

## 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

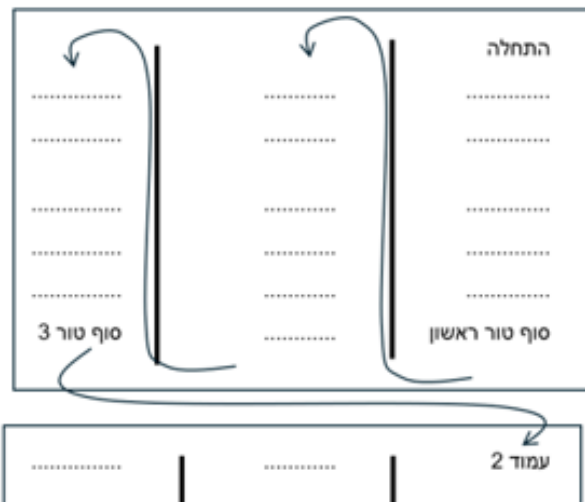
### עריכה:

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.

טמפ' והתפשטות תרמית GOOL

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:  $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}F) - 32]$

חוק הגז האידיאלי GOOL

לחץ:  $P = \frac{F}{A}$

F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.

הלחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת:  $P = \rho_l gh$

h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה.  $\rho_l$  - צפיפות הנוזל.

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

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

לחץ שלילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס ללחץ אטמוספרי) ונמוך 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:

$PV = nRT$  (או  $PV = NkT$ )

P - לחץ אבסולוטי. V - נפח. T - טמפ' 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:

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

התיאוריה הקינטית של הגזים GOOL

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה בגז נמצאת

ביחס ישר לטמפרטורה:  $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m\bar{v}^2$

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

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

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

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 יתור הוצה זו ימינה ומתרחב.

חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה GOOL

1 cal/1kcal היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות 1

גרם/קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס):

1 cal = 4.186 J

1 kcal = 4.186 kJ (או Cal עם C 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:  $Q = mc\Delta T$

m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום הסגולי (קיבול חום

של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר.  $\Delta T$  - שינוי בטמפ'.

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

קיטור  $(110^{\circ}C)$  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 תכלית

בכמות החום שמתווספת

רתיחה של המים

חום כמס ברתיחה

חוספת חום [kcal]

חום כמס בהתכה

חומר נק' היתוך  $L_f$  נק' רתיחה  $L_v$  אידי  $L_v$

חמץ -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

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

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

$\Delta E_{int}$  - 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

התהליך איזותרמי (טמפרטורה קבועה):

מתרחש כאשר המערכת צמודה למאגר חום גדול והתהליך

הוא קוויזיסטי (מאוד איטי)

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

התהליך אדיאבטי (אין מעבר חום  $Q = 0$ )

מתרחש אם המערכת מבודדת מאד או אם התהליך מהיר

ואז חום (שזורם לאט בדר"כ) לא מספיק לעבור.

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

התהליך איזוברי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):

איזוברי  $P = const$

איזוכורי  $V = const$

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:

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)

$m_{mol}$  - מסה מולרית

הפרש קיבולי החום תמיד קבוע:  $C_P - C_V = R$

- גז בתהליך אדיאבטי קוויזיסטי (מאוד איטי) נעשה

אינטגרל ונציב  $P = \frac{const}{V^\gamma}$

תהליכים איזותרמים (טמפ' קבועה)

לאורך כל הגרף  $P = \frac{nRT}{V}$

התהליך אדיאבטי קוויזיסטי

(מעבר בין הטמפ'  $P = \frac{const}{V^\gamma}$ )

התפשטות חופשית: תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה

אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.

אי אפשר לצیיר התפשטות חופשית בדיאגרמת P-V מכיוון

שמשטחי המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות (הגז עדיין

לא תופס את כל הנפח של הכלי והלחץ לא אחיד)

הולכה הסעה וקרינה GOOL

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):  $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A T^4$

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

A שטח הפנים של הגוף הפולט. T - הטמפרטורה של הגוף

הפולט.  $\epsilon$  - קירור (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:

$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$

T<sub>1</sub> - הטמפרטורה של הגוף הפולט.

T<sub>2</sub> - 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:

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

$\theta$  - 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

$\Omega$  – פונקציה המתארת את מספר המצבים המיקרוסקופיים המתאימים לאותו מצב מקרוסקופי.

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

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

- לא קיים מכשיר שיש לו נצילות 100% (גם ניסוח לחוק) **תהליך הפיך** תהליך שמתבצע באיטיות אינפיניטסימאלית (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:

$\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$   
 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:  
 A. 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:  
 $COP = \frac{Q_H}{W}$   
 תמיד גדול מאחד

**אנטרופיה**

**COOL**

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