	
זוכית רגילה	$2.4-2.8 \times 10^3$	אוויר	1.29
קרח (H_2O)	0.917×10^3	הליום	0.179
עצם	$1.7-2.0 \times 10^3$	פחמן דו-חמצני (CO_2)	1.98
		אדי מים ($100^\circ C$)	0.598

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 (לכון גם למהירויות שאינן קבוע):
 $|\vec{v}| = \omega R$
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 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 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 Y) יהיה: $\Sigma F_\theta = m a_\theta$
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:
(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:
 $\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \alpha(t - t_0)^2$

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:
 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$
בהתנגשות אלסטית במימד אחד (מצחיית) 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 להתנגשות אלסטית לחלוטין.
התנגשות אלסטית מצחית (במימד אחד) בין מסות שוות
שאחד הגופים במנוחה: במקרה זה כל האנרגיה עוברת מהגוף הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינעו לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

מרכז מסה

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

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

פלדה (250, 500, 500). אלומיניום (200, 200, 250).
בטון (2, 20, 2). עץ (5, 35, 40). ניילון (00, 00, 500). עצם (00, 170, 130).

הידרוסטטיקה

זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

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

מוצקים	צפיפות (kg/m^3)	נוזלים	צפיפות (kg/m^3)
אלומיניום	2.70×10^3	מים ($4^\circ C$)	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	בנזין	0.68×10^3
עץ (טיפוסים)	$0.3-0.9 \times 10^3$	גזים	
זוכית רגילה	$2.4-2.8 \times 10^3$	אוויר	1.29
קרח (H_2O)	0.917×10^3	הליום	0.179
עצם	$1.7-2.0 \times 10^3$	פחמן דו-חמצני (CO_2)	1.98
		אדי מים ($100^\circ C$)	0.598

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

$k_{eff} = k_1 + k_2$

חיבור בטור

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

כבידה והכוח הריבועי ההפוך

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה:
 $F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$
כאשר m_1 ו- m_2 הן שתי המסות ביניהם פועל הכוח.
r הוא המרחק בין מרכזי הכובד של הגופים. מפה השם הכוח הריבועי ההפוך.
G - הוא קבוע הנקרא קבוע הכבידה העולמי (או קבוע הגריטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים והוא: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$

עבודה והכוח

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: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$
העבודה הכוללת (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 איפה שרוצים. העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: $W_g = -\Delta U_g$
האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
k הוא קבוע הקפיץ $U_{el} = \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$

Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
האנרגיה הכוללת היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:
 $E = E_k + U = \frac{1}{2} m v^2 + mgh + \frac{1}{2} k (\Delta x)^2$

*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.
משפט עבודה אנרגיה: $W_{NC} = \Delta E$ או $E_i + W_{NC} = E_f$
 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 בגובה של מטוטלת:
 $h = l(1 - \cos \theta)$
h - הגובה מהתחתית
l - אורך החוט
 θ - 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 החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)
 $Q = -W_{f_k}$
ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

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 שנייה.

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): $1 Hp = 746 Watt$
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).

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.

מיקום הגוף:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
הדבר (אורך הקשת שמול הזווית):
 $S = R \cdot \Delta \theta$



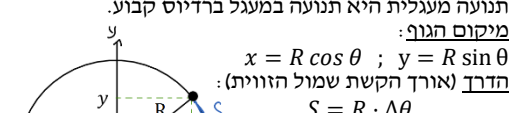
הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע: $P = \frac{W}{\Delta t}$
היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שנייה.

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): $1 Hp = 746 Watt$
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).

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.

מיקום הגוף:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
הדבר (אורך הקשת שמול הזווית):
 $S = R \cdot \Delta \theta$



חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה

$1 \text{ cal} / 1 \text{ kcal}$ היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם /קילוגרם של מים במעלה אחת (צלוזיוס):

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 4.186 \text{ kJ} \quad (\text{או } C \text{ עם } C \text{ גדולה})$$

אנרגיה פנימית - סך האנרגיות של כל המולקולות בחומר.

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

$$E_{\text{int}} = \frac{5}{2} nRT \quad \text{אנרגיה פנימית של גז אידיאלי דו-אטומי}$$

n - מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

$$Q = mc\Delta T \quad \text{חישוב חום}$$

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

קיבול חום סגולי c בטמפרטורה 20°C ובלחץ 1 atm

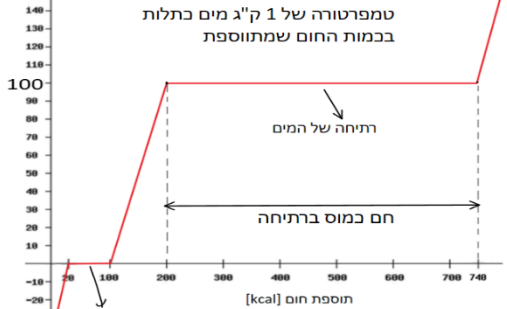
חומר	$c \text{ [J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)]}$	$c \text{ [cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)]}$
אלומיניום	900	0.22
אלכוהול (אתילי)	2400	0.58
נחושת	390	0.093
זכוכית	840	0.20
ברזל / פלדה	450	0.11
עופרת	130	0.031
שיש	860	0.21
כספית	140	0.033
כסף	230	0.056
עץ	1700	0.40
קרח (-5°C)	2100	0.50
מים נוזליים (15°C)	4186	1.00
קיטור (110°C)	2010	0.48
גוף האדם (ממוצע)	3470	0.83

חום כבוס: חום שהולך לשינוי מצב הצבירה של החומר ואינו משנה את הטמפרטורה:

$$Q = m \cdot L$$

Q - החום הכבוס בחומר. m - מסת הגוף.

L - חום כבוס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).



חומר	נק' היתוך ($^\circ\text{C}$)	L_f היתוך (kJ/kg)	נק' רתיחה ($^\circ\text{C}$)	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: $\Delta E_{\text{int}} = Q - W$

או בצורה רחבה יותר: $\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_{\text{int}} = Q - W$

ΔE_{int} - שינוי באנרגיה פנימית.

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

W - עבודה שנעשת 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 קוויסטי (מאוד איטי)

מוצקים	α ($^\circ\text{C}^{-1}$)	β ($^\circ\text{C}^{-1}$)	נוזלים	β ($^\circ\text{C}^{-1}$)
ברזל / פלדה	12×10^{-6}	35×10^{-6}	מים	210×10^{-6}
עופרת	29×10^{-6}	87×10^{-6}	גזים	β ($^\circ\text{C}^{-1}$)
זכוכית (פיירקס)	3×10^{-6}	9×10^{-6}	אוויר *	3400×10^{-6}
זכוכית רגילה	9×10^{-6}	21×10^{-6}	*ורוב הגזים האחרים בלחץ אטמוספרי	
קוורץ	0.4×10^{-6}	1×10^{-6}	לנוזלים וגזים אין α	
בטון / לבנים	$12 \times 10^{-6} \approx 36 \times 10^{-6}$			
שיש	1.4×10^{-6}	4×10^{-6}		

האנומליה של המים

כאשר הטמפרטורה יורדת מתחת 4°C המים מתרחבים (הצפיפות קטנה במקום לגדול) ולכן קרח צף על פני המים.

חוק הגז האידיאלי

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{לחץ}$$

F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.

$$P = \rho_l gh \quad \text{הלחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת}$$

h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה. ρ_l - צפיפות הנוזל.

הלחץ של נוזל תלוי רק בגובה הנוזל (ובסוג הנוזל) ולא בכמות הנוזל.

$$1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \text{לחץ אטמוספרי}$$

לחץ שלילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס ללחץ אטמוספרי) ונמדד מהלחץ האטמוספרי.

לחץ אבסולוטי: הוא הלחץ שנמדד ביחס ללחץ אפס מוחלט (כאשר הכוח הוא אפס).

$$T(K) = T(^\circ\text{C}) + 273.15 \quad \text{מעבר מצלוזיוס לקלווין}$$

$$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \quad \text{מספר אבוגדרו}$$

כמות של N_A חלקיקים (אטומים או מולקולות) נקראת **מול** (mol) של החומר

מסה מולרית (המסה של מול אחד, או מספר אבוגדרו של חלקיקים):

$$M_{\text{mol}} = N_A \cdot m_a \quad m_a - \text{מסה אטומית}$$

N_A - מספר אבוגדרו.

המסה המולרית שווה למסה האטומית רק בגרם במקום ביחידת מסה אטומית

$$m = N \cdot m_a = n \cdot M_{\text{mol}} \quad \text{הקשר למסת כל החומר}$$

n - מספר המולים בחומר. N - מספר החלקיקים הכולל

m - מסת כל החומר. M_{mol} - המסה המולרית.

מסה מולקולרית: לפעמים הכוונה למסה של מולקולה אחת בחומר. ולפעמים למסה של מול אחד של מולקולות בחומר (כמו המסה המולרית רק של מולקולות).

משוואת המצב של גז האידיאלי:

$$PV = nRT \quad (PV = NkT \text{ או})$$

P - לחץ **אבסולוטי**. V - נפח. T - טמפ' בקלווין.

n - מספר המולים בחומר.

N - מספר החלקיקים הכולל בגז (אטומים או מולקולות)

$$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 1.99 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \quad \text{קבוע בולצמן}$$

הנוסחה תקפה כל עוד הלחץ בסדר גודל של לחץ אטמוספרי או פחות והטמפרטורה רחוקה מהטמפרטורה בה הגז הופך לנוזל (טמפרטורת הרתיחה)

Standard Temperature and Pressure-STP:

$$T = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}, P = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$$

התיאוריה הקינטית של הגזים

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה בגז נמצאת

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{ביחס ישר לטמפרטורה}$$

$\bar{v}^2$ - ממוצע של המהירות בריבוע. m - מסת המולקולה.

$$T - \text{טמפרטורה. קבוע בולצמן } \frac{1}{K} = 1.38 \cdot 10^{-23} \quad k = \frac{R}{N_A}$$

מהירות rms:

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\bar{v}^2}$$

התפלגות מקסוול-בולצמן למהירויות:

$$f(v) = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$

N - מספר המולקולות הכולל.

תמיד נדבר על מספר המולקולות **בטווח של מהירויות**. השטח מתחת לגרף הפונקציה בין המהירויות v_1 ל v_2 נותן את מספר המולקולות עם מהירויות בין v_1 ל v_2

סך כל המולקולות: $N = \int_0^\infty f(v) dv$

v_p - השכיח, המהירות הכי נפוצה.

- עבור טמפרטורה גדולה יותר הגרף זז ימינה ומתרחב.



$$P = \frac{F}{A} \quad \text{לחץ}$$

F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.

הלחץ הוא סקלר. יחידות ב SI : $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

- 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:

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

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

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:

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

כוח ציפה: $F_b = \rho_l V g$

ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

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.

ספיקה 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.

ספיקה נפחית Q_V (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן):

$$Q_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$$

במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:

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

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

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:

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

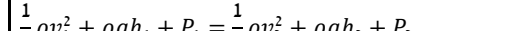
או $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = \text{const}$

הנחות למשוואת ברנולי: 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב.

2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמיגות)

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

צנור ונטורי:



טמפ' והתפשטות תרמית

$$1u = 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \sim m_p \quad \text{יחידת מסה אטומית}$$

$$m_a \approx A \cdot 1u \quad \text{מסת האטום ביחידת מסה אטומית}$$

A - מספר המסה (מסר הפרוטונים והנויטרונים בגרעין)

$$T(^\circ\text{C}) = \frac{5}{9} [T(^\circ\text{F}) - 32] \quad \text{מעבר מפרנהייט לצלוזיוס}$$

התפשטות תרמית לאינרית:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta T = T - T_0 \quad \Delta l = l - l_0$$

α קבוע התלוי בחומר (בטבלה)

$$\Delta A = \gamma A_0 \Delta T \quad \text{התפשטות תרמית משטחית}$$

- חורים גדלים עם עליה בטמפרטורה

התפשטות נפחית:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \Delta V = V - V_0; \beta \approx 3\alpha$$

מוצקים

אלומיניום β ($^\circ\text{C}^{-1}$) 25×10^{-6} α ($^\circ\text{C}^{-1}$) 75×10^{-6} β ($^\circ\text{C}^{-1}$) 950×10^{-6}

פלז 19×10^{-6} 56×10^{-6} 180×10^{-6} 1100×10^{-6}

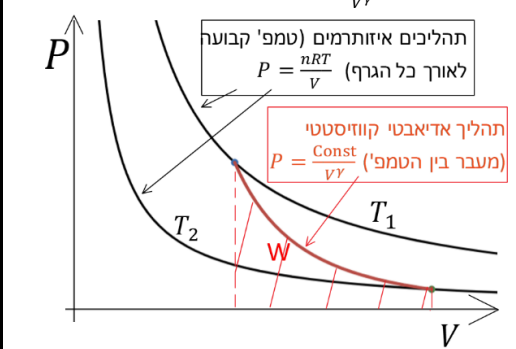
נחושת 17×10^{-6} 50×10^{-6} 1100×10^{-6} 1100×10^{-6}

זהב 14×10^{-6} 43×10^{-6} 500×10^{-6} 500×10^{-6}

תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום) $Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow P = \text{const}$
 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

$Q_V = nC_V\Delta T$
 $Q_P = nC_P\Delta T$
 n - 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)
 $m_{mol} = nm$
 $C_P - C_V = R$
 תהליך אדיאבטי קוויסטטי (מאוד איטי) נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{\text{const}}{V^\gamma}$



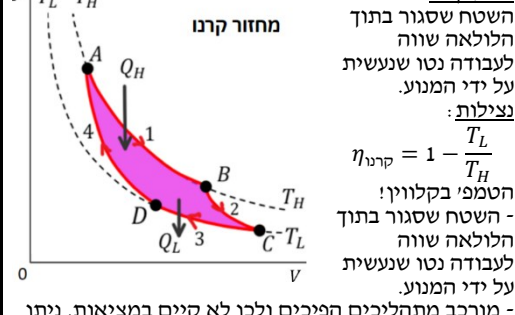
התפשטות חופשית: תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.
 אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת $P-V$ מכיוון שמשני המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות (הגז עדיין לא תופס את כל הנפח של הכלי והלחץ לא אחיד)

הולכה הסעה וקרינה
הולכה - מעבר אנרגיה על ידי התנגשויות בין המולקולות
קצב הולכת חום: $\frac{dQ}{dt} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$
 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.
 קרינה - מועברת דרך גלים אלקטרומגנטיים, אינו דורש תווך.
 משוואת סטפן בולצמן (קצב החום הנפלט מגוף ע"י קרינה):
 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma A T^4$

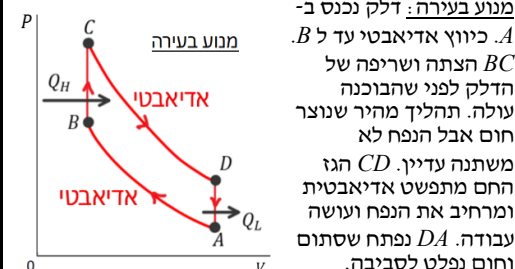
$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$
 A שטח הפנים של הגוף הפולט. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ϵ - קירון (אמיסיביות) $0 < \epsilon < 1$, תכונה של פני הגוף שקורן. גופים שחורים, לדוגמה פחם, $\epsilon \approx 1$ מתכות מבריקות $\epsilon \approx 0$. האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה.
 הנטו של קצב פליטת הקרינה (פליטה פחות קליטה) הוא:
 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$
 T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט.
 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 סופג מקרינת השמש:

$\frac{dQ}{dt} = \left(1000 \frac{W}{m^2 \cdot s}\right) \epsilon A \cos \theta$
 θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.
החוק השני של התרמודינמיקה
 החוק השני לפי קלאוזיוס: חום זורם בצורה ספונטנית מהגוף החם לגוף הקר, חום לא זורם ספונטנית מהגוף הקר לגוף החם.
 מנועי חום: $Q_H = W + Q_L$
 - 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 קוויסטטית) 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: $\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$
 הטמפרטורה 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. כלל מנוע בלתי הפיך שפועל תחת אותן טמפרטורות עבודה קבועות, תהיה נצילות נמוכה מזו.



מנוע בעירה: דלק נכנס ב- A. כיוון אדיאבטי עד ל- B. הצתה ושריפה של הדלק לפני שהבוכנה עולה. תהליך מהיר שנוצר חום אבל הנפח לא משתנה עדיין. CD. הגז החם מתפשט אדיאבטית ומרחיב את הנפח ועושה עבודה. DA נפתח שסתום וחום נפלט לסביבה.
 מקדם יעילות מקרר/מזגן: $COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$
מקדם יעילות משאבת חום: $COP_{ideal} = \frac{Q_H}{T_H - T_L}$
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:
 $\Delta S = \frac{Q}{T}$
 - אם הטמפרטורה לא קבועה אז: $\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$
 - 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.
מבוא לאופטיקה
GOOL
חוק סנל: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
 כאשר n הם מקדמי השבירה של התווך ו- θ הן הזוויות בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.
 נוסחת העדשות: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
 u - מרחק העצם מהעדשה. v - מרחק הדמות מהעדשה.
 f - מוקד העדשה.
 הגדלה קווית: $m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$
 H_i - גובה הדמות. H_o - גובה העצם.
 עצמת העדשה: $C = \frac{1}{f}$

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר
תנחות בוהר: $m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$; $E_{ph} = |E_f - E_i|$
 m_e - מסת האלקטרון. v_n - מהירות האלקטרון ברדיוס מסדר n .
 r_n - הרדיוס ה- n . $n = 1, 2, 3 \dots$ מספר חיובי שלם. $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
 E_{ph} - אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.
 E_f ו- E_i הן אנרגיות האלקטרון לפני ואחרי התהליך.
רמות אנרגיה באטום מימן: $E_n = -\frac{R^*}{n^2}$ ($U_\infty = 0$)
 קבוע רידברג: $R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$
 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ - קבוע קולון.
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ - קבוע הפרמטיביות של הריק.
 רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן: $r_n = r_1 n^2$; $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$

r_1 - רדיוס הבסיס של האלקטרון
האפקט הפוטואלקטרי
GOOL
אנרגיה של פוטון: $E_{ph} = hf$
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - תדירות הפוטון.
 - ניתן לקבל את האנרגיה באלקטרון וולט על ידי הצבה של אורך הגל λ באנגסטרומים ($\text{\AA}$) או בננומטר (nm):
 $E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$
אפקט פוטואלקטרי: $E_{ph} = E_k + B$
 E_k - האנרגיה הקינטית של אלקטרון הנפלט מהמתכת.
 B - פונקציית העבודה של המתכת.
 דעיכה של מקור רדיואקטיבי: $N = N_0 e^{-\lambda t}$ או $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$
 N - מספר גרעיני האב בזמן t .
 N_0 - מספר גרעיני האב בזמן $t = 0$.
 λ - קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.
 פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי: $R = \lambda N$
 זמן מחצית החיים: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

אנטרופיה
GOOL
 אנטרופיה - מדד לאי סדר של המערכת
 שינוי באנטרופיה בתהליך הפיך ובטמפרטורה קבועה:
 $\Delta S = \frac{Q}{T}$
 - אם הטמפרטורה לא קבועה אז: $\Delta S = \int \frac{dQ}{T}$
 - 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