

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_0^2 ; שיא גובה = v_0 / g

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_0 sin(theta) / g ; שיא גובה = y_0 + (v_0 sin(theta))^2 / 2g

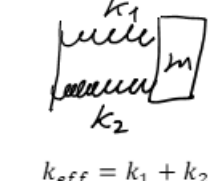
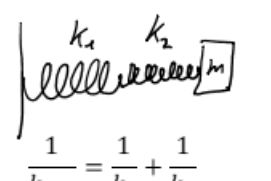
דינמיקה - חוק II של ניוטון

GOOL

חוק II של ניוטון:
 בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
 בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$
 - בבניות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק של כלל 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
	

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 הכובדית:
 $U_g = mgh$
 h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס שרורים. העבודה שמבצע כוח הכובד שווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:
 $W_g = -\Delta U_g$
האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
 $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
האנרגיה הכוללת היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

$E = E_k + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 *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 $\Delta E = W_{NC}$
 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.
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.

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)
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:
 $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
 (ביחידות של רדיאן לשניה 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:

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)
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:
 $\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$
 (ביחידות של רדיאן לשניה 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. 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 הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.

GOOL

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:
 $x_{c.m.} = \frac{m_1x_1 + m_2x_2}{m_1 + m_2}$
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 ממושיכה 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:
 $\Sigma F_{ext} = ma_{c.m.}$
 אם אין כוחות חיצוניים (ומרכז המסה במנוחה בהתחלה) אז מיקום מרכז המסה נשמר. ניתן לעשות "שימור מרכז מסה" לחשב אותו בהתחלה ובסוף ולהשוות.
חוק השלישי של קפלר:
 $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$
 $\vec{r}$ - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.
 T - זמן המחזור של כל גרם שמיים.
גודל כוח הכבידה בין שני גופים:
 $F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ קבוע הכבידה האוניברסלי.
 m - מסות הגופים. r - המרחק בין מרכזי הגופים.
אנרגיה פוטנציאלית כובדית:
 $U_G = -\frac{GMm}{r}$ ($U_G(r \rightarrow \infty) = 0$)
 M - מסת הגוף המשפיע. m - מסת הגוף המושפע.
 r - מרחק בין הגופים.
אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי:
 קינטית: $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$
 כוללת: $E = -\frac{GMm}{2r}$

GOOL

הידרוסטטיקה
זורמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)
צפיפות (מסה חלקי נפח):

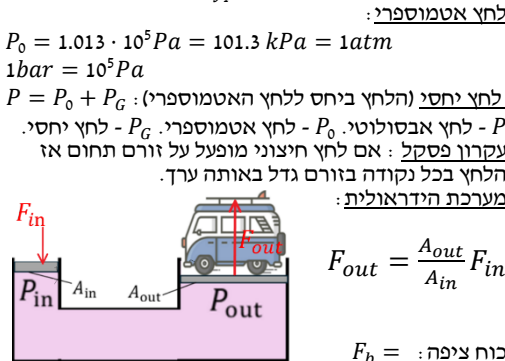
מוצקים	צפיפות (kg/m³)	נוזלים	צפיפות (kg/m³)
אלומיניום	2.70×10^3	מים (4°C)	1.00×10^3
ברזל ופלדה	7.8×10^3	פלזמת דם	1.03×10^3
נחושת	8.9×10^3	דם מלא	1.05×10^3
עופרת	11.3×10^3	מי ים	1.025×10^3
זהב	19.3×10^3	כספית	13.6×10^3

חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה
1 cal/1 kcal היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם/קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס):
 $P = \frac{M}{V}$
צפיפות

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

מוצקים	צפיפות (kg/m³)	נוזלים	צפיפות (kg/m³)
בטון	2.3×10^3	אתנול (אלכוהול אתילי)	0.79×10^3
גרניט	2.7×10^3	בנזין	0.68×10^3
עץ (טיפוס)	$0.3 - 0.9 \times 10^3$	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: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
 - זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.
 - עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.
 - אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן, רכיב מקביל לדופן גירום 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_0 - לחץ אבסולוטי. P_G - 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:



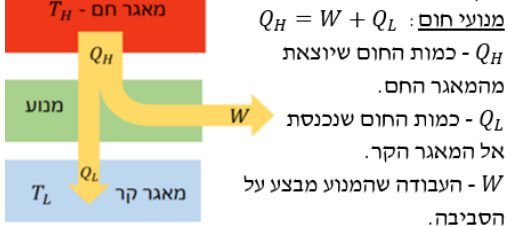
הידרודינמיקה
זרימה למינרית (שכבתית): זורם הנע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.
זרימה טורבולנטית (עירבולית): זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכילה מערבולות שנקראות זרמי אדי. איבוד אנרגיה גבוה.
ספיקה מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן):
 $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$
 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 הזו
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 $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + P = \text{const}$
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 h :
 $v = \sqrt{2gh}$
צינור ונטורי:

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

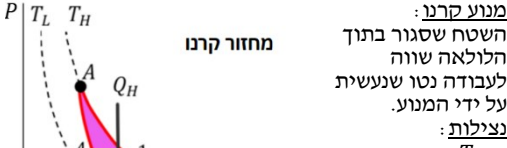
θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.

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.



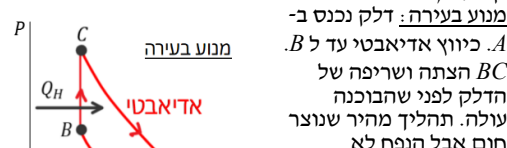
מנוע חום: $Q_H = W + Q_L$
 - Q_H - כמות החום שיוצאת מהמאגר החם.
 - Q_L - כמות החום שנכנסת אל המאגר הקר.
 - W - העבודה שהמנוע מבצע על הסביבה.
 - שימו לב: כל הסימנים חיוביים!
 T_L ו- T_H נקראות טמפרטורות העבודה.

נצילות:
 - 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.



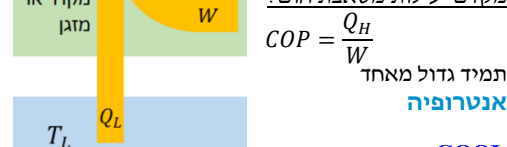
נצילות:
 $\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$
 הטמ' בקלווין!
 - השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע.

נצילות:
 - מורכב מתהליכים הפיכים ולכן לא קיים במציאות, ניתן רק לשאוף אליו.
משפט קרנו: לכל המנועים ההפיכים 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:
 - Q_H - כיוון אדיאבטי עד ל- B .
 - BC 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:
 $COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$
 $COP_{ideal} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$
מקדם יעילות משאבת חום:
 $COP = \frac{Q_H}{W}$



אנטרופיה
GOOL
 אנטרופיה - מדד לאי סדר של המערכת

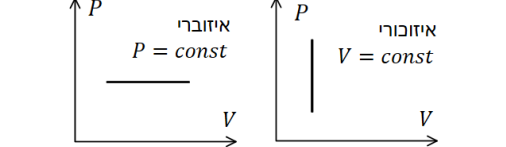
שינוי באנטרופיה בתהליך הפיך ובטמפרטורה קבועה:
 $AS = \frac{Q}{T}$
 - אם הטמפרטורה לא קבועה אז:
 $AS = \int \frac{dQ}{T}$

- 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:
 $AS_T = AS_{sys} + AS_{env} > 0$
פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני
מצב מיקרוסקופי: מה המיקום והמהירות של כל מולקולה בחומר.

מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד או אם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בד"כ) לא מספיק לעבור.

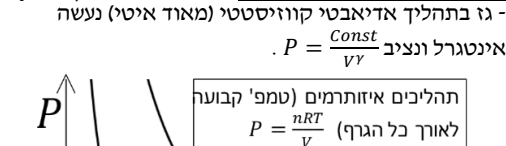
$Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = W$
 תהליך איזוכורי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):



חישובי העבודה שנעשית בשינוי נפח:
 - הנוסחה נכונה לגזים, נוזלים ומוצקים.
 - העבודה היא גם השטח מתחת לגרף $P(V)$
 - בתהליך איזוכורי העבודה מתאפסת (כי אין שינוי נפח).
 - בתהליך איזוכורי העבודה שווה $P\Delta V$ כי הלחץ קבוע ולא 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 - 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)
 $M_T = nm_{mol}$ - מסה מולרית
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 לצירי 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:
 $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$
 - 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):
 $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma AT^4$
 $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$
 - 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, $\epsilon \approx 1$
 ומתכות מבריקות $\epsilon \approx 0$. האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה.

הנשו של קצב פליטת הקרינה (פליטה פחות קליטה) הוא:
 $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A(T_1^4 - T_2^4)$
 - T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט.
 - T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.

קרינת שמש:
 הקבועה סולרי הוא $\frac{1350}{m^2 \cdot s}$. האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרינה. ביום בהיר נעריך את הקבוע כ 1000 וכמות החום שגוף סופג מקרינת השמש:

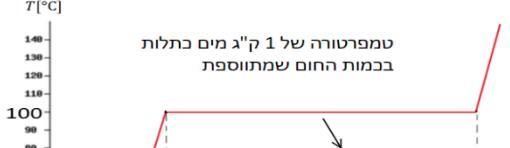
$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(\frac{1000}{m^2 \cdot s} \right) \epsilon A \cos \theta$

$1 cal = 4.186 J$
 $1 kcal = 4.186 kJ$ (או Cal עם G גדולה)
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:
 $E_{int} = \frac{5}{2}nRT$
 - n מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

חישוב חום:
 - m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום **הסגולי** (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT - שינוי בטמ'.
 C (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף: $C = mc$
 קיבול חום סגולי c בטמפרטורה $20^\circ C$ ובלחץ $1 atm$

חומר	$c [J/(kg \cdot ^\circ C)]$	$c [cal/(g \cdot ^\circ C)]$
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 ($-5^\circ C$)	2100	0.50
מים נוזליים ($15^\circ C$)	4186	1.00
קיסור ($110^\circ C$)	2010	0.48
גוף האדם (ממוצע)	3470	0.83

חום כמס: חום שהולך לשינוי מצב הצבירה של החומר ואינו משנה את הטמפרטורה:
 $Q = m \cdot L$
 - Q - החום הכמס בחומר. m - מסת הגוף.
 - L - חום כמס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).



טמפרטורה של 1 ק"ג מים כתלות בכמות החום שמתווספת

חומר	נק' היתוך ($^\circ C$)	L_f היתוך (kJ/kg)	נק' רתיחה ($^\circ C$)	L_v אידוי (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:
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

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 $Q = 0$):

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.