

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:



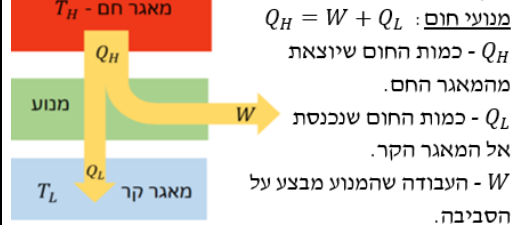
הדף בנוי משלושה טורים. ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה. בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא. ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

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.

החוק השני של התרמודינמיקה GOOL

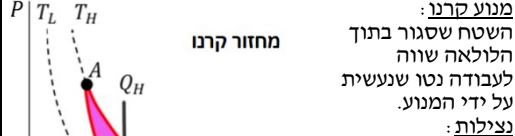
החוק השני לפי קלאוזיוס: חום זורם בצורה ספונטנית מהגוף החם לגוף הקר, חום לא זורם ספונטנית מהגוף הקר לגוף החם.



מנועי חום: $Q_H = W + Q_L$
 כמות החום שיוצאת מהמאגר החם - Q_H
 כמות החום שכנסת אל המאגר הקר - Q_L
 העבודה שהמנוע מבצע על הסביבה - W

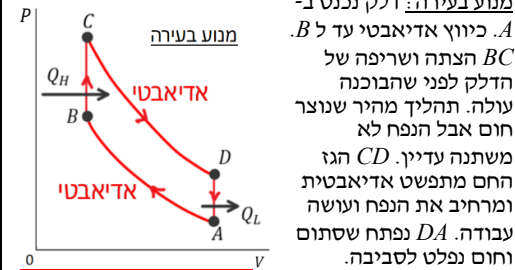
שימו לב: כל הסימנים חיוביים!
 T_L ו- T_H נקראות טמפרטורות העבודה

נצילות:
 $\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$
 לא קיים מכשיר שיש לו נצילות 100% (גם ניסוח לחוק) - **תהליך הפנד** תהליך שמתבצע באיטיות אינפיניטסימלית (או בצורה קוויזיסטטית) כך שניתן לתארם כסדרה של מצבי שיווי משקל, וניתן לבצעו בכיוון ההפוך כאשר העבודה והחום שנעשים בכיוון ההפוך שווים לעבודה והחום שנעשו בכיוון המקורי.

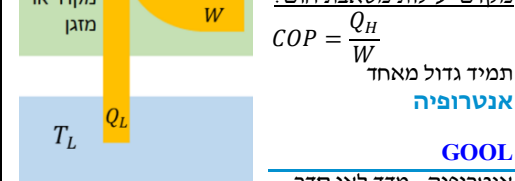


מחזור קרנו
 השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע.
נצילות:
 $\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$
 הטמפי בקלווין!
 - השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע.

- מורכב מתהליכים הפיכים ולכן לא קיים במציאות, ניתן רק לשאוף אליו.
משפט קרנו: לכל המנועים 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
 א. 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 מקרן/ 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:

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

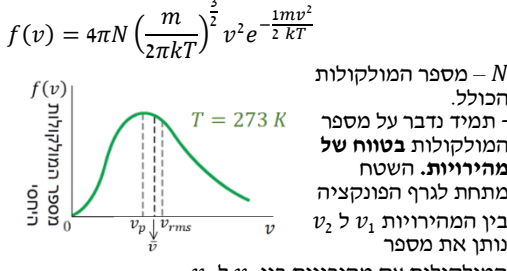
החוק השני במונחים של אנטרופיה:
 האנטרופיה של מערכת מבודדת תמיד עולה (תהליך בלתי הפיך) או נשארת קבועה (תהליך הפיך).
 או, האנטרופיה הכוללת של מערכת והסביבה שלה כתוצאה מתהליך טבעי: $\Delta S_T = \Delta S_{sys} + \Delta S_{env} > 0$
 פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני
מצב מקרוסקופי: מה המיקום והמהירות של כל מולקולה בחומר.
מצב מקרוסקופי: מתואר על ידי משתנה מצב כלליים לכל המערכת כמו - לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר המולים.

האנטרופיה כתלות מספר המצבים:

$S = k \ln \Omega$
 קבוע בולצמן
 Ω - פונקציה המתארת את מספר המצבים המיקרוסקופיים המתאימים לאותו מצב מקרוסקופי.

התיאוריה הקינטית של הגזים GOOL

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה בגז נמצאת ביחס ישר לטמפרטורה:
 $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m v^2$
 v^2 - ממוצע של המהירות בריבוע. m - מסת המולקולה.
 T - טמפרטורה. קבוע בולצמן $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
מהירות rms:
 $v_{rms} = \sqrt{v^2}$
 התפלגות מקסוול-בולצמן למהירויות:



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 יזימינה ומתרחב.

חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה GOOL

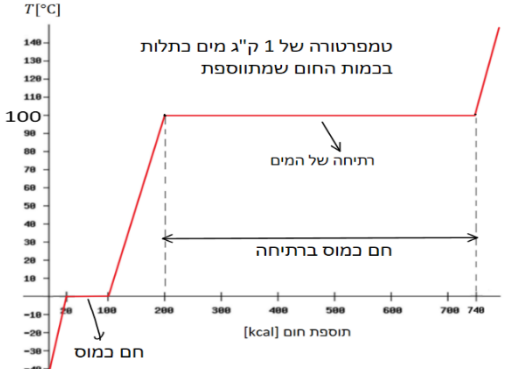
$1 \text{ cal} / 1 \text{ kcal}$ היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם / קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס):
 $1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$
 $1 \text{ kcal} = 4.186 \text{ kJ}$
אנרגיה פנימית - סך האנרגיות של כל המולקולות בחומר.
אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי:
 $E_{int} = \frac{3}{2} nRT$
אנרגיה פנימית של גז אידיאלי דו-אטומי:
 $E_{int} = \frac{5}{2} nRT$
 n - מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

חישוב חום:
 $Q = mc\Delta T$
 m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום **הסגולי** (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT - שינוי בטמפ'.
 $C = mc$ (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף:
 קיבול חום סגולי c בטמפרטורה $20^\circ C$ ובלחץ 1 atm

חומר	c [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 ($-5^\circ C$)	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 כמוס: חום שהולך לשינוי מצב הצבירה של החומר ואינו משנה את הטמפרטורה:
 $Q = m \cdot L$
 Q - החום הכמוס בחומר. m - מסת הגוף.

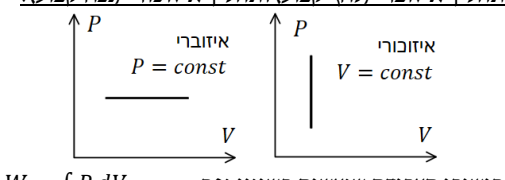
L - חום כמוס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).



חומר	נק' היתוך (°C)	נק' היתוך L_f (kJ/kg)	נק' רתיחה (°C)	נק' רתיחה 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:
 $\Delta E_{int} = Q - W$
 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.
 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)
 $T = \text{const} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow Q = W$
תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום):
 $Q = 0$
 מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד או אם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בדריי'כ) לא מספיק לעבור.
 $Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = W$
תהליך איזוכורי (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 איזוכורי העבודה שווה $P\Delta V$ כי הלחץ קבוע (לא צריך אינטגרל).

גז בתהליך איזותרמי נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{nRT}{V}$
קיבול חום לגזים:
 גזים קיבול החום משתנה בהתאם לתהליך

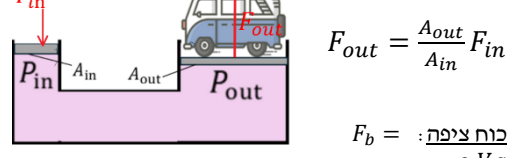
$Q_V = nC_V \Delta T$
 $Q_P = nC_P \Delta T$
 n - מספר המולים של החומר.
 C_P/C_V (גדולה) - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע **למול** (בניגוד ל- C גדולה במוצקים ונוזלים, שם קיבול כל המסה)
 $C_V = m_{mol} c_V$; $C_P = m_{mol} c_P$
 c_P/c_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה)
 $M_T = nm_{mol}$ - מסה מולרית
 $C_P - C_V = R$ - הפרש קיבולי החום תמיד קבוע:
 - גז בתהליך אדיאבטי קוויזיסטטי (מאוד איטי) נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{Const}{V^\gamma}$

F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.
 $1Pa = 1N/m^2$: יחידות SI. SI : יחידות SI.
 - זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.
 - עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.
 - אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן,
 - רכיב מקביל לדופן יגרום לזרימה.
 $P = \rho gh$: הלחץ בעומק h בתוך נוזל(בעל צפיפות אחידה).
 *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 לחץ 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 או הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.
 מערכת הידראולית:



$F_{out} = \frac{A_{out}}{A_{in}} F_{in}$
 $P_{in} A_{in} = P_{out} A_{out}$
 כוח ציפת: $F_b = \rho_l V g$
 ρ_l - צפיפות הזורם. V - נפח הגוף.

GOOL הידרודינמיקה

זרימה למינרית (שכבתית): זורם הנוע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.
 זרימה טורבולנטית (עירבולית): זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכלה מערבולות שנקראות זרמי אדי. איבוד אנרגיה גבוה.

ספיקה מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן):
 $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$

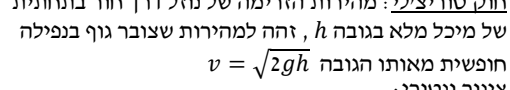
ρ - צפיפות הזורם, A - שטח חתך, v - מהירות הזורם.
 ספיקה נפחית Q_v (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן):
 $Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$

במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:
 $Q_{m1} = Q_{m2}$

משוואת הרציפות:
 $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$
 עבור זורם לא דחיס $\rho_1 = \rho_2$ ואז המשוואה הופכת ל:
 $A_1 v_1 = A_2 v_2$
 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 $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = const$

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 בתחתית של מיכל מלא בגובה h , זהה למהירות שצובר גוף בנפילה חופשית מאותו הגובה $v = \sqrt{2gh}$ צינור ונטורי:



צמיגות - Viscosity:
 משוואת פואזי (הירידה בלחץ(באנרגיה) בעקבות צמיגות בצינור גלילי):
 $P_1 - P_2 = \frac{8\eta L Q_v}{\pi r^4}$

$P_1 - P_2$ - הפרש הלחצים, P_1 - הלחץ בתחילת הזרימה. L - אורך הצינור. Q_v - הספיקה הנפחית. r - רדיוס הצינור. η - מקדם הצמיגות.
 הנחות המשוואה: 1. זורם אינו דחיס. 2. זרימה למינרית. 3. אורך הצינור גדול משמעותית מהרדיוס. 4. זורם ניוטוני. מעבר לזרימה עירבולית: מעבר מזרימה למינרית לערבולית מתרחש כאשר מספר ריינולדס גדול מ 2000.

מספר ריינולדס:
 $Re = \frac{2\bar{v} r \rho}{\eta}$
 \bar{v} - מהירות ממוצעת של הנוזל. r - רדיוס הצינור.
 ρ - צפיפות הנוזל. η - צמיגות.
 משוואת ברנולי עם צמיגות:
 $\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2 + \frac{8\eta L Q_v}{\pi r^4}$

משאבות וואקום: משאבות שיוצרות תת לחץ במוצא משאבות דחיסה: משאבות שמגדילות את הלחץ בכניסת החומר.
 משאבות סחרור *circulating pump*: משאבות המשמשות להנעת נוזלים או גז במערכת סגורה.
 ההספק המופק של משאבה (N):
 $N = Q_v \Delta P$
 Q_v - ספיקה נפחית. ΔP - הפרשי הלחצים שיוצרת המשאבה

מוצקים	α ($^{\circ}C^{-1}$)	β ($^{\circ}C^{-1}$)	נוזלים	β ($^{\circ}C^{-1}$)
קוורץ	0.4×10^{-6}	1×10^{-6}		
בטון / לבנים			לנוזלים וגזים אין	$\approx 12 \times 10^{-6}$ - $\approx 36 \times 10^{-6}$
שיש	1.4 - 4			

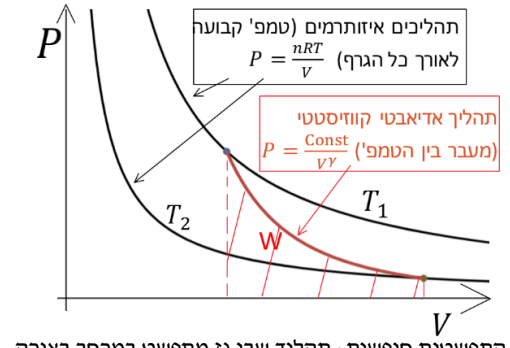
האנומליה של המים
 כאשר הטמפרטורה יורדת מתחת $4^{\circ}C$ המים מתרחבים (הצפיפות קטנה במקום לגדול) ולכן קרח צף על פני המים.
GOOL חוק הגז האידיאלי

לחץ: $P = \frac{F}{A}$
 F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.
 הלחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת:
 $P = \rho_l g h$
 h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה. ρ_l - צפיפות הנוזל.
 - הלחץ של נוזל תלוי רק בגובה הנוזל (ובסוג הנוזל) ולא בכמות הנוזל.
 1 atm = $1.013 \cdot 10^5 Pa$
 לחץ אטמוספרי:
 לחץ שלילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס לחץ אטמוספרי) ונמוך מהלחץ האטמוספרי.
 לחץ אבסולוטי: הוא הלחץ שנמדד ביחס לחץ אפס מוחלט (כאשר הכוח הוא אפס).
 מעבר מצלזיוס לקלווין:
 $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$
 $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$
 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):
 $M_{mol} = N_A \cdot m_a$
 m_a - מסה אטומית. N_A - מספר אבוגדרו.
 - המסה המולרית שווה למסה האטומית רק בגרם במקום ביחידת מסה אטומית
 הקשר למסת כל החומר:
 $m = N \cdot m_a = n \cdot M_{mol}$
 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:
 $PV = nRT$ (או $PV = NkT$)
 P - לחץ אבסולוטי. V - נפח. T - טמפרטורה בקלווין.
 n - מספר המולים בחומר.
 N - מספר החלקיקים הכולל בגז (אטומים או מולקולות)
 $R = 8.314 \frac{J}{mol \cdot K} = 0.0821 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K} = 1.99 \frac{cal}{mol \cdot K}$
 קבוע בולצמן $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
 - 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:
 $T = 0^{\circ}C = 273 K$, $P = 1atm = 101,325 Pa$
GOOL הידרוסטטיקה

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

מוצקים	נוזלים	צפיפות (kg/m^3)
אלומיניום	מים ($4^{\circ}C$)	2.70×10^3
ברזל ופלדה	פלזמת דם	7.8×10^3
נחושת	דם מלא	8.9×10^3
עופרת	מי ים	11.3×10^3
זהב	כספית	19.3×10^3
בטון	אתנול (אלכוהול אתילי)	2.3×10^3
גרניט	בנזין	2.7×10^3
עץ (טיפוסים)	גזים	$0.3 - 0.9 \times 10^3$
זכוכית רגילה	אוויר	$2.4 - 2.8 \times 10^3$
קרח (H_2O)	הליום	0.917×10^3
עצם	פחמן דו-חמצני (CO_2)	$1.7 - 2.0 \times 10^3$
	אדי מים ($100^{\circ}C$)	

לחץ: $P = \frac{F}{A}$



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

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
 l - אורך
 R - R -value:
 $R = \frac{l}{k}$
 - 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):
 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma A T^4$
 $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$
 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 הקרניה (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.
 קרנית שמש:
 הקבועה סולרי הוא $\frac{w}{m^2 \cdot s} = 1350$. האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרניה. ביום בהיר נעריך את הקבוע כ 1000 וכמות החום שגוף סופג מקרנית השמש:
 $\frac{dQ}{dt} = (1000 \frac{w}{m^2 \cdot s}) \epsilon A \cos \theta$
 θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.
GOOL טמפרטורה והתפשטות תרמית

יחידת מסה אטומית: $1u = 1.6605 \cdot 10^{-27} kg \sim m_p$
 מסת האטום ביחידת מסה אטומית: $m_a \approx A \cdot 1u$
 A - מספר המסה (מסר הפרוטונים והנייטרונים בגרעין)
 מעבר מפרנהייט לצלזיוס:
 $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9} [T(^{\circ}F) - 32]$
 התפשטות תרמית לינארית:
 $\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$
 $\Delta T = T - T_0$ ו- $\Delta l = l - l_0$
 α קבוע התלוי בחומר (בטבלה)
 התפשטות תרמית משטחית:
 $\Delta A = \gamma A_0 \Delta T$
 $\gamma = 2\alpha$; $\Delta A = A - A_0$
 - חורים גדלים עם עליה בטמפרטורה
 התפשטות נפחית:
 $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$
 $\beta \approx 3\alpha$

מוצקים	נוזלים	β ($^{\circ}C^{-1}$)	α ($^{\circ}C^{-1}$)
אלומיניום	בנזין	25×10^{-6}	75×10^{-6}
פלז	כספית	19×10^{-6}	56×10^{-6}
נחושת	אתיל אלכוהול	17×10^{-6}	50×10^{-6}
זהב	גליצרין	14×10^{-6}	43×10^{-6}
ברזל / פלדה	מים	12×10^{-6}	35×10^{-6}
עופרת	גזים	29×10^{-6}	87×10^{-6}
זכוכית (פיירקס)	אוויר*	3×10^{-6}	9×10^{-6}
זכוכית רגילה	*רוב הגזים האחרים בלחץ אטמוספרי	9×10^{-6}	21×10^{-6}

$$\eta = \frac{N}{\text{מושקע הספק}}$$

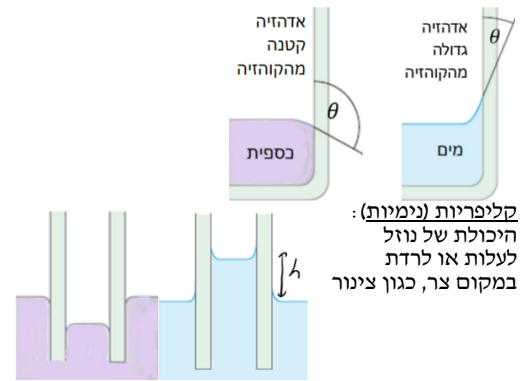
GOOL

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

F - הכוח שמפעילה היריעה. l - אורך הקו שמאונך לכוח.

חומר (טמפרטורה °C)	מתח פנים (N/m)
כספית (20°)	0.44
דם מלא (37°)	0.058
פלסמת דם (37°)	0.073
אתנול / אלכוהול אתילי (20°)	0.023
מים (0°)	0.076
מים (20°)	0.072
מים (100°)	0.059
בנון (20°)	0.029
תמיסת סבון (20°)	≈ 0.025
חמצן נוזלי (-193°)	0.016

זווית הרטבה: הזווית של פני הנוזל עם דופן הכלי
קוהזיה: הכוחות שפועלים בין מולקולות הנוזל לעצמם
אדהזיה: הכוחות שבין מולקולות הנוזל למולקולות המשטח.



גובה הנוזל בתוך הצינורית ביחס לפני הנוזל שמחוץ

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

לצינורית:

γ - מתח הפנים. θ - זווית ההרטבה. ρ - צפיפות הנוזל.
 r - רדיוס הצינורית.