



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

נוסחאון
בקירור ומיזוג אויר

1. סימוני יחידות עמ' 2 - 3
2. טבלאות הפיכה עמ' 4 - 6
3. נוסחאות לפי נושאים :
תרמודינמיקה עמ' 7 - 9
קירור ומיזוג אויר עמ' 10 - 13
4. גרפים מצורפים 14 - 15

מיועד לתלמידי קירור ומיזוג אויר

אין להעתיק לצלם, לתרגם, לאחסן במאגרי מידע,
לשדר או לקלוט בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי,
מכני או אחר – שום חלק משאלון הבחינה.
לא ייעשה שימוש מסחרי ופרסומי מכל סוג שהוא,
ללא רשות בכתב מאת מנהל מחלקת הבחינות.
© כל הזכויות שמורות
המחלקה לבחינות



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

סימוני יחידות

א. יחידות אורך

אינץ - in
רגל - ft
סנטימטר - cm
מטר - m

ב. יחידות שטח

אינץ מרובע (אינ"ר) - $sq.in$
רגל מרובע (ר"ר) - $sq.ft$
סמ"ר - $sq.cm$
מ"ר - $sq.m$

ג. יחידות נפח

ליטר - L
גלון - gal
רגל מעוקב (ר"ק) - $cu.ft$
מטר מעוקב (מ"ק) - $cu.m$
סנטימטר מעוקב (סמ"ק) - $cu.cm$
אינץ מעוקב (אינ"ק) - $cu.in$

ד. יחידות משקל וכוח

ק"ג - kg
גרם - gr
ליברה - lb
גרעינים - $grains$
אונקיה - oz

ה. משקל סגולי, נפח סגולי

ק"ג/מ"ק - $kg/cu.m$
מ"ק/ק"ג - $cu.m/kg$
ליברה/ר"ק - $lb/cu.ft$
ר"ק/ליברה - $cu.ft/lb$

ו. מהירות

מטר/שניה - m/sec
ק"מ/שעה - km/h
רגל/דקה - fpm



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

ז. לחץ

atm – אטמוספירה	psi – ליברה/אינ"ר
kpa – קילו-פסקל	Mpa – מגה-פסקל
$inHg$ – אינץ' כספית	mH_2O – מטר מים
$lb/sq.ft$ – ליברה/ר"ר	

ח. ספיקה

$cu.m/min$ – מ"ק/דקה	gpm – גלון/דקה
$cu.m/h$ – מ"ק/שעה	cfm – ר"ק/דקה
L/sec – ליטר/שניה	

ט. חום ואנרגיה

$T.R$ – טון קירור	$kcal/h$ – קק"ל/שעה
btu/h – ית"ב/שעה	kj/h – קילו-ג'אול/שעה
Kw – קילוואט	Hp – כוח סוס
$Watts$ – ואטים	

י. אנטלפיה

$kcal/kg$ – קק"ל/ק"ג	btu/lb – ית"ב/ליברה
kj/kg – קילו-ג'אול/ק"ג	



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

טבלאות הפיכה

א. יחידות אורך

$$\begin{aligned}1in &= 2.54cm \\1ft &= 12in = 30.48cm \\1m &= 3.28ft = 100cm\end{aligned}$$

ב. יחידות שטח

$$\begin{aligned}1sq.in &= 6.45sq.cm \\1sq.ft &= 144sq.in = 0.093sq.m \\1sq.m &= 10.85sq.ft\end{aligned}$$

ג. יחידות נפח

$$\begin{aligned}1L &= 1000cu.cm = 61.03cu.in \\1gal &= 3.78lt = 0.1337cu.ft \\1cu.ft &= 1728cu.in = 0.0283cu.m \\1cu.m &= 1000lt = 35.3cu.ft\end{aligned}$$

ד. יחידות משקל וכוח

$$\begin{aligned}1kg &= 2.205lb = 1000gr \\1lb &= 7000grains = 16oz = 453.6gr \\1gr &= 15.43grains - 0.03527oz\end{aligned}$$

ה. משקל סגולי, נפח סגולי

$$\begin{aligned}1kg/cu.m &= 0.06243lb/cu.ft \\1lb/cu.ft &= 16.0185kg/cu.m \\1cu.m/kg &= 16.0185cu.ft/lb \\1cu.ft/lb &= 0.06243cu.m/kg\end{aligned}$$

ו. מהירות

$$1m/sec = 3.28fps = 196.8fpm = 3.6km/h = 60m/min$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

ז. לחץ

$$\begin{aligned} 1atm &= 101.28kpa &= 14.69psi \\ &= 29.92inHg \\ &= 10.34mH_2O \\ &= 101280Pa &= 0.1012Mpa \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1kg/sq.cm &= 14.22psi &= 10mH_2O \\ &= 0.967atm &= 97.98kpa \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1psi &= 0.068atm \\ &= 144lb/sq.f \\ &= 6.9kpa \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1psig &= 15.7psia \\ 0psig &= 14.7psia \end{aligned}$$

ח. ספיקה

$$\begin{aligned} 1cu.m/min &= 1000L/min &= 35.3cfm \\ 1cu.m/h &= 0.588cfm \\ 1cfm &= 1.7cu.m/h &= 7.481gpm \\ 1L/sec &= 3.6cu.m/h &= 2.12cfm \end{aligned}$$

ט. חום ואנרגיה

$$\begin{aligned} 1T.R &= 12000btu/h \\ &= 3000kcal/h \\ &= 12648kj/h \\ &= 3.515Kw \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1btu &= 1.045kj \\ &= 0.252kcal \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1kcal &= 3.97btu \\ &= 4.186kj \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1Kw &= 860kcal \\ &= 3412btu \end{aligned}$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

$$= 0.284TR$$

$$\begin{aligned} 1Hp &= 1.014Hp \text{ (metric)} \\ &= 746Watts \\ &= 2545.6btu/h \\ &= 641.2Kcal/h \\ &= 2648.1Kj/h \end{aligned}$$

י. אנטלפיה

$$\begin{aligned} 1kcal/kg &= 1.8btu/lb \\ &= 4.184kj/kg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1btu/lb &= 0.556Kcal/kg \\ &= 2.3261kj/kg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1Kj/Kg &= 0.2388Kcal/Kg \\ &= 0.4302btu/lb \end{aligned}$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

נוסחאות

1. תרמודינמיקה

א. משקל, משקל סגולי, נפח, נפח סגולי

m - משקל	(ק"ג, ליברה - kg, lb)
g - משקל סגולי	(ק"ג/מ"ק, ליברה/ר"ק - $kg/cu.m, lb/cu.ft$)
V - נפח	(מ"ק, ר"ק - $cu.m, cu.ft$)
v - נפח סגולי	(מ"ק/ק"ג, ר"ק/ליברה - $cu.m/kg, cu.ft/lb$)

$$v = V/m \qquad v = 1/g$$

$$g = m/V \qquad d = 1/v$$

ב. עבודה והספק

W - עבודה	(רגל כפול ליברה, ק"ג כפול מטר - $kg \times m, ft \times lb$)
Pw - הספק	(כ"ס, קו"ט, ואט - $Hp, Kw, Watts$)
t - זמן	(שניה, דקה - $sec.min.$)
s - דרך	(מטר, רגל - m, ft)
ve - מהירות	(מטר/דקה, מטר/שניה, רגל/דקה - $m/mun, m/sec, fpm$)
F - כוח	(ק"ג, ליברה - kg, lb)

$$W = F \times s$$

$$Pw = W/t$$

$$Pw = F \times ve$$

ג. טמפרטורות

T_F - טמפרטורה במעלות פרנהייט
T_C - טמפרטורה במעלות צלזיוס
T_R - טמפרטורה במעלות רנקין
T_K - טמפרטורה במעלות קלווין

$$T_F = (1.8 \times T_C) + 32$$

$$T_C = \frac{T_F - 32}{1.8}$$

$$T_R = T_F + 460$$

$$T_K = T_C + 273$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

ד. קלורימטריה

(1) יחידות קלורימטריה וסימונים מקובלים

qs - כמות חום מורגש	(קק"ל, קילו ג'און, ית"ב - $Kcal, Kj, BTU$)
cs - מקדם חום מורגש	($Kcal/(kg \times c), BTU/(lb \times Fr)$)
$q1$ - כמות חום כמוס	(ית"ב/לליברה מעלה), קק"ל. (לק"ג מעלה) (ראה חום מורגש לעיל)
$c1$ - מקדם חום כמוס	(קק"ל/ק"ג, ית"ב/ליברה - $Kcal/kg, BTU/lb$)
T - טמפרטורה מוחלטת	(קלווין, רנקין - K, R_n)

(2) הנוסחאות

$$q_s = m \times cs \times (T1 - T2)$$

$$q1 = m \times cl$$

ה. לחץ, לחץ שטח, לחץ מוחלט

(1) יחידות הלחץ המקובלות

$kg/sq.cm$ - ק"ג/סמ"ר
psi - ליבה/אינ"ר
atm - אטמוספרות
pa - פאסקל
bar - בר

(2) הסימונים

P - לחץ
A - שטח
P_g - לחץ שטח
P_a - לחץ מוחלט
P_{at} - לחץ אטמוספרי

(3) הנוסחאות

$$P = F/A$$

$$P_a = P_g + P_{at}$$

ו. חוקי הגזים

P_{a1} - לחץ מוחלט בתחילת התהליך	($atm, psia$)
P_{a2} - לחץ מוחלט בתום התהליך	(כנ"ל)
V_1 - נפח בתחילת התהליך	($cu.m, cu.ft$)



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

V_2 – נפח בתום התהליך –	(כנ"ל)
T_1 – טמפרטורה מוחלטת בתחילת התהליך –	(K, Fr)
T_2 – טמפרטורה מוחלטת בתום התהליך –	(כנ"ל)
m – משקל הגז –	(kg, lb)
R – קבוע הגז –	$(kg \times m)/(kg \times K), (ft \times lb)/(lb \times Rn)$

$$Pa_1 \times V_1 = Pa_2 \times V_2 \quad (1) \quad \text{חוק בויל-מריוט}$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \quad (2) \quad \text{חוק גיי-לוסק}$$

$$(Pa_1 \times V_1)/T_1 = (Pa_2 \times V_2)/T_2 \quad (3) \quad \text{משוואות המצב}$$

$$Pa \times V = m \times R \times T \quad (4) \quad \text{קבוע הגז}$$

$$1kg/sq.cm = 10000kg/sq.m \quad \text{הערה:}$$

ז. מחליפי חום

Q – כמות חום –	($btu/h, kj/h$)
A_q – שטח מעבר חום –	($sq.m, sq.ft$)
U – סיפרת מעבר חום כוללת –	$(btu/h/(sq.ft \times Fr), kj/h/(sq.m \times C))$
TD_m – הפרש טמפרטורות לוגריתמי –	(Fr, C)
TD_1 – הפרש טמפרטורות כניסה –	(Fr, C)
TD_2 – הפרש טמפרטורות יציאה –	(Fr, C)

$$Q = A_q \times U \times Tdm$$

$$TD_m = (TD_1 - TD_2) / [1n(TD_1/TD_2)]$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

קרור

א. פעולת מדחס בוכנתי

V_t – נפח יניקה תאורטי של מדחס	(מ"ק/שעה, ר"ק/שעה – $cu.m/h, cu.ft/h$)
V_r – נפח יניקה ראלי של מדחס	(כנ"ל)
Gr – ספיקה משקלית של מדחס	(ק"ג/שעה, ליברה/שעה – $Kg/h, lb/h$)
g – משקל סגולי של קרר	(ק"ג/מ"ק, ליברה/ר"ק – $kg/cm.m, lb/cu.ft$)
e – נצילות נפחית של מדחס	
A – שטח חתך של בוכנת מדחס בוכנתי	($sq.m, sq.ft$)
L – אורך מהלך בוכנה	(m, ft)
Z – מספר בוכנות	
N – מספר סיבובי מדחס בדקה	

$$V_t = A \times LH \times Z \times N \times 60$$

$$V_r = V_t \times e$$

$$Gr = V_r \times g$$

ב. הקשר בין ספיקה נפחית, מהירות זרימה ושטח החתך של מוביל הזורם

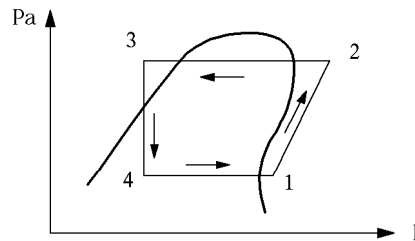
V_1 – ספיקה נפחית	(ליטר/דקה, גלון/דקה, ר"ק/דקה – $L/min, gpm, cfm$)
V_e – מהירות זרימה	(מטר/דקה, רגל/דקה – $m/min, fpm$)
A – שטח חתך	(מ"ר, רגל מרובע – $sq.m, sq.ft$)

$$V_1 = V_e \times A$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

ג. מחזור קירור בדיאגרמת מולייר



- I – אנטלפיה (קילו ג'אול/ק"ג, ית"ב/ליברה – $btu/lb, kj/kg$)
 Q_e – תפוקת מאיד (קילו ג'אול/שעה, ית"ב/שעה – $Kj/h, btu/h$)
 Q_c – תפוקת מעבה (כנ"ל)
 W_c – עבודת מדחס (כנ"ל)
 $c.o.p$ – סיפרת הספק של המערכת

$$Q_e = Gr \times (I_1 - I_{3,4})$$

$$Q_c = Gr \times (I_2 - I_{3,4})$$

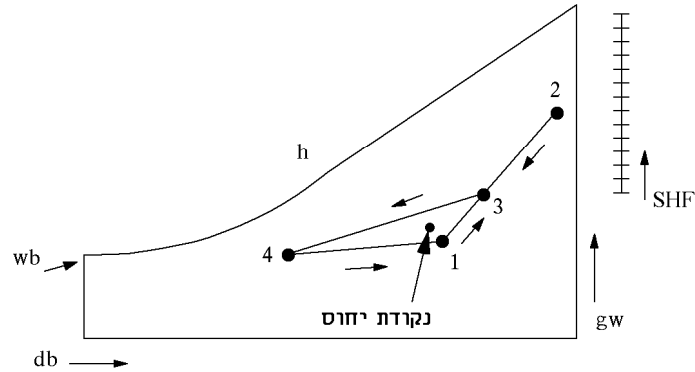
$$W_c = G \times (I_2 - I_1)$$

$$c.o.p = (I_1 - I_4) / (I_2 - I_1)$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

ג. דיאגרמה פסיכומטרית



(1) סימונים

1. עומס חום פנימי מורגש - RHS
2. עומס חום פנימי כמוס - RHL
3. עומס חום פנימי כולל - RHT
4. עומס חום כולל מורגש - GHS
5. עומס חום כולל כמוס - GHL
6. עומס חום כולל - GHT
7. כמות אויר כוללת - V_T
8. כמות אויר חוזר - V_R
9. כמות אויר צח - V_0
10. ספיקה מסית של אויר - m
11. טמפרטורה יבשה - DBT
12. טמפרטורה לחה - WBT
13. נקודת טל - Dp
14. אנטלפיה - h
15. לחות יחסית ב-% - RH
16. לחות סגולית - gw
17. כמות מים יוצאים ממאייד - Wa
18. מקדם חום מורגש בחדר - $RSHF$

(2) יחידות ותכונות אויר

$$1kw = 3600kj/h$$

$$1L = 0.001204kg \quad (\text{אוויר יבש})$$

$$v = 0.83cu.m/kg, 13.34cu.ft/lb \quad (\text{נפח סגולי אויר סטנדרטי})$$

$$1lb = 7000grains$$



משרד התעשייה המסחר והתעסוקה
אגף בכיר להכשרה ולפיתוח כח - אדם
תחום בחינות

(3) הנוסחאות

א. יחידות בריטיות*

יחידות חום: btu/h ; ספיקת אויר נפחית: cfm ; כמות מים סגולית: $grains/lb$
 טמפרטורות: T_F ; אנטלפיה: btu/lb

$$\begin{aligned} &*** \quad m = V \times g = V/v \\ &*** \quad RSHF = RHS / (RHS + RHL) \\ &*** \quad DB_3 = (V_R \times DB_1 + V_o \times DB_2) / (V_R + V_o) \\ &*** \quad V_T = V_o + V_R \\ &* \quad RHS = V_T \times 1.08 \times (DB_1 - DB_4) \\ &* \quad GHS = V_T \times 1.08 \times (DB_3 - DB_4) \\ &* \quad GHL = V_T \times 0.68 \times (gw_3 - gw_4) \\ &* \quad GHT = GHS + GHL = V_T \times 4.5 \times (h_3 - h_4) \\ &* \quad Wa = V_T \times 4.5 \times (gw_3 - gw_4) \end{aligned}$$

*** - נוסחה מתאימה לשתי השיטות

ב. יחידות מטריות/ SI **

יחידות חום: Kw ; ספיקת אויר נפחית: L/s ; כמות מים סגולית: gr/kg
 טמפרטורות: TC ; אנטלפיה: kJ/kg

$$\begin{aligned} ** \quad &RHS = V_T \times 1.232 \times (DB_1 - DB_4) \\ ** \quad &RHL = V_T \times 3.012 \times (gw_3 - gw_4) \\ ** \quad &Wa = m \times (gw_3 - gw_4) \end{aligned}$$