

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמים
אישיים ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את
חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישיים
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:



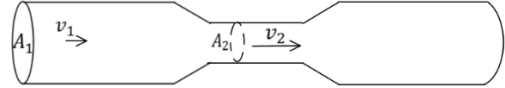
הדף בנוי משלושה טורים.
ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.
בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו
עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון
עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.
ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר
מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

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.

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

או
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:



התיאוריה הקינטית של הגזים

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה בגז נמצאת

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv^2$$

ביחס ישר לטמפרטורה: $v^2 = \frac{3kT}{m}$ - ממוצע של המהירות בריבוע. m - מסת המולקולה.

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

T - טמפרטורה. קבוע בולצמן $\frac{1}{K}$ מהירות rms : $v_{rms} = \sqrt{v^2}$

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. $f(v)$ - 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



$N = \int_0^\infty f(v) dv$ - סך כל המולקולות: v_p - השכיח, המהירות הכי נפוצה.

- עבור טמפרטורה גדולה יותר הגרף יזי ימינה ומתרחב.

חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה

1 cal/1 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.

$$E_{int} = \frac{3}{2}nRT$$

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

n - מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

$$Q = mc\Delta T$$

חישוב חום: m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום הסגולי (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT שינוי בטמ'.

$$C = mc$$

C (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף: קיבול חום סגולי c בטמפרטורה $20^\circ C$ ובחץ 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.

$$S = k \ln \Omega$$

האנטרופיה כתלות מספר המצבים: k - קבוע בולצמן

Ω - פונקציה המתארת את מספר המצבים המיקרוסקופיים המתאימים לאותו מצב מקרוסקופי.

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 פלומת 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 בנוזל 0.68×10^3

עץ (טיפוסי) $0.3-0.9 \times 10^3$ גזים

זכוכית 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

לחץ: $P = \frac{F}{A}$

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 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 - 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:

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

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:

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

החוק השני של התרמודינמיקה

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

$$Q_H = W + Q_L$$

מנועי חום: Q_H - כמות החום שיוצאת מהמאגר החם.

Q_L - כמות החום שכנסת 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 הפך תהליך שמתבצע באיטיות אינפיניטסימלית (או בצורה קוויזיטטית) 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: $\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$

הטמ' 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: 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 מתאבטט ומרחיב את הנפח ועושה עבודה. DA נפתח שסתום וחום נפלט לסביבה.

מקדם יעילות מקר/ מזגן: $COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L}$

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

מקדם יעילות משאבת חום: $COP = \frac{Q_H}{W}$

תמיד גדול מאחד

אנטרופיה

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.

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.

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.

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.

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

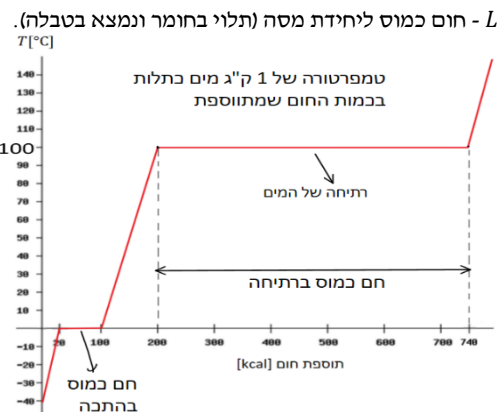
פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני מצב מיקרוסקופי: מה המיקום והמהירות של כל מולקולה בחומר.

מצב מקרוסקופי: מתואר על ידי משתנה מצב כלליים לכל המערכת כמו - לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר המולים.

שינוי באנטרופיה בתהליך הפיך ובטמפרטורה קבועה:

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

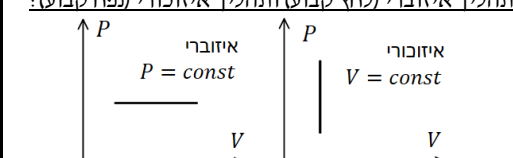
- אם הטמפרטורה לא קבועה אז: $\Delta S = \int \frac{dq}{T}$



חומר	נק' היתוך (°C)	L_f היתוך (kJ/kg)	נק' רתיחה (°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: $\Delta E_{int} = Q - W$
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 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 קוויסיסטי (מאוד איטי)

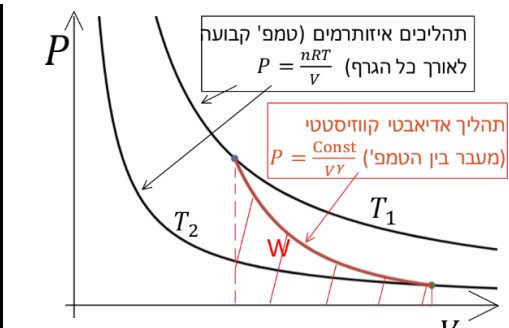
$T = const \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow Q = W$
תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום): $Q = 0$
מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד או אם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בדרך) לא מספיק לעבור.
 $Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = W$
תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):



חישובי העבודה שנעשת 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:
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
הפרש קיבולי החום תמיד קבוע: $C_P - C_V = R$
- גז בתהליך אדיאבטי קוויסיסטי (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 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 הנפלס מגוף ע"י קרינה):
 $\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma AT^4$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ 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.
הנפו 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.

טמ' 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 והנויטרונים בגרעין)

מעבר מפרנהייט לצלזיוס: $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}F) - 32]$
התפשטות תרמית לינארית: $\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$

$\Delta l = l - l_0$ ו- $\Delta T = T - T_0$
 α קבוע התלוי בחומר (בטבלה)

התפשטות תרמית משטחית: $\Delta A = \gamma A_0 \Delta T$
 $\Delta A = A - A_0$ ו- $\gamma = 2\alpha$ - תלוי בחומר.

חורים גדלים עם עליה בטמפרטורה
התפשטות נפחית: $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$
 $\Delta V = V - V_0$; $\beta \approx 3\alpha$

מוצקים α ($^{\circ}C^{-1}$) β ($^{\circ}C^{-1}$) γ ($^{\circ}C^{-1}$) **נוזלים**

אלומיניום 25×10^{-6} 75×10^{-6} 75×10^{-6} 950×10^{-6} **נוזלים**

פלז 19×10^{-6} 56×10^{-6} 56×10^{-6} 180×10^{-6} **נוזלים**

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

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

ברזל / פלדה 12×10^{-6} 35×10^{-6} 35×10^{-6} 210×10^{-6} **נוזלים**

עופרת 29×10^{-6} 87×10^{-6} 87×10^{-6} β ($^{\circ}C^{-1}$) **גזים**

זכוכית (פיירקס) 3×10^{-6} 9×10^{-6} 9×10^{-6} 3400×10^{-6} **גזים**

זכוכית רגילה 9×10^{-6} 21×10^{-6} 21×10^{-6} β ($^{\circ}C^{-1}$) **גזים**

מוצקים α ($^{\circ}C^{-1}$) β ($^{\circ}C^{-1}$) γ ($^{\circ}C^{-1}$) **נוזלים** β ($^{\circ}C^{-1}$) γ ($^{\circ}C^{-1}$) **גזים**

קורץ 0.4×10^{-6} 1×10^{-6} 1×10^{-6} 1×10^{-6} **נוזלים**

בטון / לבנים $12 \times 10^{-6} \approx 36 \times 10^{-6}$ 12×10^{-6} 12×10^{-6} 12×10^{-6} **נוזלים**

שיש 3.5×10^{-6} 1.4×10^{-6} 1.4×10^{-6} 1.4×10^{-6} **נוזלים**

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

חוק הגז האידיאלי

לחץ: $P = \frac{F}{A}$
 F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.

לחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת: $P = \rho_l gh$
 h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה. ρ_l - צפיפות הנוזל.

לחץ אטמוספרי: $1 atm = 1.013 \cdot 10^5 Pa$
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).

מעבר מצלזיוס לקלווין: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$
מספר אבוגדרו: $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$

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: $PV = nRT$ ($PV = NkT$ וא)

לחץ אבסולוטי. V - נפח. T - טמ' 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: $T = 0^{\circ}C = 273 K$, $P = 1 atm = 101,325 Pa$

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 לנק' 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
 n - סדר קו המקסימום. λ - אורך הגל.

d - המרחק בין החריצים.
קווי 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 לנק' 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 .
 λ - אורך הגל. 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.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

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

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: $\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$

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

שונים α ו- β : $\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha-\beta}{10}\right)}$

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.

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.

עוצמת העדשה: $C = \frac{1}{f}$