

פיזיקה 4C



תוכן העניינים

1	1. החוק השני של התרמודינמיקה.....
16	2. הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה -
19	3. התיאוריה הקינטית של הגזים
20	4. חום והחוק הראשון של התרמודינמיקה.....
39	5. טמפרטורה התפשטות תרמית וחוק הגז האידיאלי
44	6. גלים
61	7. אופטיקה

פיזיקה 4C

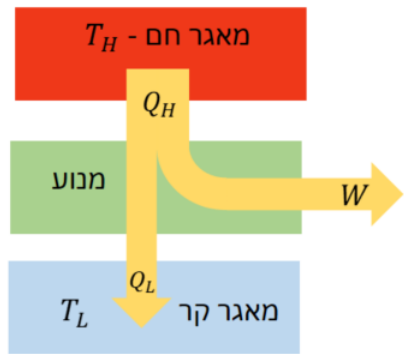
פרק 1 - החוק השני של התרמודינמיקה

תוכן העניינים

1. הקדמה לחוק השני של התרמודינמיקה ומנועי חום 1
2. תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים ומנוע קרנו 4
3. מקררים מזגנים ומשאבות חום 7
4. אנטרופיה 9
5. סיכום (ללא ספר)
6. פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני 13

הקדמה לחוק השני של התרמודינמיקה ומנועי חום:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
שימו לב לסימנים! כל הסימנים חיוביים! T_H ו- T_L נקראות טמפרטורות העבודה	Q_H - כמות החום שיוצאת מהמאגר החם. Q_L - כמות החום שנכנסת אל המאגר הקר. W - העבודה שהמנוע מבצע על הסביבה.	 $Q_H = W + Q_L$
		$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$

שאלות:

(1) דוגמה - נצילות של מנוע מכני

- למנוע של מכניקה יש נצילות של 20%. המנוע מפק 25kJ של עבודה כל שניה.
 א. כמה חום דרוש להכניס למנוע כל שניה?
 ב. כמה חום נפלט מהמנוע כל שניה?

(2) חישוב נצילות של מנוע חום

- מנוע חום פולט 6900J של חום כאשר הוא מבצע עבודה של 2300J .
 מה הנצילות של המנוע באחוזים?

(3) חום שפולטת תחנת כוח

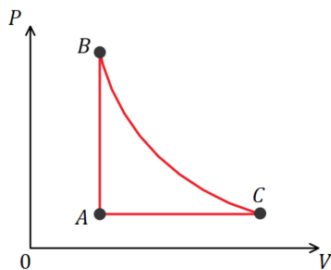
- תחנת כוח מייצרת 560MW של הספק חשמלי.
 העריכו את החום שנפלט כל שניה אם הנצילות של התחנה היא 35%.

(4) מנוע 6 צילינדרים

- למנוע עם 6 צילינדרים של אוטו יש נצילות של 24%. המנוע מספק 180 J של עבודה בכל מחזור עבור כל צילינדר. המנוע עושה 25 מחזורים בשניה.
- מהי העבודה הכוללת שמבצע המנוע בשניה?
 - מהו החום שנוצר משריפת הדלק כל שניה?
 - אם האנרגיה הנוצרת מדלק היא 32 MJ לליטר, לכמה זמן מחזיק מיכל דלק מלא המכיל 40 ליטר דלק?

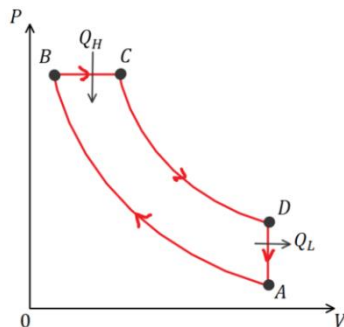
(5) מנוע הפיך עם גז ארגון

מנוע הפיך מכיל 1.00 mol של גז ארגון, גז מונואטומי כמעט אידיאלי. התהליך שעובר המנוע מתואר באיור כאשר הגז בהתחלה בנקודה A ב-STP. הנקודות B ו-C נמצאות על עקומה איזותרמית בטמפרטורה $T = 433\text{ K}$.



- התהליך AB הוא תהליך בנפח קבוע והתהליך AC הוא תהליך בלחץ קבוע.
- האם המנוע מבצע את התהליך באיור עם כיוון השעון או נגד השעון?
 - מהי הנצילות של המנוע?

(6) מנוע בנזין אידיאלי



- אפשר לתאר את הפעולה של מנוע דיזל בקירוב על ידי התהליך המחזורי באיור. אוויר נשאב לצילינדר בפעימת יניקה (לא חלק מהמחזור באיור). האוויר נדחס אדיאבטית, שלב AB. בנקודה B דלק מוזרק לתוך הצילינדר. הדלק נשרף ישר כי הטמפרטורה מאוד גבוהה. הבעירה היא יחסית איטית ובמהלך החלק הראשון של פעימת העבודה הגז מתפשט כמעט בנפח קבוע, שלב BC. בשלב השני של פעימת העבודה, אחרי שהבעירה מסתיימת, הגז מתפשט אדיאבטית, שלב CD. שלב DA מתאר את פעימת הפליטה.

א. הראה שעבור מנוע שעובר את התהליך הנ"ל עם גז אידיאלי הנצילות האידיאלית

$$\eta = 1 - \frac{(V_A/V_C)^{-\gamma} - (V_A/V_B)^{-\gamma}}{\gamma[(V_A/V_C)^{-1} - (V_A/V_B)^{-1}]}$$

היא: V_A/V_B נקרא יחס הדחיסה ו- V_A/V_C נקרא יחס התרחבות "expansion ratio".

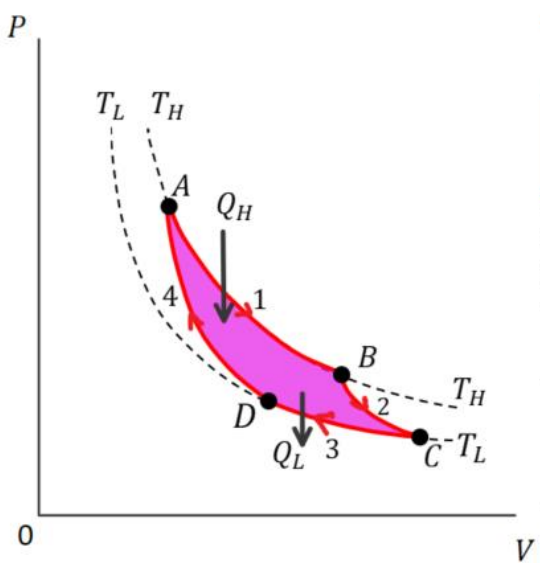
- ב. חשב את הנצילות אם הגז הוא דו אטומי, $V_A/V_B = 16$ ו- $V_A/V_C = 4.5$.

תשובות סופיות:

- (1) א. 125kJ ב. 100kJ
- (2) 25%
- (3) 1000J
- (4) א. 27000J ב. 110000J ג. 3.2hr
- (5) א. עם השעון. ב. 9%
- (6) א. הוכחה. ב. 55%

תהליכים הפיכים ובלתי הפיכים ומנוע קרנו:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע. מורכב מתהליכים הפיכים ולכן לא קיים במציאות, ניתן רק לשאוף אליו.	מחזור קרנו	
נקראת גם נצילות אידיאלית או מקסימאלית	נצילות במנוע קרנו	$\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$

שאלות:

(1) דוגמה - טענה לא הגיונית

יצרן רכב טוען כי במנוע שייצר קצב הכניסה של החום הוא 9.1kJ בטמפרטורה של 162°C וקצב הפליטה של החום הוא 4.1kJ בטמפרטורה של 22°C. האם אתם מאמינים ליצרן?

(2) דוגמה - נצילות של מנוע בעירה

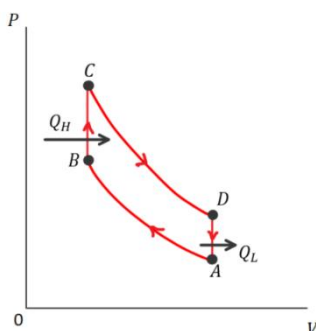
המחזור של מנוע בעירה מתואר באיור. הניחו שחומר העבודה הוא גז אידיאלי.

א. הראו כי הנצילות של המנוע

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{1-\gamma}$$

ב. חשבו את הנצילות של המנוע אם יחס

הדחיסה הוא: $\frac{V_A}{V_B} = 7.0$ והגז הוא דואטומי בדומה ל- O_2 או N_2 .





(3) מנוע חום עם חנקן נוזלי

זה לא הכרחי שהמאגר החם של מנוע חום יהיה יותר חם מהסביבה. חנקן נוזלי זול בערך כמו בקבוק מים והטמפרטורה שלו היא בערך 77K . מה תהיה הנצילות המקסימלית של מנוע הפועל בין הטמפרטורה של חנקן נוזלי לטמפרטורת החדר 293K ?

(4) מנוע 1100W

מנוע קרנו פועל בטמפרטורות 190°C ו- 25°C . ההספק של המנוע הוא 1100W . כמה חום פולט המנוע כל שניה?

(5) מטפס הרים

הניחו שאדם ששוקל 70kg צריך $4.3 \cdot 10^3\text{kcal}$ של אנרגיה בשביל יום אחד של פעילות. העריכו את הגובה המקסימאלי שאותו אדם יכול לטפס על הר עם כמות זו של אנרגיה. כהערכה גסה אפשר להתייחס לאדם כמנוע הפועל בין טמפרטורות הגוף 37°C לטמפרטורת הסביבה 20°C .

(6) טמפרטורת עבודה בנסיעה

מכונית מייצרת עבודה בקצב של בערך $7 \frac{\text{kJ}}{\text{sec}}$ כאשר היא נוסעת במהירות

קבועה של $25 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכביש אופקי, זוהי עבודה כנגד כוח החיכוך.

המכונית יכולה לנסוע 14km לכל ליטר דלק.

מה הערך המינימלי של T_H אם $T_L = 25^\circ\text{C}$ והאנרגיה הזמינה מליטר אחד של דלק היא: $3.2 \cdot 10^7\text{J}$?

(7) חישובים במחזור קרנו

מול אחד של גז מונואטומי עובר תהליך של מחזור קרנו, כאשר $T_H = 380^\circ\text{C}$ ו- $T_L = 180^\circ\text{C}$.

הלחץ ההתחלתי הוא 7.8atm .

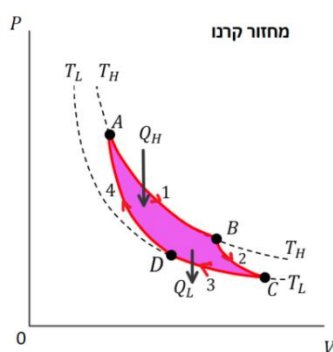
במהלך ההתרחבות האיזותרמית הנפח מוכפל.

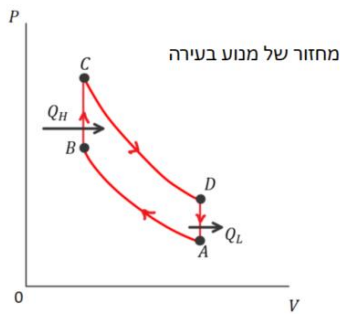
א. מהם הלחץ והנפח בנקודות: A, B, C, D?

ב. מצאו את Q , W ו- ΔE_{int} עבור כל שלב בתהליך.

ג. חשבו את הנצילות של המנוע באמצעות

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \text{ ו- } \eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}.$$





(8) יחס דחיסה במנוע בעירה

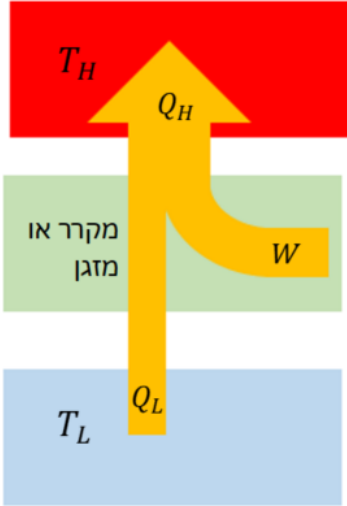
במנוע שמתנהג בקירוב כמו המחזור של מנוע בעירה הדלק מוצת בסוף שלב הדחיסה האדיאבטית. טמפרטורת ההצתה של דלק מסוג אוקטן 95 היא 280°C ובהנחה שחומר העבודה הוא גז שמגיע מהאוויר (דו אטומי בטמפרטורה 25°C) קבעו מהו יחס הדחיסה המירבי $\frac{V_A}{V_B}$.

תשובות סופיות:

- (1) לא.
- (2) א. הוכחה. ב. 54%
- (3) 74%
- (4) 5000J
- (5) 1400m
- (6) 400°K
- (7) א. $P_B = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_B = 1.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$, $P_A = 7.9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_A = 0.69 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
- ב. $P_D = 3.2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_D = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$, $P_C = 1.6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $V_C = 2.4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$
- ג. $\Delta E_{\text{int}_{BC}} = -2500 \text{ J}$, $Q_{BC} = 0$, $W_{BC} = 2500 \text{ J}$, $\Delta E_{\text{int}_{AB}} = 0$, $Q_{AB} = W_{AB} = 3800 \text{ J}$
- ד. $\Delta E_{\text{int}_{DA}} = 2500 \text{ J}$, $Q_{DA} = 0$, $W_{DA} = -2500 \text{ J}$, $\Delta E_{\text{int}_{CD}} = 0$, $Q_{CD} = W_{CD} = -2600 \text{ J}$
- ה. $\eta = 31\%$
- (8) 7.1

מקררים מזגנים ומשאבות חום:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
	מקדם היעילות של מקרר או מזגן	$\text{COP} = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$
	עבור מקרר או מזגן אידיאלי (לא מושלם)	$\text{COP}_{\text{ideal}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$
תמיד גדול מאחד	מקדם היעילות של משאבת חום	$\text{COP} = \frac{Q_H}{W}$

שאלות:

1) דוגמה - מכינים קרח

למקפיא יש מקדם יעילות של 3.6 והוא עובד בהספק של 200W. כמה זמן ייקח למקפיא להקפיא מגש קוביות קרח אם המגש הוכנס למקרר המכיל 400gr מים ב-0°C?

2) דוגמה - משאבת חום

למשאבת חום מקדם יעילות של 3.0 והספק של 1200W.
 א. כמה חום היא מוסיפה לחדר כל שניה?
 ב. אם הופכים את פעולת המשאבה בקיץ כך שתשמש כמזגן, מה תצפו שיהיה מקדם היעילות שלה?

(3) מקדם יעילות של מקרר אידיאלי

מקרר אידיאלי מחזיק את הטמפרטורה בתוכו ב- 4°C כאשר הטמפרטורה בבית היא 25°C . מהו מקדם היעילות של המקרר?

(4) מנוע קרנו עובד הפוך

למנוע אידיאלי (מנוע קרנו) יש נצילות של 37%. אם היה אפשר להפעיל את המנוע הפוך כך שיעבוד בתור משאבת חום, מה היה מקדם היעילות של המנוע?

(5) מקרר קרנו אידיאלי מקפיא מים

"מקרר קרנו" (מנוע קרנו שעובד הפוך) מוציא חום מתא ההקפאה הנמצא בטמפרטורה של -15°C ופולט אותו לחדר בטמפרטורה של 25°C .

א. הראו כי אם מקדם היעילות של מקרר מוגדר לפי: $\text{COP} = \frac{Q_L}{W}$

אז מקדם היעילות של מקרר קרנו הוא: $\text{COP}_{\text{ideal}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$.

ב. כמה עבודה מבצע המנוע לשנות 0.6 kg של מים ב- 25°C לקרח ב- -15°C ? אם ההספק של המדחס במנוע הוא 160 W , מהו הזמן המינימלי הדרוש להקפיא מים מטמפרטורה של 25°C לקרח ב- 0°C ?

(6) משאבת חום לא אידיאלית

משאבת חום פועלת כמזגן ושומרת את הטמפרטורה בתוך הבניין על 24°C כאשר הטמפרטורה בחוץ היא 40°C .

בשביל לבצע זאת המשאבה שואבת $3 \cdot 10^7\text{ J}$ חום בשעה מתוך הבניין ביעילות של 25% מהיעילות האידיאלית (זו של מקרר קרנו).

א. מהו מקדם היעילות של המשאבה?

ב. מהו ההספק של המדחס במשאבה? רשום תשובה בכוח סוס.

תשובות סופיות:

(1) בערך 3 דקות.

(2) א. 4600 J ב. 2

(3) 13

(4) 2.7

(5) א. הוכחה. ב. $4.4 \cdot 10^4\text{ J}$

(6) א. 4.6 ב. 2.4HP

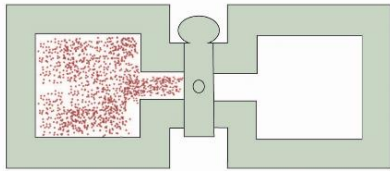
אנטרופיה:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
רק בטמפרטורה קבועה ובתהליך הפיך T - בקלווין!	Q - כמות החום שנכנסת למערכת	$\Delta S = \frac{Q}{T}$
	האנטרופיה היא משתנה מצב של המערכת	השינוי באנטרופיה לא תלוי בתהליך

שאלות:

- (1) **דוגמה - שינוי באנטרופיה כשמערבבים מים**
מערבבים 5kg מים ב-20°C עם 5kg מים ב-24°C.
א. מה תהיה הטמפרטורה הסופית של המים המערבבים?
ב. העריכו את השינוי באנטרופיה של כל המערכת.



- (2) **דוגמה - שינוי באנטרופיה בהתפשטות חופשית**
גז מתפשט בצורה אדיאבטית וחופשית
(כפי שמתואר בפרק הקודם בסרטון התפשטות
חופשית) מנפח V_1 לנפח V_2 .
א. חשבו את השינוי באנטרופיה של הגז.
ב. מהו השינוי באנטרופיה של הסביבה?
ג. הערך את השינוי באנטרופיה עבור $n = 1.00$ ו- $V_2 = 2.00V_1$.

- (3) **דוגמה - נחושת חמה נזרקת לתוך אגם**
גוש נחושת חם בעל מסה של 2.00kg בטמפרטורה של $T_1 = 840^\circ\text{K}$ נזרק לאגם
גדול בטמפרטורה של $T_2 = 280^\circ\text{K}$.
הניחו כי האגם מספיק גדול כך שהטמפרטורה שלו לא משתנה באופן מהותי.
מהו השינוי באנטרופיה של:
א. הנחושת.
ב. האגם.
ג. הכולל.

(4) דוגמה - קוביית קרח נמסה

קוביית קרח במסה של 1.00kg ובטמפרטורה של 0°C נמצאת במגע עם מאגר חום גדול שהטמפרטורה שלו היא מעט מעל 0°C . כתוצאה מכך הקרח נמס מאוד לאט למים. מה השינוי באנטרופיה של:

א. הקרח.
ב. המאגר.

(5) שינוי באנטרופיה של מים שהופכים לאדים

מהו השינוי באנטרופיה של 150gr של מים ב- 100°C שהופכים לאדים ב- 100°C ?

(6) קופסה מחליקה על משטח עם חיכוך

קופסה בעלת מסה של 6.5kg מחליקה על משטח אופקי לא חלק (קיים חיכוך קינטי). חשבו את השינוי באנטרופיה של היקום מתחילת תנועתה של הקופסה במהירות $5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ועד לעצירתה. הניחו שכל הגופים נמצאים בטמפרטורת החדר 293K .

(7) מים מתקררים ממאגר קרח

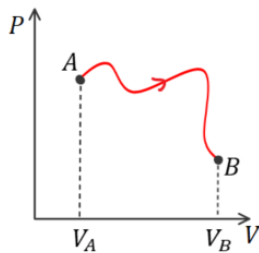
1.0L של מים ב- 0°C נמצאים במגע עם כמות גדולה של קרח ב- -10°C . כתוצאה מכך המים קופאים ומתקררים גם ל- -10°C . חשבו את השינוי הכולל באנטרופיה.

(8) מוט ברזל נזרק למים

מוט ברזל בעל מסה של 1.8kg ובטמפרטורה של 43°C נזרק למיכל מים המצופה בקלקר. המיכל מכיל 1.2kg מים בטמפרטורת החדר (20°C). מהו השינוי הכולל באנטרופיה?

(9) גז אידיאלי מתפשט איזותרמית

גז אידיאלי מתפשט איזותרמית $T = 350^{\circ}\text{K}$ מנפח 2.30L ולחץ 6.9atm ללחץ 1.0atm . מהו השינוי באנטרופיה של הגז?



10) גז אידיאלי עובר תהליך מוזר

גז אידיאלי המכיל n מולים עובר את התהליך המתואר באיור. הטמפרטורה בנקודות A ו-B זהה. חשבו את השינוי באנטרופיה של הגז בעקבות התהליך. V_A , nV_B , נתונים.

11) שני גזים מתערבבים

1.00mol של גז חנקן ו-1.00mol של גז חמצן נמצאים בתאים נפרדים, זהים בגודלם, באותה הטמפרטורה ומבודדים מהסביבה. מחברים בין התאים והגזים (האידיאליים) מתערבבים. מהו השינוי באנטרופיה של:

- כל המערכת?
- של הסביבה?
- חזור על סעיף א' אם התא של אחד הגזים גדול פי שניים מהתא של השני.

12) קיבול חום מולרי משתנה

קיבול החום המולרי של אשלגן בטמפרטורות נמוכות משתנה עם הטמפרטורה לפי $C_V = \alpha T + \beta T^3$ כאשר $\alpha = 2.08 \frac{\text{mJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}^2}$ ו- $\beta = 2.57 \frac{\text{mJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}^4}$. מצאו את השינוי באנטרופיה של 0.25mol של אשלגן כאשר הטמפרטורה שלו יורדת מ-4.0K ל-2.0K בתהליך בנפח קבוע.

תשובות סופיות:

(1) א. 22°C ב. $1 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(2) א. $\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$ ב. $\Delta S = 0$ ג. $5.76 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(3) א. $-857 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ ב. $1560 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ ג. $703 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(4) א. $-1220 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ ב. $1220 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(5) $910 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(6) $0.28 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(7) $48 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(8) $2.2 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(9) $8.8 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

(10) $nR \ln \frac{V_B}{V_A}$

(11) א. $5.8 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ ב. 0 ג. $13 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

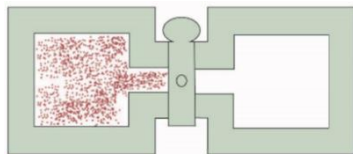
(12) $-11 \frac{\text{mJ}}{\text{K}}$

פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
	k - קבוע בולצמן Ω - פונקציית המצבים המיקרוסקופיים	$S = k \ln \Omega$

שאלות:



- (1) **דוגמה - התפשטות חופשית גישה סטטיסטית**
השתמשו במשוואה של בולצמן לאנטרופיה וחשבו את השינוי באנטרופיה במקרה של התפשטות חופשית של מול אחד של גז אידיאלי מנפח V לנפח $2V$.
הניחו ש- Ω אומרת את מספר המיקומים האפשריים של כל המולקולות. השוו לחישוב שנעשה בדוגמה הקודמת של התפשטות חופשית באמצעות הנוסחה של קלאוזיוס.

(2) אנטרופיה להטלת 4 מטבעות

השתמשו בפונקציית המצבים Ω וחשבו מה האנטרופיה בכל אחד מהמצבים המיקרוסקופיים שתוארו בדוגמה של הטלת 4 מטבעות.

מספר המצבים המיקרוסקופיים	המצבים המיקרוסקופיים המתאימים (H-ראש, T-זנב)	המצב המיקרוסקופי
1	HHHH	4 ראש
4	THHH, HTHH, HHTH, HHHT	3 ראש, 1 זנב
6	TTHH, THTH, HTTH, THHT, HTHT, HHTT	2 ראש, 2 זנב
4	HTTT, THTT, TTHT, TTTH	1 ראש, 3 זנב
1	TTTT	4 זנב

(3) הטלת 5 מטבעות

- דני לקח 5 מטבעות והטיל אותם בצורה אקראית על השולחן.
א. רשמו טבלה ובה את מספר המצבים המיקרוסקופיים המתאימים לכל מצב מקרו.
ב. מהי ההסתברות שבהטלה יצאו 3 מטבעות ראש ו-2 זנב?
ג. מהי ההסתברות שכל המטבעות יפלו על זנב?
ד. מהי ההסתברות שבהטלה יפלו לפחות 3 מטבעות על זנב?

(4) שינוי באנטרופיה בסידור 10 מטבעות

על שולחן ישנם 10 מטבעות כאשר 9 מתוכם נמצאים עם הראש כלפי מעלה ואחד עם הזנב כלפי מעלה. הופכים 3 מטבעות שהיו עם הראש כלפי מעלה. מה השינוי באנטרופיה של המערכת? השווה לשינוי באנטרופיה של מערכת תרמודינמית מאחד הדוגמאות הקודמות. ניתן לחשב את פונקציית המצבים גם באמצעות מקדמי הבינום של ניוטון: $\frac{n!}{k!(n-k)!}$ כאשר n הוא מספר המטבעות ו- k מספר המטבעות עם הזנב (או הראש) כלפי מעלה.

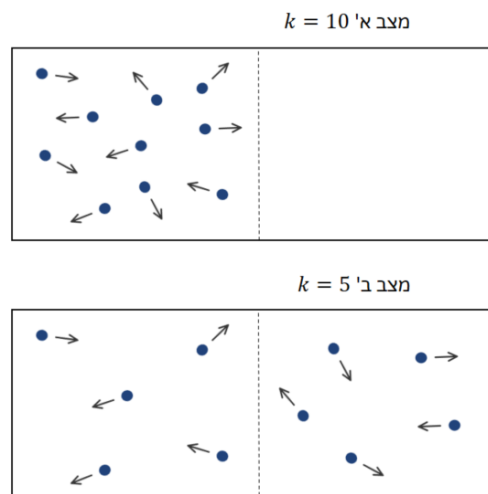
(5) גז עם 10 אטומים בתיבה

נניח שישנה מערכת דמויית גז המכילה $n = 10$ אטומים במהירויות זהות. ה"גז" נמצא בתוך תיבה. נסמן את מספר האטומים הנמצאים בחציה השמאלית של התיבה ב- k . מספר האפשרויות לסדר את האטומים כך ש- k אטומים יהיו

$$\frac{n!}{k!(n-k)!} \cdot$$

נניח כי כל ערך של k מסמל מצב מיקרוסקופי של המערכת. במצב א' שבאיור כל 10 האטומים בצד שמאל של התיבה ($k = 10$) ובמצב ב' שבאיור 5 בחצי הימני ו-5 בשמאלי ($k = 5$).

- מהו השינוי באנטרופיה במעבר בין מצב א' למצב ב'? האם התהליך יכול להתרחש בצורה ספונטנית?
- מהו השינוי באנטרופיה במעבר בין מצב ב' למצב א'? האם התהליך יכול להתרחש בצורה ספונטנית?



תשובות סופיות:

(1) $R \ln(2)$

(2)

המצב המיקרוסקופי	אנטרופיה
4 ראש	0
3 ראש, 1 זנב	$1.91 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
2 ראש, 2 זנב	$2.47 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
1 ראש, 3 זנב	$1.91 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
4 זנב	0

(3) א.

פונקציית המצבים Ω	המצבים המיקרוסקופיים	מצב מקרוסקופי
1	HHHHH	5-H, 0-T
5	HHHHT, HHHHT, HHTHH, HTHHH, THHHH	4-H, 1-T
10	HHHTT, HHTHT, HTHHT, THHHT, HHTTH, HTTHH, THTHH, TTHHH, HTHTH, THHTH	3-H, 2-T
10	כמו 3-H, 2-T רק להחליף H ב-T	2-H, 3-T
5	כמו 4-H, 1-T רק להחליף H ב-T	1-H, 4-T
1	כמו 5-H, 0-T רק להחליף H ב-T	0-H, 5-T

ד. 50%

ג. 3.125%

ב. 31.25%

(4) $4.2 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

(5) א. $7.63 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$, ב. $-7.63 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$, לא.

פיזיקה 4C

פרק 2 - הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה -

תוכן העניינים

1. הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה 16

הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה:

שאלות:

(1) מעבר יחידות בדוגמא של צפיפות מים

מצא מהי צפיפות המים ביחידות של גרם לאינץ' מעוקב.

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1000 \text{gr}}{1 \text{kg}} \times \left(\frac{1 \text{m}}{39.3 \text{in}} \right)^3$$

(2) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים

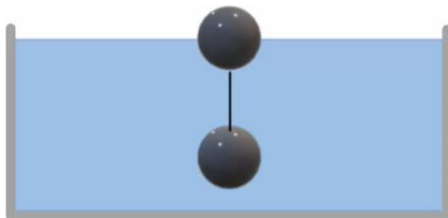
שני כדורים בעלי נפח זהה $V = 20 \text{ c.m}^3$ קשורים בחוט זה לזה.

מניחים את הכדורים במים ולאחר זמן רב רואים שהמערכת התייצבה כך שכדור 1 נמצא כולו בתוך המים ורק חצי מנפחו של כדור 2 שקע לתוך המים, ראה איור.

המסה של כדור 1 גדולה פי 4 מזו של כדור 2.

א. מהי המסה של כל כדור?

ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?



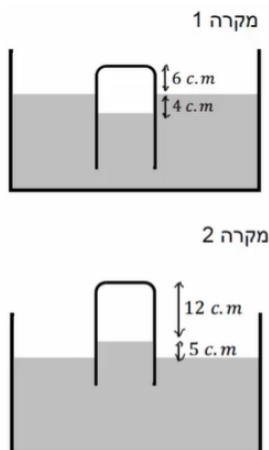
(3) צינורית במיכל כספית

מיכל גדול מאוד מכיל כספית ונמצא בחדר לחץ בו לחץ האוויר אינו ידוע. טובלים במיכל צינורית זכוכית דקה הסגורה בחלקה העליון. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 6 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 4 ס"מ מתחת לפני הכספית במיכל. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 17 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 5 ס"מ מעל לפני הכספית במיכל. הנח שגובה פני הכספית במיכל קבוע.

א. מהו לחץ האוויר בחדר?

ב. באיזה גובה צריך להחזיק את קצה הצינורית מעל

המיכל כך שפני הכספית בצינורית יהיו בגובה הכספית של המיכל?



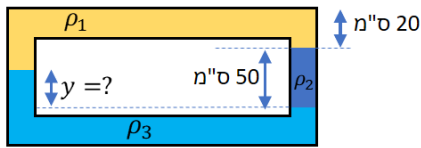
(4) שלושה נוזלים בצינור

האיור הבא מתאר צינור סגור שבתוכו שלושה נוזלים שונים.

צפיפויות הנוזלים הן:

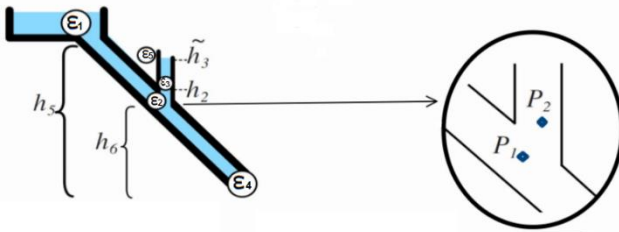
$$\rho_1 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_3 = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

מצא את הגובה y באיור.

**(5) מים בנפילה + צינורית מד-לחץ**

נתונה המערכת שבשרטוט.

מצא את הלחצים בנקודות השונות.

**(6) צינור ונטורי ללא חיכוך**

נתונה זרימה על פי השרטוט

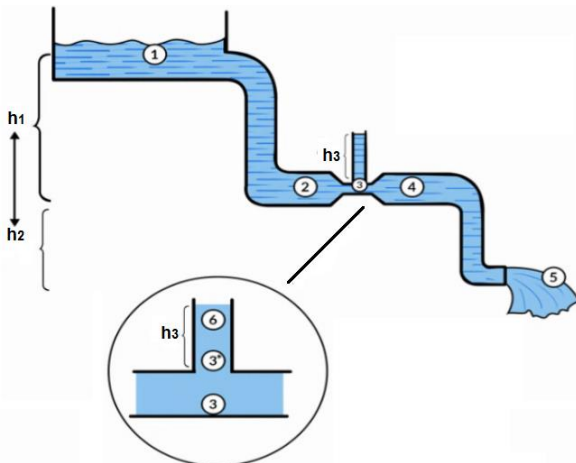
(מקדם הצמיגות ידוע).

בחלק מספר 3 שטח החתך של הצינור

הינו שליש מבשאר הצינור.

מצא את הלחץ בכל הנקודות 1-5 ומצא

את גובה עמוד המים מעל נקודה 3.

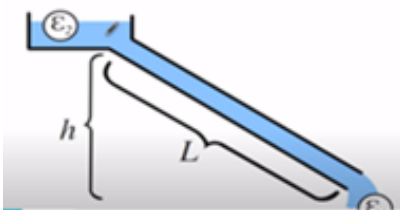
**(7) איבוד אנרגיה עקב צמיגות**

נתון נוזל בעל צמיגות ידועה.

מצא על פי הנתונים שבשרטוט, מהי מהירות

הזרימה בצינור אם נתון מקדם הצמיגות,

רדיוס הצינור, אורך הצינור וגובה מאגר.

**(8) צינור ונטורי עם חיכוך**

נתונה המערכת שבשרטוט.

שטח חתך הצינור בנקודה 3 כפול

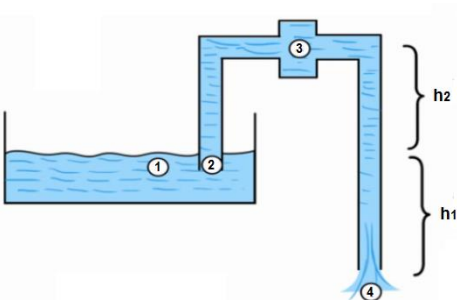
מבשאר הצינור.

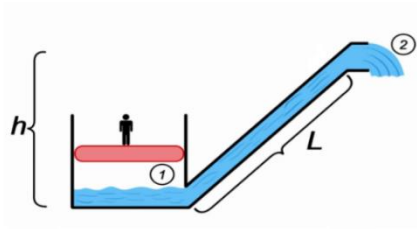
א. מהי מהירות הזרימה בהנחה שאין

איבוד אנרגיה?

ב. מהי מהירות הזרימה אם נתון

מקדם הצמיגות?





(9) לחץ ממשקל אדם ממלא בריכה

צינורית בקוטר d ואורך L מחוברת לתחתית בריכה רדודה. מעלים את הלחץ בבריכה ע"י כך שמניחים אדם בעל מסה m על משטח בגודל S , כך שהמשטח לוחץ את האוויר תחתיו מכובד משקל האדם (המשטח בדיוק בגודל הבריכה ויכול לנוע מעלה ומטה אך האזור תחתיו נשאר אטום).

תוך כמה זמן הבריכה תתרוקן אם נתון כי נפל המים בבריכה בתחילה הוא K וצמיגות המים היא l ?

תשובות סופיות:

$$0.016 \frac{\text{gr}}{\text{in}^3} \quad (1)$$

$$\rho_1 = 1.6 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3}, \rho_2 = 0.4 \frac{\text{gr}}{\text{c.m}^3} \quad \text{ב.} \quad m_2 = 8\text{gr}, m_1 = 32\text{gr} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$x = 10.8\text{c.m} \quad \text{ב.} \quad P_0 \approx 0.656\text{atm} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$y = 25\text{c.m} \quad (4)$$

ראה סרטון. (5)

$$, P_3 = P_2 - \frac{1}{2} \rho \cdot 8V^2, P_2 = P_4 = P_{\text{atm}} + \rho gh_2 - \frac{1}{2} \rho V^2, P_1 = P_5 = P_{\text{atm}} \quad (6)$$

$$P_3 = \rho gh_3 + P_{\text{atm}}$$

ראה סרטון. (7)

$$V^* = \sqrt{2gh_1} \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad \text{ראה סרטון.} \quad (8)$$

ראה סרטון. (9)

פיזיקה 4C

פרק 3 - התיאוריה הקינטית של הגזים

תוכן העניינים

1. הסברים ותרגול 19

הסברים ותרגול:

שאלות:

- (1) **דוגמה-אנרגיה של מולקולה**
מהי האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה של גז אידיאלי בטמפרטורת החדר (בערך 20°C)?
- (2) **מהירות של מולקולה באוויר**
מצא את גודל ה- v_{rms} של מולקולת חמצן O_2 ושל מולקולת חנקן N_2 באוויר, בטמפרטורת החדר 20°C .
- (3) **דוגמה-שינוי בנפח ובטמפרטורה**
גז המקיים את חוקי הגז האידיאלי נמצא במיכל סגור שיכול לשנות את נפחו.
א. מה יהיה השינוי v_{rms} של מולקולה בגז אם מכפילים את נפח המיכל כאשר מחזיקים את הלחץ והטמפרטורה קבועים.
ב. פי כמה צריכה להשתנות הטמפרטורה של הגז בשביל שה- v_{rms} תגדל פי 2?
- (4) **דוגמה-מיכל הליום ממלא בלונים**
משתמשים במיכל הליום על מנת לנפח בלונים.
עם כל בלון שמנפחים מספר המולים של הגז במיכל קטנים.
האם מהירות המולקולות תגדל, תקטן או לא תשתנה?

תשובות סופיות:

- (1) $E_k = 6.07 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
- (2) $V_{\text{rms O}_2} \approx 478 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, V_{\text{rms N}_2} \approx 513 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$
- (3) א. V_{rms} לא ישתנה. ב. פי 4.
- (4) V_{rms} לא ישתנה, P יקטן.

פיזיקה 4C

פרק 4 - חום והחוק הראשון של התרמודינמיקה

תוכן העניינים

1.	חום טמפרטורה ואנרגיה פנימית.....	20
2.	קיבול חום ושיטת הקלורימטריה.....	21
3.	חום כמוס.....	23
4.	החוק הראשון וניתוח תהליכים פשוטים.....	25
5.	קיבול חום של גזים ועקרון החלוקה השווה.....	30
6.	הקשר בין לחץ ונפח בהתפשטות אדיאבטית.....	31
7.	הולכה הסעה וקרינה.....	34
8.	סיכום.....	37

חום טמפרטורה ואנרגיה פנימית:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
האנרגיה הפנימית של הגז תלויה רק בטמפרטורה	אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי n - מספר המולים $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ T - טמפרטורה בקלווין	$E_{\text{int}} = \frac{3}{2} nRT$
תלויה רק בטמפרטורה	עבור גז אידיאלי דו-אטומי	$E_{\text{int}} = \frac{5}{2} nRT$

שאלות:

(1) דוגמה - שורפים קלוריות

לאיזה גובה צריך לטפס אדם שמסתו 60 ק"ג בשביל לשרוף 100Cal (100kilocal)?

תשובות סופיות:

(1) 700m

קיבול חום ושיטת הקלורימטריה:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
	c - קיבול חום סגולי ליחידת מסה	$Q = mc\Delta T$

שאלות:

(1) דוגמה - מחממים ספל מים

- ספל מים שוקל 200 גרם ועשוי מזכוכית.
כמה חום דרוש בשביל לחמם את הספל מטמפרטורת החדר (20°C) ל- 80°C אם:
א. הספל ריק ממים.
ב. הספל מכיל 200 גרם מים (הנמצאים גם בטמפרטורת החדר בהתחלה).

(2) דוגמה - הקפה מתקרר

- מוזגים 200 סמ"ק קפה בטמפרטורה של 90°C לכוס זכוכית בעלת מסה של 150 גרם הנמצאת בטמפרטורה של 20°C .
מה תהיה טמפרטורת הקפה בכוס במצב שיווי משקל?
הנח כי המערכת מבודדת בקירוב.

(3) דוגמה - מציאת קיבול חום באמצעות קלורימטר

- נרצה למצוא את קיבול החום של תרכובת מתכות חדשה.
מחממים 100 גרם מהתרכובת ל- 500°C ומעבירים אותה במהירות לתוך קלורימטר.
הקלורימטר מורכב ממיכל אלומיניום בעל מסה של 0.200kg המכיל 0.500kg מים
בטמפרטורה של 22.4°C . הטמפרטורה הסופית הנמדדת על ידי המדחום היא 40.8°C .
מהו קיבול החום הסגולי של התרכובת?
ניתן להזניח את החום שהולך למדחום והחום שיוצא מהבידוד.

(4) תרגיל וניסוי - קומקום מחמם מים

- קומקום חשמלי פועל בהספק של 1850 וואט.
כמה זמן ייקח לקומקום לחמם חצי ליטר של מים מטמפרטורה של 22.2°C ל- 100°C ?

- (5) **תרגיל וניסוי - קומקום מחמם מים - הפעם עם הקומקום**
 המשך של התרגיל הראשון, גם הפעם נחמם חצי ליטר מים באותו הקומקום
 (1850W) אבל הפעם לא נחמם את הקומקום לפני הניסוי ונחשב שוב, כמה זמן
 ייקח לחמם את המים?
 טמפרטורת החדר היא 21.9°C מסת הקומקום היא 754 גרם ונניח כי הוא עשוי
 נירוסטה וקיבול החום של נירוסטה הוא: $500 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.

תשובות סופיות:

- (1) א. 10^4 J ב. $6 \cdot 10^4 \text{ J}$
 (2) 81°C
 (3) $911 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}}$
 (4) 90sec
 (5) 100sec

חום כמוס:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
L_F - חום כמוס להתכה (מעבר ממוצק לנוזל או להיפך) L_V - חום כמוס לרתיחה (מעבר מנוזל לגז או להיפך)	L - החום הכמוס	$Q = m \cdot L$

שאלות:

(1) דוגמה - קרח במים

מכניסים קוביית קרח בטמפרטורה של -15°C ומסה של 300 גרם לתוך מיכל מים המכיל 1.5kg מים בטמפרטורה של 20°C .
מה תהיה הטמפרטורה הסופית של התערובת?

(2) דוגמה - מציאת חום כמוס של כספית

לוקחים 1kg כספית הנמצאת במצב מוצק ובטמפרטורת ההתכה שלה, -39°C .
מניחים את הכספית בתוך קלורימטר המורכב ממיכל אלומיניום במסה של 0.40kg ומכיל 0.47kg מים בטמפרטורה של 20°C .
הכספית מותכת והטמפרטורה הסופית של התערובת היא 12°C .
מהו החום הכמוס הסגולי הדרוש להתכת כספית?
קיבול החום הסגולי של כספית במצב הנוזלי הוא: $c = 140 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$.

(3) תרגיל וניסוי - מתי יגמרו המים בסיר

מחממים 400ml מים על הגז בסיר נירוסטה שמשקלו 177 גרם.
מודדים את טמפרטורת המים פעם אחת ורואים שהיא 60.0°C .
16.68 שניות לאחר מכן הטמפרטורה היא 63.3°C .
א. מהו קצב מעבר החום למים?
מחממים את המים עד לנקודת הרתיחה 100°C .
ב. כמה זמן ייקח לכל המים בסיר להפוך לאדים?

(4) רוכב אופניים

רוכב אופניים שותה 7 ליטר מים במהלך רכיבה של 3 שעות.
נניח כי בקירוב כל האנרגיה של הרוכב הולכת לאידוי המים דרך זיעה.
כמה אנרגיה בקילו-קלוריות השתמש הרוכב בנסיעה?
(מכיוון שהיעילות של הגוף היא בערך 20% ההערכה שכל האנרגיה הולכת לחום היא לא רחוקה).

(5) ברזל בקלורימטר

מחממים חתיכה של 300 גרם ברזל ל-180 מעלות צלזיוס ושמים אותה בקלורימטר העשוי ממכל אלומיניום בעל מסה של 90 גרם שמכיל 285 גרם גליצרין ב-12 מעלות צלזיוס. הטמפרטורה הסופית של התערובת היא 38 מעלות צלזיוס. הערך מהו קיבול החום הסגולי של גליצרין.

תשובות סופיות:

(1) 2°C

(2) $11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

(3) א. $300 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$ ב. בערך 40 דקות.

(4) 4500kcal

(5) $2.3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$

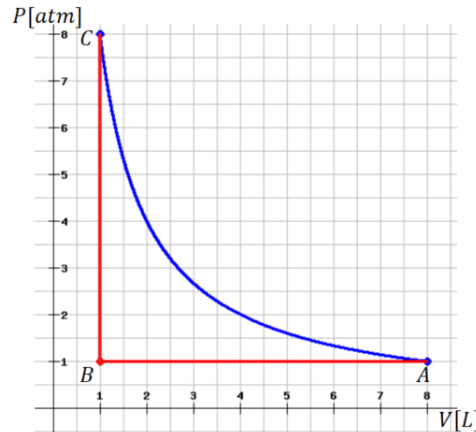
החוק הראשון וניתוח תהליכים פשוטים:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
חום היא אנרגיה שעוברת רק בגלל הפרשי טמפרטורות. עבודה היא אנרגיה שעוברת מכל סיבה אחרת. אם המערכת מבצעת עבודה אז W יהיה חיובי ואם מתבצעת עבודה על המערכת אז W יהיה שלילי. אם חום נכנס למערכת אז Q חיובי ואם חום יוצא מהמערכת אז Q שלילי.	החוק הראשון	$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$
כולל אנרגיה קינטית ופוטנציאלית של כל המערכת כגוף אחד (או של מרכז המסה שלה). בדרכ מתייחס למערכות מכניות כמו גופים קשיחים (אבן שנזרקת לדוגמה).	חוק ראשון נוסחה מורחבת	$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_{\text{int}} = Q - W$
מתרחש כאשר המערכת צמודה למאגר חום גדול והתהליך הוא קוויזיסטטי (מאוד איטי).	$T = \text{const}$ $Q = W, \Delta E_{\text{int}} = 0$	תהליך איזותרמי - טמפרטורה קבועה
מתרחש אם המערכת מבודדת או אם התהליך מהיר והחום לא מספיק לעבור.	$\Delta E_{\text{int}} = W$	תהליך אדיאבטי - $Q = 0$
		תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ואיזוכורי (נפח קבוע)
חיובי כאשר הנפח גדל ושלילי כאשר הנפח קטן הנוסחה נכונה לגזים, נוזלים ולמוצקים	W - עבודה שמבצעת המערכת על הסביבה P - לחץ V - נפח	$W = \int P dV$
אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת P - V מכיוון שמשתני המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות.	תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.	התפשטות חופשית - (free expansion)

שאלות:

- (1) **דוגמה - חוק ראשון**
 מוסיפים למערכת 1500J של חום ועושים על המערכת עבודה של 1000J.
 מה השינוי באנרגיה הפנימית של המערכת?
- (2) **דוגמה - אנרגיה קינטית לחום**
 קליע במסה של 3.0 גרם חודר לתוך עץ במהירות של 300 מטר לשנייה.
 כמה חום נוסף למערכת קליע ועץ?
- (3) **דוגמה - חישוב חום בתהליך איזוברי ואיזוכורי**
 גז אידיאלי מתחיל מהמצב המתואר בנקודה A בגרף.
 דוחסים את הגז בתהליך איזוברי עד לנקודה B ולאחר מכן מחממים את הגז בתהליך איזוכורי עד לנקודה C.
 הגרף המחבר בין A ל-C הוא גרף איזותרמי.
 א. מהי העבודה הכוללת שנעשתה בכל התהליך A עד C?
 ב. מהו החום שנוסף לגז בכל התהליך?

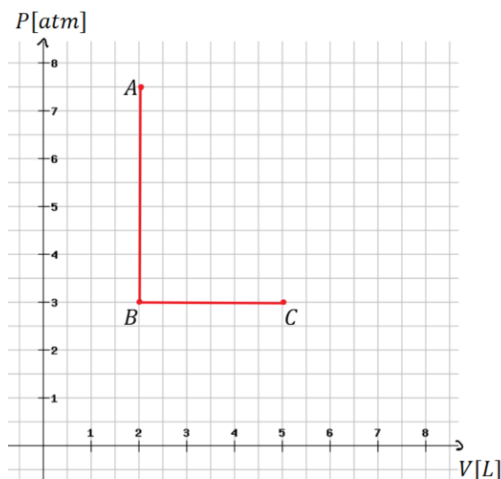


- (4) **דוגמה - עבודה של גז במנוע**
 במנוע 0.4 מול של גז אידיאלי מונואטומי מתרחבים במהירות ובצורה אדיאבטית כנגד הבוכנה. בתהליך, הטמפרטורה של הגז יורדת מ-1100K ל-400K.
 כמה עבודה ביצע הגז?
- (5) **מכונת בולמת**
 מכונת במשקל 1300 ק"ג נוסעת במהירות 80 קמ"ש.
 כמה חום נוצר במהלך הבלימה עד לעצירה מוחלטת?
 רשמו את התשובה בגאול ובקילו קלוריות.

6) תהליך נפח קבוע ולחץ קבוע

גז אידיאלי עובר תהליך המורכב משני שלבים.
בשלב הראשון, בגרף, מאפשרים לחום לצאת מהגז תוך שמירה על נפח קבוע.
כתוצאה מכך הלחץ של הגז יורד מ- 7.5 atm ל- 3 atm .
בשלב השני, BC הגז מתרחב בלחץ קבוע מנפח 2.0 L לנפח 5.0 L ובכך חוזר
לטמפרטורה שהייתה לו בתחילת כל התהליך.
חשבו את :

- העבודה הכוללת שנעשתה על ידי הגז בתהליך.
- השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.
- כמות החום הכוללת שיצאה או נכנסה לגז.



7) גז מתפשט איזותרמית

1.50 מולים של גז אידיאלי בנפח 2.50 m^3 ובטמפרטורה 280°K מתפשטים
איזותרמית עד לנפח 5.00 m^3 .
א. מהי העבודה שעושה הגז?
ב. מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?
ג. מהו החום שנוסף לגז?

8) גז מתפשט אדיאבטית

שניים וחצי מולים של גז אידיאלי מונואטומי מתפשטים אדיאבטית
ומבצעים $1.3 \cdot 10^4 \text{ J}$ של עבודה בתהליך.
מהו השינוי בטמפרטורה של הגז במהלך ההתפשטות?

(9) גז בתהליך ריבועי*

גז אידיאלי עובר תהליך כפי שמתואר באיור, התהליך מתחיל במצב A ועושה סיבוב שלם עם השעון עד לחזרה למצב A.

בתהליך אחר שבו הגז עבר מהנקודה D לנקודה C בלחץ קבוע ידוע

$$\text{כי: } W_{D \rightarrow C} = 38 \text{ J}$$

בתהליך שלישי שהתרחש מהנקודה B לנקודה D ידוע כי: $Q_{B \rightarrow D} = -85 \text{ J}$

$$\text{ו- } W_{B \rightarrow D} = -55 \text{ J (סוג התהליך לא ידוע).}$$

$$\text{כמו כן ידוע כי: } E_B - E_A = 15 \text{ J ו- } P_A = 2.2 P_D$$

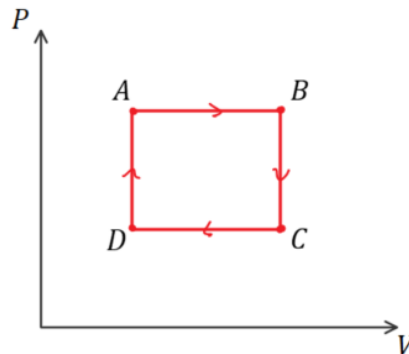
כל התהליכים התרכשו על אותו הגז.

א. תאר במילים כל שלב בתהליך הראשי, מהו סוג התהליך, האם נעשתה עבודה, האם האנרגיה הפנימית גדלה או קטנה, האם נכנס או יצא חום מהמערכת?

ב. מהי העבודה הכוללת שנעשתה על ידי הגז?

ג. מהי הנצילות של התהליך?

נצילות היא העבודה הכוללת שנעשתה חלקי החום שהושקע (כלומר נכנס לגז), כפול 100%.



תשובות סופיות:

- (1) 2500J
- (2) 135J
- (3) א. -710J ב. 710J
- (4) 3500J
- (5) $Q = 3.2 \cdot 10^5 \text{ J} = 77 \text{ kcal}$
- (6) א. 910J ב. 0 ג. 910J
- (7) א. 2420J ב. 0 ג. 2420J
- (8) -0.042°K
- (9) א. $A \rightarrow B$ - תהליך בלחץ קבוע, הגז עושה עבודה על הסביבה, האנרגיה הפנימית גדלה, נכנס חום למערכת.
- $B \rightarrow C$ - תהליך בנפח קבוע, לא נעשית עבודה, האנרגיה הפנימית קטנה, חום יוצא מהמערכת.
- $C \rightarrow D$ - תהליך בלחץ קבוע, נעשית עבודה על הגז, האנרגיה הפנימית קטנה, חום יוצא מהמערכת.
- $D \rightarrow A$ - תהליך בנפח קבוע, לא נעשית עבודה, האנרגיה הפנימית גדלה, חום נכנס למערכת. ב. 46J ג. 40%

קיבול חום של גזים ועקרון החלוקה השווה:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
	Q_P/Q_V - כמות החום שעוברת בתהליך בנפח/לחץ קבוע. C_P/C_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (למול)	$Q_V = nC_V\Delta T$ $Q_P = nC_P\Delta T$
	m_{mol} - מסה מולרית. c_P/c_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה)	$C_V = m_{mol}c_V$ $C_P = m_{mol}c_P$
	ההפרש בין קיבול החום בלחץ קבוע לקיבול החום בנפח קבוע תמיד שווה לקבוע R	$C_P - C_V = R$

שאלות:

(1) אנשים מחממים אולם קולנוע

אולם קולנוע מכיל 1800 מקומות ישיבה. נפח האולם הוא: $2.0 \cdot 10^4 \text{ m}^3$. בערב הבכורה של הסרט "תרגיל חם" האולם היה מלא ומערכת האוורור התקלקלה. בכמה מעלות תעלה הטמפרטורה במשך השעתיים של הקרנת הסרט אם אדם ממוצע פולט חום בקצב של 70 וואט. הנח שהאווריר הוא גז אידיאלי דואטומי וטמפרטורת החדר היא בערך 20°C .

(2) לחץ לינארי בטמפרטורה*

גז אידיאלי דו אטומי מכיל 3.00 מולים בלחץ של 1.00 atm ובטמפרטורה של 430°K . הגז עובר תהליך שבו הלחץ שלו גדל לינארית עם הטמפרטורה. הטמפרטורה הסופית היא 680°K והלחץ הסופי הוא 1.80 atm. הנח שבכל התהליך יש 5 דרגות חופש פעילות.
א. מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?
ב. מהי העבודה שנעשתה על ידי הגז?
ג. החום שנוסף לגז?

תשובות סופיות:

(1) 53°C

(2) א. 15600J ב. -1720J ג. 13900J

הקשר בין לחץ ונפח בהתפשטות אדיאבטית:

סיכום כללי:

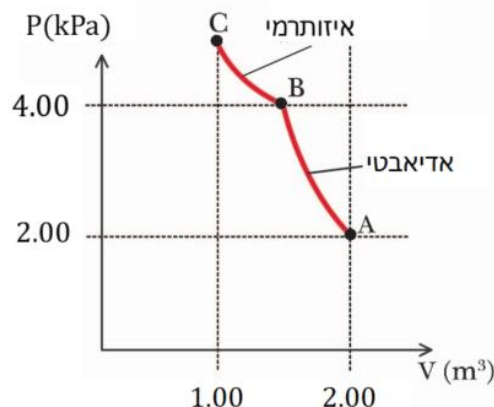
הערות	תיאור	הנוסחה
	הקשר בין לחץ ונפח בתהליך אדיאבטי קוויזיסטטי	$P \cdot V^\gamma = \text{const}$

שאלות:

(1) דוגמה - מכווצים גז אדיאבטית ואיזותרמית

גז אידיאלי מונואטומי עובר תהליך כפי שמתואר בגרף. התהליך מתחיל מהמצב A והגז עובר כיווץ אדיאבטי עד למצב B ומשם הוא מכווץ איזותרמית עד לנקודה C. נתון: $P_A = 2.00 \text{ kPa}$, $V_A = 2.00 \text{ m}^3$, $P_B = 4.00 \text{ kPa}$, $V_C = 1.00 \text{ m}^3$. P_C ו- V_B אינם ידועים. א. מצא את V_B .

ב. מהי העבודה הכוללת שנעשתה על הגז בתהליך?



(2) לחץ וטמפרטורה בהתפשטות אדיאבטית

1.00 mol של גז מונואטומי אידיאלי בלחץ של 1.00 atm ובטמפרטורה של 20°C מתפשט אדיאבטית לנפח הגדול פי 2.25 מנפחו בהתחלה. מהם הלחץ והטמפרטורה הסופיים של הגז?

(3) גז דו-אטומי מתפשט אדיאבטית

גז דו-אטומי מתפשט אדיאבטית. הטמפרטורה בהתחלה היא 15°C והטמפרטורה בסוף היא -25°C . הנפח בהתחלה הוא: 0.036 m^3 . מהו נפח הגז בסוף התהליך?

(4) גז עובר תהליך בשלושה שלבים

1.00mol של גז אידיאלי מונואטומי שנמצא בלחץ 1.00atm עובר את התהליך הבא:

שלב 1 - הגז מתפשט אדיאבטית מ- $T_A = 578^\circ\text{K}$ עד ל- $T_B = 388^\circ\text{K}$.

שלב 2 - הגז נדחס בלחץ קבוע עד שהטמפרטורה שלו מגיעה ל- T_C .

שלב 3 - הגז חוזר לטמפרטורה והלחץ הראשוניים שלו בתהליך של נפח קבוע.

א. שרטטו את התהליך בדיאגרמת $P - V$.

ב. מהו T_C ?

ג. חשבו את השינוי באנרגיה הפנימית, את העבודה שביצע הגז ואת החום

שנוסף לגז בכל שלב בנפרד ובתהליך כולו.

(5) צבר אוויר עולה בגובה **

צבר אוויר הוא אוסף של מולקולות בעלי משתני מצב אחידים (לחץ וטמפ'). כשצבר אוויר עולה בגובה הוא משנה את הלחץ שלו בהתאם ללחץ של האוויר

$$\text{מסביבו, ולפי הנוסחה: } \frac{dP}{dy} = -\rho g$$

כאשר ρ הוא צפיפות המסה של הצבר והוא תלוי בגובה.

במהלך התנועה כלפי מעלה, הנפח גדל, ומכיוון שאוויר הוא מוליך חום גרוע אפשר להניח שההתפשטות היא אדיאבטית.

א. הראה שעבור גז אידיאלי שעובר תהליך אדיאבטי: $P^{1-\gamma} T^\gamma = \text{const}$

ב. הראה כי הקשר בין הלחץ לטמפרטורה של הצבר נתון לפי

$$\text{הנוסחה: } (1 - \gamma)(-\rho g) + \gamma \frac{P}{T} \frac{dT}{dy} = 0$$

ג. הראה כי התלות של הטמפרטורה בגובה היא: $\frac{dT}{dy} = \frac{1-\gamma}{\gamma} \frac{mg}{k}$

כאשר m היא מסה ממוצעת של מולקולה ו- k הוא קבוע בולצמן.

ד. בהינתן שאוויר הוא גז דו אטומי עם מסה ממוצעת של $29u$,

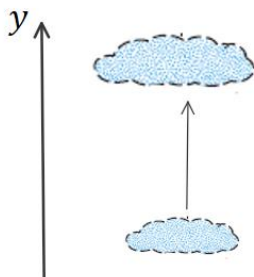
$$\text{הראה ש- } \frac{dT}{dy} = -9.8^\circ\text{C/k}$$

ה. בקליפורניה ישנם רוחות שמגיעות מההרים של מדבר סירה בנבדה.

גובה ההרים הוא כ-4000m. הרוחות מגיעות לעמק המוות שגובהו -100m,

ביחס לפני הים. אם טמפרטורת הרוח היא 5°C - בהרים של נוודה מה תהיה

הטמפרטורה של הרוח בעמק?



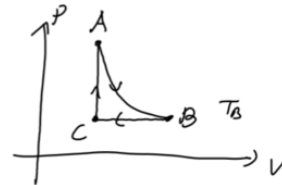
תשובות סופיות:

(1) א. $1.32 \cdot \text{m}^3$ ב. $3.4 \cdot 10^3 \text{ J}$

(2) $P = 0.258 \text{ atm}$, $T = -103^\circ \text{C}$

(3) 0.052 m^3

(4) א. ב. 214°K



ג. שלב AB: $Q = 0$, $\Delta E_{\text{int}} = -2370 \text{ J}$, $W = 2370 \text{ J}$

שלב BC: $Q = -2170 \text{ J}$, $\Delta E_{\text{int}} = -2170 \text{ J}$, $W = -1450 \text{ J}$

שלב CA: $Q = 3030 \text{ J} = \Delta E_{\text{int}}$, $W = 0$

כל התהליך: $Q = 920 \text{ J}$, $\Delta E_{\text{int}} = 0$, $W = 920 \text{ J}$

(5) א. הוכחה. ב. הוכחה. ג. הוכחה. ד. הוכחה. ה. 35°C

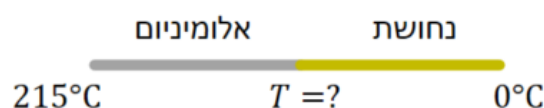
הולכה הסעה וקרינה:

סיכום כללי:

הערות	תיאור	הנוסחה
אם אחד מהמשתנים אינו קבוע אז עוברים לנוסחה דיפרנציאלית $\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx}$ המינוס בנוסחה אומר שקצב הולכת החום הוא בכיוון הפוך לגרדיאנט הטמפרטורה (כלומר קצב הולכת החום הוא מהטמפרטורה הגבוהה לנמוכה)	$-\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ - קצב הולכת חום k - מוליכות תרמית - תלוי בסוג החומר, מופיע בטבלה. A - שטח חתך. l - אורך.	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$
R גבוה אומר מבודד טוב. לשים לב ש- R תלוי גם באורך של החומר ולא רק בסוג.	R- value	$R = \frac{l}{k}$
שימו לב שהקצב תלוי בטמפרטורה ברביעית. ϵ - תכונה של פני הגוף שקורן בגופים שחורים (לדוגמה פחם) $\epsilon \approx 1$, במתכות מבריקות $\epsilon \approx 0$	משוואת סטפן בולצמן - קצב החום הנפלט מגוף ע"י קרינה. $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ קבוע סטפן בולצמן. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ϵ - קירורן (אמיסיביות) $0 < \epsilon < 1$	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A T^4$
האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה. הקצב של קליטה קשור לטמפרטורה של הסביבה ברביעית.	קצב קליטה של קרינה. T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A T_2^4$
	הנטו של קצב פליטת הקרינה (פליטה פחות קליטה) T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט. T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$
הקבוע הסולרי $1350 \frac{W}{m^2 \cdot s}$ האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרינה. ביום בהיר הקבוע בערך $1000 \frac{W}{m^2 \cdot s}$	כמות החום שסופג גוף כתוצאה מקרינת השמש ביום בהיר	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \left(1000 \frac{W}{m^2 \cdot s}\right) \epsilon A \cos \theta$

שאלות:

- (1) **דוגמה - איבוד חום דרך חלונות בבית**
מקור רציני לאיבוד החום בבית הוא דרך החלונות.
חשבו את קצב איבוד החום דרך חלון זכוכית בגודל $1.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ ועובי 2.8mm אם הטמפרטורה בצד הפנימי של החלון היא 18°C ובצד החיצוני היא 17°C .
- (2) **דוגמה - קירור באמצעות קרינה**
אדם יושב בחדר לובש בגד ים בלבד.
הקירות של החדר נמצאים בטמפרטורה של 15°C .
הערך את כמות החום שהאדם מאבד כתוצאה מקרינה.
הנח שטמפרטורת העור היא בערך 34°C ו- $\varepsilon = 0.70$.
שטח הפנים של האדם שבמגע עם האוויר הוא: 1.5m^2 .
- (3) **דוגמה - הערך את הרדיוס של הכוכב ביטלגוס**
כוכב הענק ביטלגוס פולט קרינה בקצב שהוא פי 10^4 גדול מהקצב של השמש שלנו.
הטמפרטורה על פני הכוכב ביטלגוס היא בערך חצי מזו של השמש.
הערך את הרדיוס של הכוכב אם $\varepsilon = 1$ עבור השמש וביטלגוס ורדיוס השמש הוא: $R_s = 7 \cdot 10^8\text{m}$. הנוסחה לשטח פני כדור היא: $4\pi R^2$.
- (4) **מוט נחושת עם טמפרטורות שונות בקצוות**
מוט נחושת באורך של 42cm וקוטר 2.6cm מוחזק בצד אחד בטמפרטורה של 320°C ובצידו השני המוט טבול במים בטמפרטורה של 20°C .
חשבו את קצב מעבר החום במוט.
- (5) **מוט נחושת מחובר למוט אלומיניום**
מוט נחושת מחובר בקצה למוט אלומיניום, שני המוטות בעלי אותו שטח חתך ואותו האורך. הקצה השני של האלומיניום נמצא בתוך תנור בטמפרטורה קבועה של 215°C והקצה השני של הנחושת נמצא בתוך קרח בטמפרטורה קבועה של 0°C .
חשבו את הטמפרטורה בנקודת החיבור של המוטות.



(6) קרח נמס בצידנית

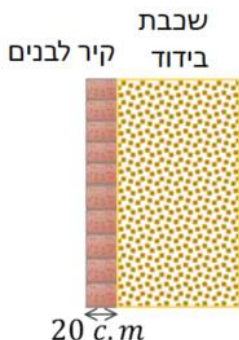
ציידנית בגודל $20\text{ c.m} \times 30\text{ c.m} \times 50\text{ c.m}$ עשויה מקלקר.
 הקירות של הציידנית הן בעובי 1.5 c.m . ממלאים את הציידנית בקרח ב- 0°C .
 כמה זמן ייקח לקרח להתמוסס אם הציידנית נמצאת בחדר בו הטמפרטורה היא 32°C ?

המוליכות התרמית של קלקר היא: $0.033 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ והצפיפות של קרח

היא: $9.17 \cdot 10^2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

(7) קרח נמס בשמש

כמה זמן לוקח לשמש להמיס קוביית קרח ביום בהיר אם הקרח נמצא בטמפרטורה של 0°C וצורתו היא משטח ישר בגודל 1.0 m^2 ובעובי 1.0 c.m .
 הנח שהזווית של הקרניים עם האנך למשטח היא 30° והאמסיביות של הקרח היא 0.050 .

(8) איבוד חום דרך קיר עם שכבת בידוד

בידוד של קיר מורכב משכבה של לבנים ברוחב של 20 c.m שצמודה לשכבת בידוד נוספת בעלת: $\text{value} = 3 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{C}^{\circ}}{\text{J}} \cdot R$.
 מהו קצב החום המועבר אם השטח של הקיר הוא 15 m^2 והפרש הטמפרטורות הוא 30°C .

תשובות סופיות:

(1) $450 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$

(2) $120 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$

(3) $2.8 \cdot 10^{11} \text{ m}$

(4) $140 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$

(5) 74°C

(6) בערך 58 שעות.

(7) בערך 20 שעות.

(8) $140 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$

סיכום:

טבלאות:

קיבול חום סגולי (Specific Heats) (ב 1 atm ו- 20°C אלא אם מצוין אחרת)		
Substance	Specific Heat, c	
	kcal/kg $\cdot$ $^\circ\text{C}$ (= cal/g $\cdot$ $^\circ\text{C}$)	J/kg $\cdot$ $^\circ\text{C}$
Aluminum	0.22	900
Alcohol(ryhyl)	0.58	2400
Copper	0.093	390
Glass	0.20	840
Iron or steel	0.11	450
Lead	0.031	130
Marble	0.21	860
Mercury	0.033	140
Silver	0.056	230
Wood	0.4	1700
Water		
Ice (-5°C)	0.50	2100
Liquid (15°C)	1.00	4186
Steam (110°C)	0.48	2010
Human body (average)	0.83	3470
Protein	0.4	1700

חום במום (בלחץ של 1 atm)						
Substance	Melting Point ($^\circ\text{C}$)	Heat of Fusion		Boiling Point ($^\circ\text{C}$)	Heat of Vaporization	
		kcal/kg ⁺	kJ/kg		kcal/kg ⁺	kJ/kg
Oxygen	-218.8	3.3	14	-183	51	210
Nitrogen	-210.0	6.1	26	-195.8	48	200
Ethyl alcohol	-114	25	104	78	204	850
Ammonia	-117	8.0	33	-33.4	33	137
Water	0	79.7	333	100	539	2260
Lead	327	5.9	25	1750	208	870
Silver	961	21	88	2193	558	2300
Iron	1808	69.1	289	3023	1520	6340
Tungsten	3410	44	184	5900	1150	4800

קיבול חום של גזים ב 15°C						
Gas	Specific heats (kcal/kg · K)		Molar specific heats (cal/mol · K)		$C_V - C_P$ (cal/mol · K)	$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$
	c_V	c_P	C_V	C_P		
Monoatomic						
He	0.75	1.15	2.98	4.97	1.99	1.67
Ne	0.148	0.246	2.98	4.97	1.99	1.67
Diatomic						
N ₂	0.177	0.248	4.96	6.95	1.99	1.40
O ₂	0.155	0.218	5.04	7.03	2.00	1.40
Triatomic						
CO ₂	0.153	0.199	6.80	8.82	2.03	1.30
H ₂ O (100°C)	0.350	0.482	6.20	8.20	2.00	1.32

מוליכויות תרמיות		
Substance	Thermal Conductivity, k	
	kcal (s.m.C°)	J (s.m.C°)
Silver	10x10 ⁻²	420
Copper	9.2x10 ⁻²	380
Aluminum	5.0x10 ⁻²	200
Steel	1.1x10 ⁻²	40
Ice	5x10 ⁻⁴	2
Glass	2.0x10 ⁻⁴	0.84
Brick	2.0x10 ⁻⁴	0.84
Concrete	2.0x10 ⁻⁴	0.84
Water	1.4x10 ⁻⁴	0.56
Human tissue	0.5x10 ⁻⁴	0.2
Wood	0.3x10 ⁻⁴	0.1
Fiberglass	0.12x10 ⁻⁴	0.048
Cork	0.1x10 ⁻⁴	0.042
Wood	0.1x10 ⁻⁴	0.040
Goose down	0.06x10 ⁻⁴	0.025
Polyurethane	0.06x10 ⁻⁴	0.024
Air	0.055x10 ⁻⁴	0.023

פיזיקה 4C

פרק 5 - סמפרטורה התפשטות תרמית וחוק הגז האידיאלי

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 39

הרצאות ותרגילים:

שאלות:

(1) דוגמה-טמפרטורה שווה

- א. גוף נמצא בטמפרטורה של 37°C .
 מה הטמפרטורה של הגוף בפרנהייט?
 ב. מודדים את הטמפרטורה של גוף פעם אחת בצלזיוס ופעם אחת בפרנהייט
 ומקבלים שכמות הערך הנמדד זהה (כלומר אותו מספר בצלזיוס ובפרנהייט).
 מהי טמפרטורת הגוף?

(2) דוגמה-גשר ברזל

- מוטות הברזל שתומכות בגשר הן באורך של 80 מטר כאשר הטמפרטורה היא 20 מעלות צלזיוס.
 אם הטמפרטורות בסביבה בו מציבים את הגשר נעות בין 10°C ל- 50°C
 מה האורך המקסימאלי והמינימלי של המוטות?

(3) דוגמה-טבעת על מוט

- הקוטר של מוט ברזל הנמצא ב- 20°C הוא 5.50cm.
 רוצים להלביש טבעת, העשויה ברזל גם כן, על המוט.
 קוטר הפנימי של הטבעת ב- 20°C הוא 5.48cm.
 לאיזה טמפרטורה צריך לחמם את הטבעת אם נרצה שקוטר הפנימי יהיה
 ב-0.005cm גדול מזה של המוט?

(4) דוגמה-מיכל מים

- מיכל בצורה של גליל ברדיוס 20cm ובגובה 60cm עשוי מזכוכית רגילה.
 ממלאים את המיכל במים בבוקר כאשר הטמפרטורה היא 15°C
 (ניתן להניח שזו טמפ' המיכל והמים).
 כמה מים ישפכו עד השעה 14:00 בה הטמפ' היא 40°C ?
 הזנח איבוד מים הנגרם מאידוי.

(5) דוגמה-בלון הליום

- א. מהי המסה האטומית של אטום הליום (He) בעל שני פרוטונים ושני נויטרונים?
 ב. חשב את המסה המולקולרית של הליום?
 ג. כמה מולים יש בבלון המכיל 50 גרם הליום?
 ד. כמה אטומים של הליום יש בבלון?

(6) דוגמה-ערבוב הליום עם מימן

ערבבו 50 מול של מימן עם 30 מול של הליום 4.
מהי מסת החומר לאחר הערבוב?

(7) דוגמה-בקבוק מים

בקבוק מים מכיל 2 ליטר מים. הנח שצפיפות המים היא: $1\text{ k} \frac{\text{g}}{\text{L}}$.

- חשב את המסה המולקולרית של מים (H_2O).
- כמה מולים של מים יש בבקבוק?
- הצליחו לפרק כל מולקולה בבקבוק לשני אטומים של מימן ואטום של חמצן.
- כמה מולים של מימן וכמה מולים של חמצן יש בבקבוק?

(8) דוגמה-חנקן דו חמצני

- חנקן דו חמצני (NO_2) מורכב מאטום חנקן ושני אטומי חמצן.
רוצים להכין 50 מול של חנקן דו חמצני ע"י ערבוב של מיכל המכיל חמצן (O_2) בלבד ומיכל המכיל חנקן בלבד.
- כמה מולים צריכים להיות בכל מיכל לפני הערבוב?
 - כמה מולים היו צריכים להיות במיכל החמצן אם חמצן היה גז חד אטומי (כלומר כל חלקיק בגז היה מורכב מאטום יחיד של חמצן)?
 - מהי מסת החמצן ומהי מסת החנקן לפני הערבוב?

(9) דוגמה-מחממים גז במיכל סגור

גז מוחזק במיכל ברזל סגור בלחץ של 1atm ובטמפ' של 25°C .
מחממים את המיכל לטמפ' של 100°C .
מה יהיה הלחץ של הגז במיכל?

(10) דוגמה-נפח של מול ב-STP

מצא מהו הנפח של מול אחד של גז כלשהו ב-STP?

(11) מנפחים בלון

- מנפחים בלון בגז הליום עד אשר הוא מגיע לנפח של 2L ב-STP.
- מהו מספר המולים של הליום שהוכנסו לבלון?
 - מהי מסת הגז שהוכנסה לבלון?
 - מהי התשובה לסעיף א' אם הטמפרטורה היא טמפרטורת החדר (בערך 27°C).

(12) לחץ בצמיג

מנפחים צמיג לפני נסיעה ללחץ של 32psi ($1\text{psi} \approx 6,895\text{Pa}$) ביום בו הטמפרטורה היא 27°C . לאחר נסיעה ארוכה טמפרטורת הצמיג עולה כתוצאה מחיכוך עם הכביש ל- 60°C . מה יהיה הלחץ החדש בצמיג ב-psi? (שים לב שהלחץ הנמדד בצמיג הוא ביחס ללחץ אטמוספרי).

(13) דוגמה-מולקולות בנשימה

הערך כמה מולקולות ישנם בנשימה אחת אם בערך נפח האוויר בנשימה הוא ליטר אחד.

(14) סרט מדידה

סרט מדידה עשוי מברזל, הסרט כויל בטמפרטורה של 15°C . מודדים עם הסרט ביום בו הטמפרטורה היא 35°C .
א. האם המדידה שיראה הסרט נמוכה או גבוהה מהאורך האמיתי?
ב. חשב את אחוז הטעות במדידה של הסרט.

(15) צוללן מנפח ריאות

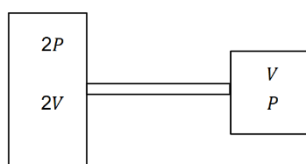
צוללן מנפח את הריאות לנפח מקסימלי של 5L כאשר הוא 7 מטר מתחת לפני המים. מה יהיה נפח הריאות של הצוללן אם יעלה לפני המים ויחזיק את נשימתו עצורה? הערה: לחץ בתוך מים גדל ב- 9.8Pa לכל מילימטר גובה (או עומק) מתחת לפני המים.

(16) מתי למלא דלק

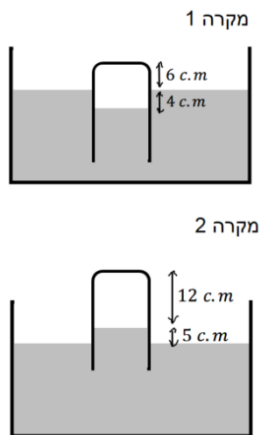
הצפיפות של דלק ב- 0°C היא: $0.68 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.
א. מה הצפיפות של דלק ביום חם בו הטמפרטורה היא 40°C ?
ב. מה אחוז השינוי בצפיפות?
ג. אם מחיר הדלק נקבע לפי ליטרים (כלומר לפי הנפח) מתי עדיף למלא דלק ביום קר או חם?

(17) שני מיכלים מחוברים בצינור

שני מיכלים מלאים בגזים שונים ונמצאים באותה הטמפרטורה. נפח מיכל אחד הוא V והלחץ בו P ונפח המיכל השני הוא 2V והלחץ בו 2P. מחברים את המיכלים בצינור בעל נפח זניח. בעת הערבוב כל מולקולה ממכל אחד מתרכבת עם מולקולה ממכל 2 ונוצרת מולקולה אחת חדשה (לא כל המולקולות במיכל 2 מתרכבות).



מה הלחץ במיכלים לאחר החיבור בהנחה כי הטמפרטורה לא משתנה? (הבא תשובתך באמצעות P).

(18) צינורית במיכל כספית

- מיכל גדול מאוד מכיל כספית ונמצא בחדר לחץ בו לחץ האוויר אינו ידוע. טובלים במיכל צינורית זכוכית דקה הסגורה בחלקה העליון. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 6 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 4 ס"מ מתחת לפני הכספית במיכל. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 17 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 5 ס"מ מעל לפני הכספית במיכל. הנח שגובה פני הכספית במיכל קבוע.
- א. מהו לחץ האוויר בחדר?
- ב. באיזה גובה צריך להחזיק את קצה הצינורית מעל המיכל כך שפני הכספית בצינורית יהיו בגובה הכספית של המיכל?

תשובות סופיות:

- (1) א. 98.6°F ב. -40°C
- (2) $l_{\max} = 80.0288_{\text{m}}$, $l_{\min} = 79.9712_{\text{m}}$
- (3) $T = 400^{\circ}\text{C}$
- (4) $V = 0.3563 \cdot \text{c.m}^3$ מים שנשפכו.
- (5) א. $m_a \approx 4_u$ ב. $M = 4_{\text{gr}}$ ג. 12.5_{mol} ד. $7.53 \cdot 10^{24}$ אטומים
- (6) 170_{gr}
- (7) א. 18_u ב. 111_{mol} ג. 111_{mol} חמצן , 222_{mol} מימן
- (8) א. 50_{mol} חמצן , 50_{mol} חנקן ב. 100_{mol} חמצן ג. 0.7_{kg} חנקן , 1.6_{kg} חמצן
- (9) $\approx 1.25_{\text{atm}}$
- (10) $\approx 22.41_{\text{L}}$
- (11) א. 0.0892_{mol} ב. 0.359_{gr} ג. 0.0812_{mol}
- (12) $\approx 37_{\text{psi}}$
- (13) $\approx 2.45 \cdot 10^{22}$
- (14) א. נמוכה ב. 0.024%
- (15) $\approx 8.42_{\text{L}}$
- (16) א. $0.655 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ב. $\approx 3.68\%$ ג. ביום קר
- (17) א. $\frac{4}{3}p$
- (18) א. 0.656_{atm} ב. $10.8_{\text{c.m}}$

פיזיקה 4C

פרק 6 - גלים

תוכן העניינים

1. גלים והתאבכות גלים 44

גלים והתאבכות גלים:

שאלות:

(1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.



מתוארת צורתו בשני זמנים שונים: $t = 0$, $t = 2\text{sec}$.

א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

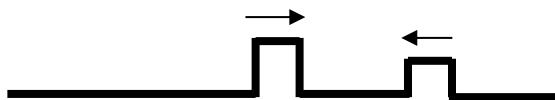
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t = 0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה B ברגע זה?

(2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8\text{sec}$

ב. $t = 16\text{sec}$

ג. $t = 18\text{sec}$

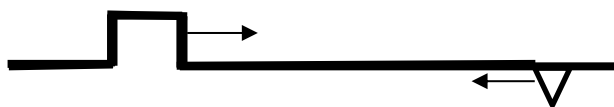
ד. $t = 22\text{sec}$

(3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת

השנייה, כמתואר בתרשים: $v = 0.5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8\text{sec}$

ב. $t = 12\text{sec}$

ג. $t = 13\text{sec}$

ד. $t = 16\text{sec}$

(4) תרגול גל 4

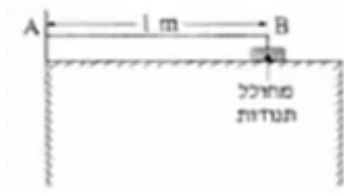
פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפולס במקרים הבאים:

א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

(5) תרגול גל עומד


חוט AB, שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות, ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
 כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות, נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.
 התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד.
 תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ , לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים,

וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.

מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייוצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

(6) תרגול גל מחזורי 1

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

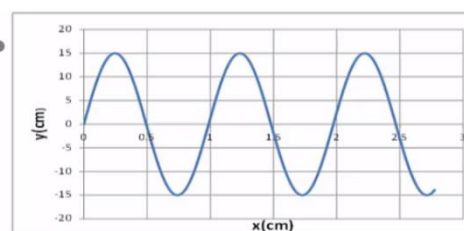
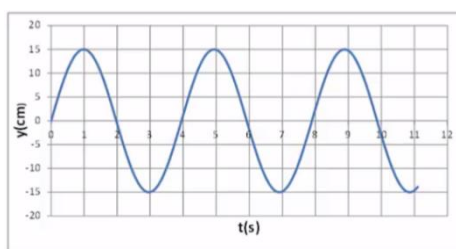
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

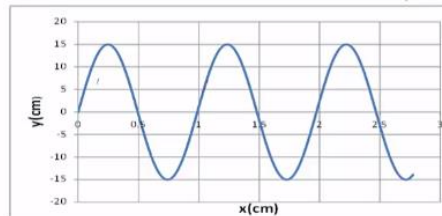
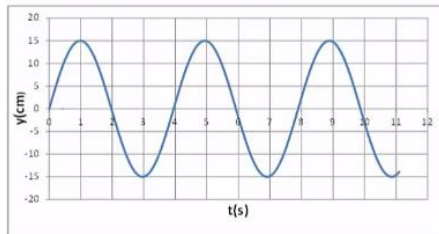
ד. מה מהירות הגל?

ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?



7) תרגול גל מחזורי 2

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת.
 מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור).
 שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.


8) תרגול גל מחזורי 3

- לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני : גל מתקדם, השמאלי : גל עומד בקהל.
- קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.


9) תרגיל 1

מהירות גל במיתר מתוח 25 מטר בשנייה. קושרים את היתר בין שני כנים שהמרחק ביניהם 3 מטר.
 מניעים את המיתר בעזרת מתנד.
 באיזו תדירות יש לנדנד אותו כך שיווצר בו גל עומד עם 12 נקודות צומת (כולל הקצוות)?

- 45.8 הרץ.
- 70 הרץ.
- 8.3 הרץ.
- 75 הרץ.
- 80.7 הרץ.

(10) תרגיל 2

מיתר בעל אורך 90 ס"מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהירות גל במיתר הנ"ל:

א. $15.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב. $38.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $17 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד. $34.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(11) תרגיל 3

מנדנדים מיתר מתוח הקשור בשני קצותיו בתדירות 100 הרץ. אורך המיתר 3 מטר. במיתר נוצר גל עומד עם 5 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהי מהירות הגל במיתר?

א. $150 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב. $100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $330 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד. $20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה. $340 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(12) תרגיל 4

מיתר של גיטרה משמיע עם הפריטה עליו צליל בתדירות של 300 הרץ. אם רוצים להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ:

א. אין כל דרך להפיק את התדירות הנ"ל מהמיתר.

ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.

ג. יש לקצר את המיתר פי 3.

ד. יש להאריך את המיתר פי 3.

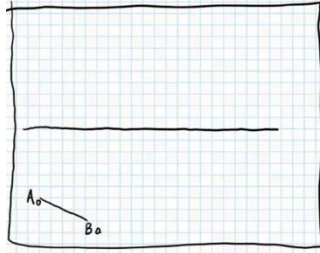
ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

(13) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים

נתון אמבט גלים הבא בו מתקדם גל ישר A_0B_0 . באמבט קיים גם מחסום.

א. הוסף לתרשים חץ המתאר את כיוון התקדמות הגל A_0B_0 .

ב. הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהוחזרה מהמחסום.



ג. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לאור.

ד. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לגלי מים.

ה. הוסיפו לתרשים את חזית הגל, ברגע שבו אמצע חזית הגל נוגעת במחסום.

(14) תרגול מעבר תווך גלי מים

נתון אמבט גלים בו נע גל לפי התרשים הבא.

במרכז האמבט מוקם מחסום כך שגובה המים

בחלק הימני נמוך יותר.

מקור גלים בקצה השמאלי של האמבט מייצר גל

ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ.

מהירות הגל במים בחלק העמוק היא 20 ס"מ לשנייה.

הגל מתקדם ועובר לתווך הימני כמתואר בתרשים.

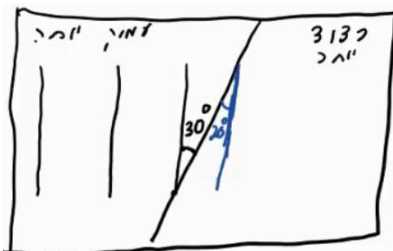
א. מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?

ב. מהו אורך הגל λ_1 בחלק העמוק?

ג. מהו אורך הגל λ_2 בחלק הרדוד?

ד. הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר

מעבר גל המים לתווך הרדוד.


(15) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

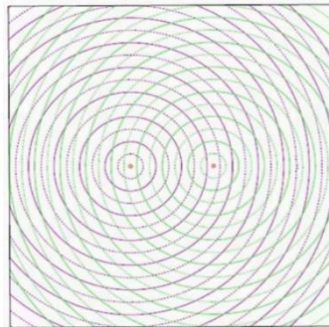
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.

א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?

ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

16) התאבכות גלי מים – תרגיל 1

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.
 קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.
 זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.


17) התאבכות גלי מים – תרגיל 2

נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס"מ.
 המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.
 מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס"מ לשנייה.

- א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?
 ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים, האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נק' ביניים:
- i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס"מ ומהמקור השני - 2.8 ס"מ.
 - ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס"מ ומהמקור השני - 3.2 ס"מ.
 - iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס"מ ומהמקור השני - 3.4 ס"מ.
 - iv. D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס"מ ומהמקור השני - 6.5 ס"מ.
- ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

18) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,0)$ ו- $(6,0)$. המקורות משדרים באורך גל של 1cm לכל הכיוונים. על ציר y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (המספרים בס"מ):

- א. $(0,1.1)$ $(0,2.5)$ $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.
- ב. $(0,1)$ $(0,2)$ $(0,4)$ $(0,8)$ $(0,16)$ $(0,32)$.
- ג. $(0,6)$ $(0,12)$ $(0,18)$ $(0,24)$ $(0,30)$.
- ד. $(4,4.5)$ $(4,8)$ $(4,17.5)$ $(3,2)$.
- ה. $(0,4.2)$ $(0,8.7)$ $(0,16.5)$ $(0,0)$.
- ו. $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.

(19) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים ושווי מופע ממוקמים בנקודות $(0,0)$ ו- $(5,0)$ (הערכים בס"מ). אורך הגל של כל אחד מהם 2 ס"מ. היכן על ציר y תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון? (הערכים בס"מ).

- א. $(5, 2.5)$.
- ב. $(0, 5.25)$.
- ג. $(0, 6)$.
- ד. $(0, 2.5)$.
- ה. $(0, -5.25)$.

(20) שאלה 3 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,5)$ ו- $(0,-5)$. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר ראשון (כל המספרים נתונים בס"מ) אורך הגל הוא בקירוב:

- א. 8.5 ס"מ.
- ב. 5 ס"מ.
- ג. 7.3 ס"מ.
- ד. 15 ס"מ.
- ה. 6.8 ס"מ.

(21) שאלה 4 בהתאבכות גלי מים

באמבט גלים ממקמים שני מתנדים בשתי נקודות $(4,2)$ ו- $(7,6)$. המתנדים רוטטים בתדירות זהה ובאותו מופע. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר שלישי. מהו אורך הגל? (הגדלים המספריים במטרים).

- א. 1.67m.
- ב. 0.62m.
- ג. 2.79m.
- ד. 6.83m.
- ה. 1.23m.

(22) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2\text{mm}$. במרחק $L = 3\text{m}$ נמצא מסך.

- מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזווית קטנות?
- מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
- מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
- מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

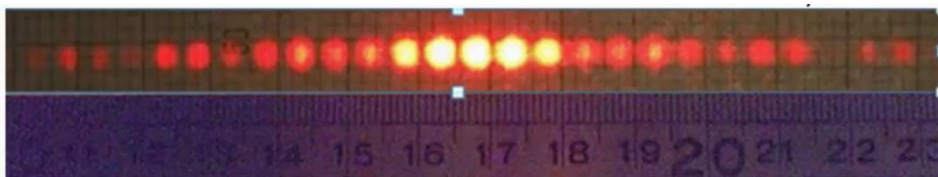
(23) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ"מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1\text{m}$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

- מה אורך הגל של הלייזר?
- מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
- כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
- אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

(24) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ"מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית. על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



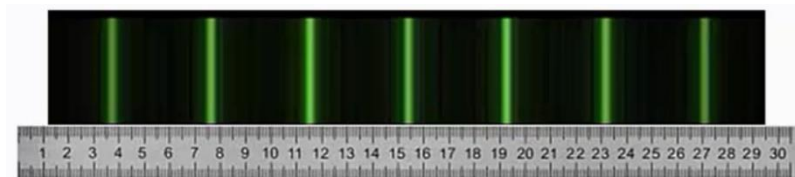
- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

(25) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4

- מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ"מ. מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר. אורך המסך 4 מטר.
- מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל-6.5 ס"מ ממרכז המסך.
- מהו אורך הגל של הלייזר?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
 - כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
 - בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

(26) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5

- מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר על סריג בעל קבוע לא ידוע, ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג.
- על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה:



- מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
- באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

(27) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

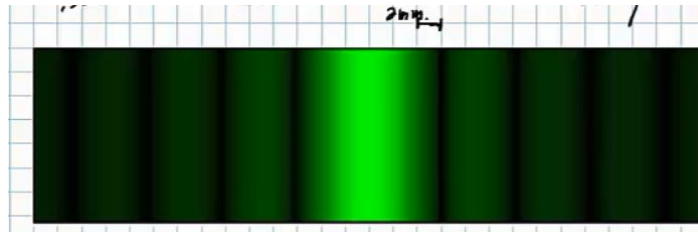
- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
 - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
 - הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

(28) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1

- תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ"מ. תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.
- מה רוחבו של המקסימום המרכזי?
 - מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

(29) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:

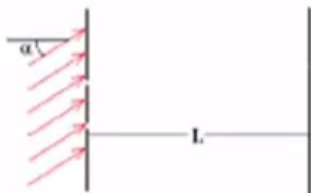


נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ"מ.

- א. מה רוחב הסדק?
- ב. כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?
- ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

(30) שאלה בהתאבכות גלי אור

דרך משטח מישורי עם שני סדקים צרים מאוד מעבירים גל מישורי בעל אורך גל λ המתקדם בכיוון היוצר זווית קטנה α עם האנך למשטח (ראו ציור).



המרחק בין הסדקים הוא d כאשר $d \gg \lambda$. מודדים את העוצמה במרכז לוח מישורי הנמצא במרחק $L \gg d$ מהמשטח עם הסדקים, כלומר בנקודה הנמצאת מול נקודת האמצע בין שני הסדקים. העוצמה הנמדדת היא 0.

מהי הזווית הקטנה ביותר α המסבירה מדידה זו?

- א. $\alpha = 0$.
- ב. $\alpha = \frac{\lambda}{2d}$.
- ג. $\alpha = \frac{2\lambda}{\pi d}$.
- ד. $\alpha = \frac{2\lambda}{d}$.
- ה. $\alpha = \frac{2\pi\lambda}{d}$.
- ו. $\alpha = \frac{\lambda}{\pi d}$.

(31) שאלה 2 בהתאבכות גלי אור

שני גלים אלקטרומגנטיים העוברים כל אחד דרך סדק צר יוצרים תבנית התאבכות

על פני מסך רחוק. הגל העובר דרך הסדק הראשון מתואר ע"י: $\vec{E}_1 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} \hat{x}$

הגל העובר דרך הסדק השני מתואר ע"י: $\vec{E}_2 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} (-\hat{y})$

היחס בין העוצמה המקסימלית לעוצמה המינימלית הוא:

א. $\sqrt{2}:1$

ב. $1:0$

ג. $1:1$

ד. $2:1$

ה. $4:1$

ו. $3:2$

(32) שאלה 1 – גלי קול

אם נניח, כי עוצמת סף השמע היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$

מהי העוצמה ביחידות הנ"ל בסף הכאב 140dB (כלומר, כמה $\frac{W}{cm^2}$ יש ב-140dB)?

א. $14 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$

ב. $10^{-14} \frac{W}{cm^2}$

ג. $140 \frac{W}{cm^2}$

ד. $10^4 \frac{W}{cm^2}$

ה. $10^{-2} \frac{W}{cm^2}$

(33) שאלה 2 – גלי קול

פי כמה גדולה עוצמת קול של 100 דציבל מעוצמת קול של 10 דציבל?

א. פי 10

ב. פי 100

ג. פי 1,000

ד. פי 10,000

ה. פי 1,000,000

ו. פי 1,000,000,000.

ז. פי 10,000,000,000.

34 שאלה 3 – גלי קול

אם עוצמת הקול המינימאלית שבני אדם מסוגלים לשמוע (סף השמע)

היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$, מהי עוצמת הקול באותן יחידות ב-130 דציבל (סף הכאב),

וכמה אנרגיה פוגעת בעור התוף החשוף לעוצמה הזו (130dB) במשך שעה? נתון ששטחו של עור התוף כ-0.7 סמ"ר.

א. העוצמה: $10^{-13} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: 5.3J.

ב. העוצמה: $10^{-3} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: 5.3J.

ג. העוצמה: $130 \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: 75J.

ד. העוצמה: $1.3 \cdot 10^{-3} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: 2.52J.

ה. העוצמה: $0.001 \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: 2.52J.

35 שאלה 4 – גלי קול

אם נניח כי עוצמת סף השמע היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ ($\frac{W}{cm^2}$ = ווט לסמ"ר),

מהי העוצמה I ביחידות הנ"ל ב-120dB, וכמה אנרגיה E פוגעת בעור התוף של אוזנו של אדם, החשוף לעוצמת קול זו במשך 4 שעות? הניחו ששטחו של עור התוף 0.7 סמ"ר.

א. $E = 5.8 \text{Joule}$ ו- $I = 12 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$.

ב. $E = 5.8 \text{Joule}$ ו- $I = 13 \cdot 10^{-14} \frac{W}{cm^2}$.

ג. $E = 1.01 \text{Joule}$ ו- $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$.

ד. $E = 10.1 \text{Joule}$ ו- $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$.

ה. $E = 1.2 \cdot 10^6 \text{Joule}$ ו- $I = 120 \frac{W}{cm^2}$.

(36) שאלה 5 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא: $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.
 מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 20 דקות?

- א. 0.08 Joule .
- ב. 0.75 Joule .
- ג. 25 Joule .
- ד. $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$.
- ה. $5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.

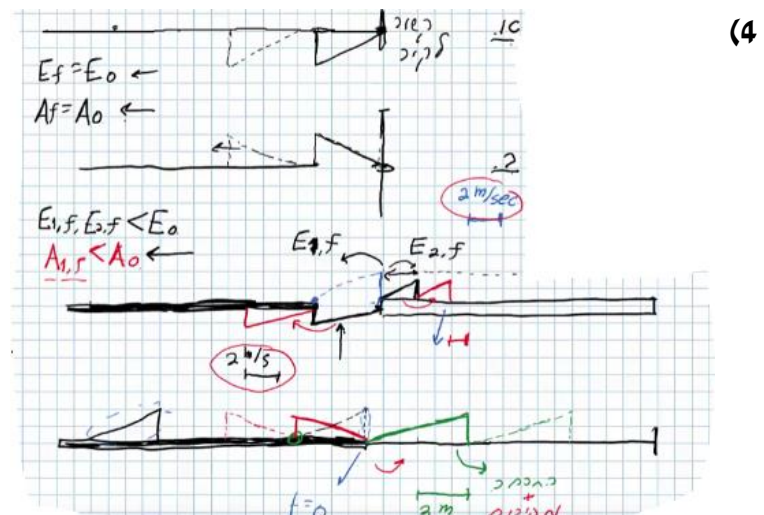
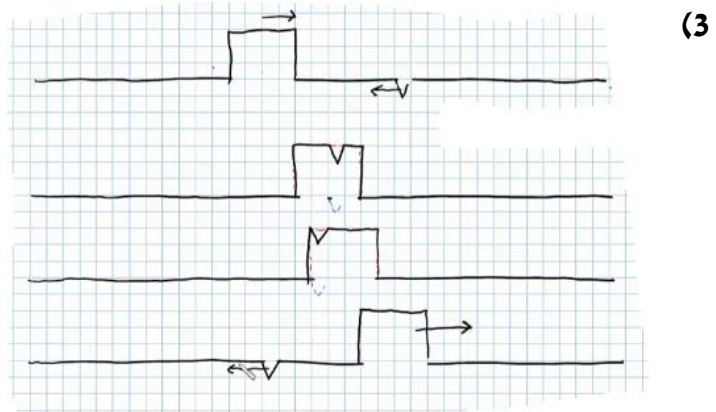
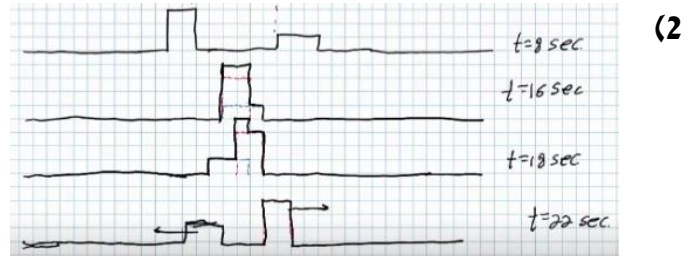
(37) שאלה 6 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא: $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.
 מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 30 דקות?

- א. 0.125 Joule .
- ב. 1.130 Joule .
- ג. 37.52 Joule .
- ד. $3.8 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$.
- ה. $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.

תשובות סופיות:

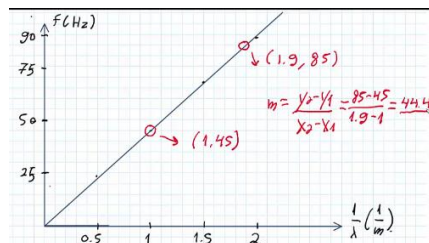
- (1) א. $A = 0.3 \text{ m}$ ב. $V = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. למעלה. ד. למטה.



(5) א.

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
0.5	2		24
1	1		45
1.5	2/3		67
2	1/2		88

א. $f = 111 \text{ Hz}$ ב. $f = v \frac{1}{\lambda}$

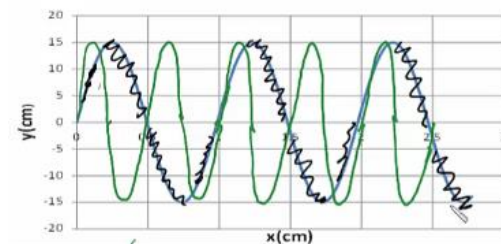
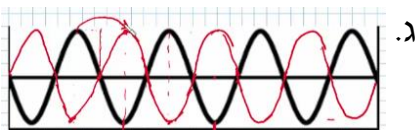


ב.

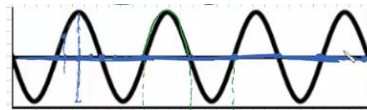
א. $A = 0.15 \text{ m}$ ב. $\lambda = 1 \text{ m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

ה. $(0.5, 0)$, $(1.5, 0)$, $(2.5, 0)$

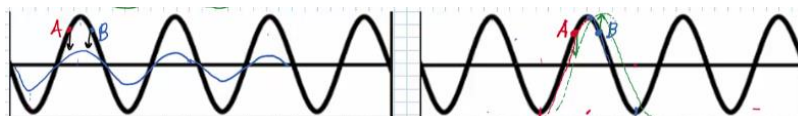
(7) הגל הירוק בשרטוט:

(8) א. מתקדם: $\lambda_1 = 80 \text{ cm}$, עומד: $\lambda_2 = 80 \text{ cm}$.

ג.



ב.



ד.

(9) א.

(10) ב.

(11) א.

(12) ג.


$$v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad (14)$$


.5 .N (15



(17) א. 1.2 ס"מ.

ב.i. A - נק' מקסימום מסדר ראשון.

ii. B - נק' צומת מסדר שני.

iii. C - נק' מקסימום מסדר שלישי, נק' על קו מקסימום.

iv. D - נק' ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

(18) א' מלאה ו-ו' חלקית.

(19) ב' ו-ה.

(20) ה.

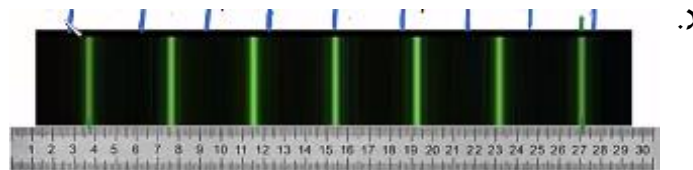
(21) א'.

(22) א. 7.5nm ב. 3 ס"מ. ג. $\theta = 0.93^\circ$ ד. $x_{200} = 1.73$

(23) א. 524 נ"מ. ב. 4.72 ס"מ. ג. 94 קווי חושך. ד. 573 פסי מקסימום.

(24) א. 5 מ"מ. ב. $\lambda = 694$ ג. 3λ ד. 4.5λ ה. ראה סרטון.

(25) א. 649 נ"מ. ב. 13 ס"מ. ג. 34.3 ס"מ. ד. 27 קווים. ה. 31 קווים.

(26) א. $282 \frac{\text{haritsim}}{\text{cm}}$ ב. 18.1° (27) א. 0.188 מ'. ב. 10.9° ג. הוכחה.

(28) א. 6.7 מ"מ. ב. 3.35 מ"מ.

(29) א. 0.265 מ"מ. ב. 1,000 קווי צומת בתבנית.

ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.

(30) ב'.

(31) ג'.

(32) ה.

(33) ו'.

(34) ה.

(35) ג'.

(36) א'.

(37) א'.

פיזיקה 4C

פרק 7 - אופטיקה

תוכן העניינים

1. מבוא לאופטיקה 61

מבוא לאופטיקה:

שאלות:

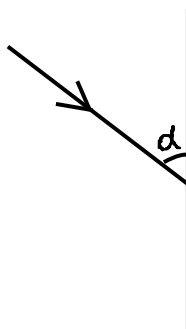
(1) תרגול אור במרחב

- מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק 4m מהמסך.
 במרחק 1m ממקור האור מציבים מחסום בגובה 1.5m.
 א. שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.
 ב. מצא את גודלו של הצל על הקיר:
 i. בעזרת שרטוט.
 ii. בעזרת חישוב.
 ג. היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה 2.5m?
 ד. מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של 1m מתחת למקור הראשון.
 מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

(2) תרגול אור במרחב 2

- מהירות האור בריק היא: $C = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
 א. היעזר בדף הנוסחאות, ומצא תוך כמה זמן מגיעה קרן אור שמוחזרת מהירח – אל כדור הארץ.
 ב. מצא תוך כמה זמן מגיעה קרן היוצאת מהשמש אל כדור הארץ.
 ג. אם אני מדליק פנס עכשיו, וחבר נמצא במרחק 3m ממני, תוך כמה זמן יגיע אליו האור מהפנס, מרגע שהדלקתי אותו?
 ד. שנת אור מוגדרת כמרחק שאור עובר בשנה.
 מצאו מהי שנת אור בעזרת הגדרה זו.

(3) החזרה תרגיל 1



- נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.
 הזווית α בשרטוט שווה 76° .
 א. מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?
 ב. מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך, את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.
 ג. מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.
 ד. מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה.
 האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

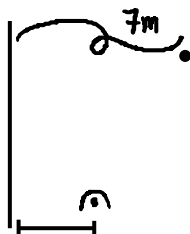
(4) החזרה תרגיל 2



- נתון התרשים הבא, בו נער בגובה 1.7m עומד לפני מראה.
 א. שרטט קרן אור היוצאת מידו הימנית של הנער, פוגעת במראה וחוזרת לעיניו (הקרן מייצגת את הקרן/ הקרניים, שבזכותן הנער רואה את ידו במראה).
 ב. שרטט (הכי מדויק שאפשר), את דמות הנער במראה.
 ג. מציבים מאחורי המראה מסך סגול. האם עדיין יראה הנער את דמותו?

- ד. מה הגובה המינימאלי של המראה שיש להציב, כדי שדמות הנער תתקבל במלואה?
 ה. מרחיקים את המראה למרחק כפול מגוף הנער. כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ד'?

(5) החזרה תרגיל 3



- מציבים מטבע מול מראה, במרחק 7m ממנה, כמתואר בתרשים.
 אדם שנמצא במורד התרשים רואה את המטבע בזווית 30° , ביחס לקו המקביל למראה, ואת דמותו של המטבע בזווית 50° .
 חשב את מרחקו של האדם מהמראה.

(6) תרגול חוק סנל 1

- קרן לייזר מתקדמת במים ($n_{\text{water}} = 1.33$), ופוגעת במשטח זכוכית ($n_{\text{glass}} = 1.5$).
 חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.
 הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא 60° .
 א. חשבו את זווית השבירה.
 ב. שרטטו את המקרה הנ"ל.

(7) תרגול חוק סנל 2

- תלמיד שלח קרני אור בזוויות שונות מאוויר לעבר חומר שקוף בעל מקדם שבירה לא ידוע, ומדד את זוויות הפגיעה והשבירה המתאימה לה לזוויות פגיעה שונות. תוצאות המדידות בטבלה שלפניך:

θ_1	θ_2
0	0
10	7.33
20	14.57
30	21.57
40	28.21
50	34.28
60	39.55
70	43.71
80	46.40

- א. האם גרף $\theta_2(\theta_1)$ מצופה שיצא לינארי?
 ב. הגדר משתנים עבורם כן תצפה לקבל גרף לינארי.
 ג. שרטט גרף לינארי זה.
 ד. מצא, בעזרת הגרף, את מקדם השבירה של החומר השקוף הלא ידוע.

8) החזרה גמורה תרגיל 1

קרן אור מתקדמת בזכוכית ($n = 1.5$), ופוגעת בגבול בין זכוכית זו ובין מים ($n = 1.33$), בזוויות:

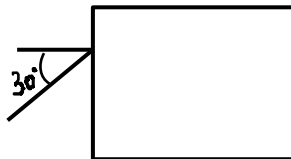
א. $\theta_1 = 0^\circ$

ב. $\theta_1 = 30^\circ$

ג. $\theta_2 = 70^\circ$

שרטט את המשך מהלך הקרן, לאחר הפגיעה, בכל אחד משלושת המקרים.

9) החזרה גמורה תרגיל 2



נתון מלבן מפרספקס $n = 1.5$, כמתואר בתרשים.
 קרן אור, המגיעה משמאל, פוגעת בפרספקס בזווית פגיעה של 30° .
 השלם את מהלך הקרן בתוך הפרספקס.

10) עדשה מרכזת - תרגיל 1

נתונה עדשה מרכזת בעלת מוקד $f = 8\text{cm}$.
 נתון עצם, בגובה $H_0 = H\text{cm}$, המונח במרחק 12cm מהעדשה.

- א. מצא בעזרת שרטוט את:
- מיקום הדמות הנוצרת.
 - גובה הדמות.
 - ההגדלה הקווית.
- ב. מצא בעזרת חישובים את:
- מיקום הדמות.
 - גובה הדמות.
 - מצא מה אופי הדמות.
- ד. שרטט שתי קרניים היוצאות ממרכז העצם, פוגעות בעדשה וממשיכות לצדה השני.

(11) עדשה מרכזת - תרגיל 2

- לעדשה מרכזת מרחק מוקד של 11cm .
 מציבים עצם, שגובהו 5cm , במרחק 4cm מעדשה זו.
- א. מצא בעזרת שרטוט את:
 - i. מרחק הדמות מהעדשה.
 - ii. גובה הדמות.
 - iii. ההגדלה הקווית.
 - ב. מצא בעזרת חישוב מספרי את:
 - i. מרחק הדמות מהעדשה.
 - ii. גובה הדמות.
 השווה תשובותיך לסעיף ב, עם אלה של סעיף א.
 - ג. מניחים מסך במיקום הדמות.
 האם ניתן לראות את הדמות על המסך?
 - ד. מניחים וילון שחור על המחצית העליונה של העדשה (מכסים אותה).
 האם ניתן לראות את הדמות?
 - ה. מסירים וילון זה. ומניחים אותו בין העצם ודמותו.
 האם עכשיו ניתן לראות את דמות העצם?

(12) עדשה מפזרת – תרגיל 1

- נתונה עדשה שעוצמתה $C = 10D$.
 לפני העדשה, במרחק $u = 8\text{cm}$, מניחים עצם שגובהו $H_0 = 4\text{cm}$.
- א. מצא בעזרת חישוב את:
 - i. מיקום הדמות.
 - ii. גובהה.
 - iii. אופי הדמות.
 - ב. מצא בעזרת שרטוט את:
 - i. מיקום הדמות.
 - ii. גובהה.
 - ג. מהיכן ניתן לראות את הקצה העליון של דמות העצם (שדה ראייה)?

(13) בגרות 2017 שאלה 6

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהבריכה ריקה. התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו). מקדם השבירה של המים הוא: $n = 1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה.

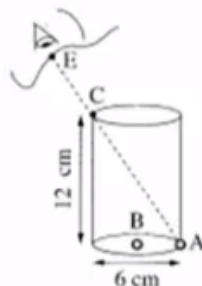
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים. לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d = 0.61\text{m}$. זווית השבירה של קרן זו היא: $\beta = 13.6^\circ$.

ג. חשב את עומק המים.

(14) בגרות 2016 שאלה 7

בתרשים שלפניך מוצב כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12cm וקוטרו 6cm . בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי). כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד. מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו. הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.

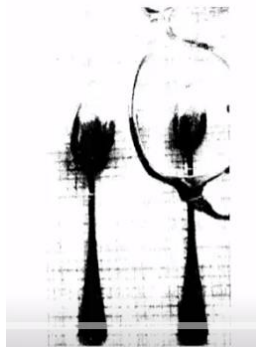
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמיתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר. נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים.

15) בגרות 2016 שאלה 6

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה. לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות. בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



- א. בכל אחת מן האפשרויות i-iii שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:
- ישרה או הפוכה.
 - ממשית או מדומה.
 - מוגדלת או מוקטנת.
- ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.
- ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים. נתון: רוחק מוקד העדשה: $|f| = 12\text{cm}$, מרחק העצם מהעדשה 6cm , גובה העצם 3cm .
- בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1cm משבצת 1cm ס"מ.
- ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה. האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

16 בגרות 2015 שאלה 7

ילד הלוּבש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).



- א. מהי התופעה הפיזיקאלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?
 ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה

$$v = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

- במהירות קבועה:
 חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.
 ג. לפניך ארבע צורות IV-I של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.


17 בגרות 2014 שאלה 6

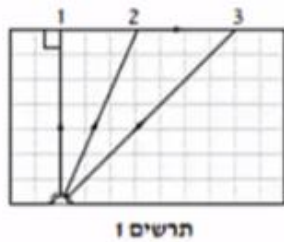
- יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S).
 בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.
 א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק.

- לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.
 ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.
 אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

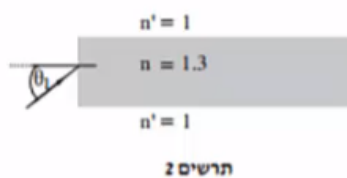
- ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.
 ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

18) בגרות 2014 שאלה 7



מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר. בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור. זווית השבירה של קרן 2 היא 90° בקירוב.

- א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך.
- ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

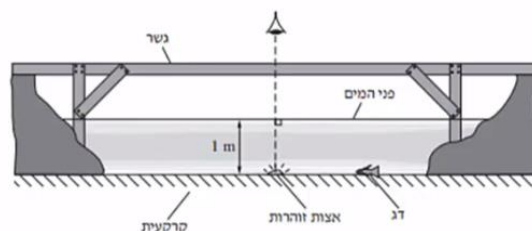


אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו: $n = 1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1 .

- ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- 57° כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

19) בגרות 2013 תרגיל 1

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים. מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 1 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה ביחס לאוויר הוא: $n = 1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר שממנו המבקרים יכולים לצפות בבריכה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.

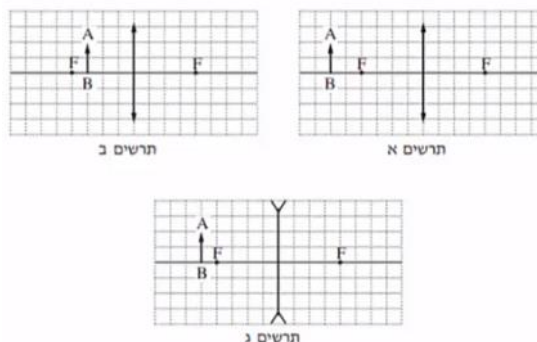


- א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים. הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.
- ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.
- ג. אדם הניצב על הגשר בדיוק מעל מושבת האצות רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו. הסבר מדוע.

- ד. דג השוחה על קרקעית הבריכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים. חשב את המרחק (האופקי) המינימלי בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.
- ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

(20) בגרות 2013 שאלה 6

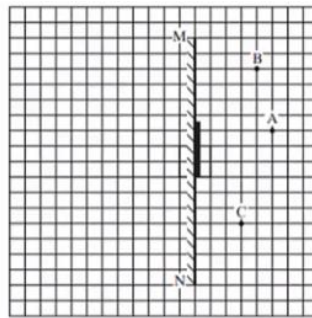
- אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.
- א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה", בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.
- ב. בתרשימים אי-ג' שלפניך החץ AB מייצג את העצם. קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



- ג. עוצמת העדשה היא 2 דיאטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?
- ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm. חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

(21) בגרות 2012 שאלה 1

- עצם ניצב לפני משטח מישורי.
- א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?
- ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה בו את הדמות של העצם?
- באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN המכוסה במרכזת בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
- בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C). הנקודות A, B, C נמצאות על אותו מישור.

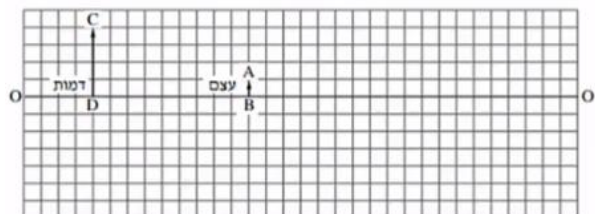


העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

- ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.
- ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס"מ במציאות. חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.
- ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B. האם צופה B המביט אל עבר המראה רואה בה את דמות העין של צופה C? הסבר.

22) בגרות 2011 שאלה 1

בתרשים שלפניך הקטע OO' מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים). הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים – 1 ס"מ.



א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. השתמש בתרשים שסרטטת כדי לענות על סעיפים ב'–ג'.

ב. מצא, בעזרת סרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

i. סרטוט של מהלך קרני האור.

ii. חישוב.

ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1 , נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו u_1 .

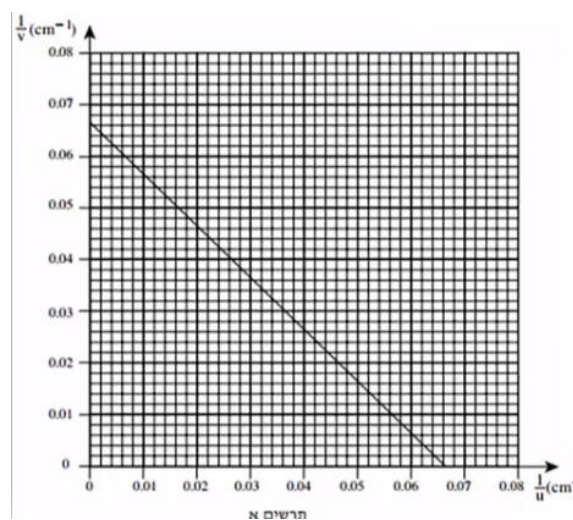
ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2 , הגדול מ- u_1 , נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים. מצא את u_2 .

23) בגרות 2009 שאלה 1

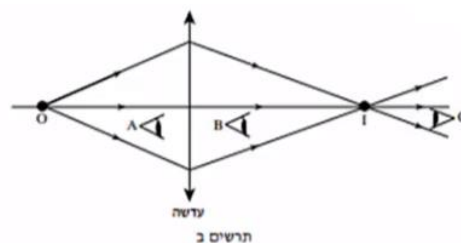
ברק הציב מקור אור במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה. בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v). לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו- $\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות cm^{-1}) כפונקציה

של $\frac{1}{u}$ (ביחידות cm^{-1}).

הגרף מוצג בתרשים א'.



- א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.
- ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.
- ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.
- ד. בתרשים ב' שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



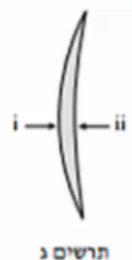
האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?
 אם כן – באיזו מהנקודות A, B או C צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים) כדי לראות את הדמות I?

אם לא – היעזר בתרשים ב', והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג' שלפניך מתואר חתך של עדשה קמורה-קעורה דקה עשויה מזכוכית. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

במקרה i אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

במקרה ii אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים i-iv שלפניך:

- i. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.
- ii. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.
- iii. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.
- iv. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

24 בגרות 2007 שאלה 2

על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא).

עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא: $f = 30\text{cm}$, ומסך.

מקור האור, העדשה והמסך מקבילים זה לזה.

שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

ג. מציבים את מקור האור במרחק 160cm מן המסך.

באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

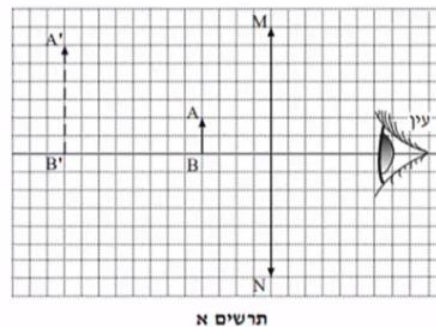
האיור שלפניך הוא העתק של תצלום שבו מראה מישורית המונחת על לוח עץ, ופנס הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.



ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר?

(25) בגרות 2004 שאלה 1

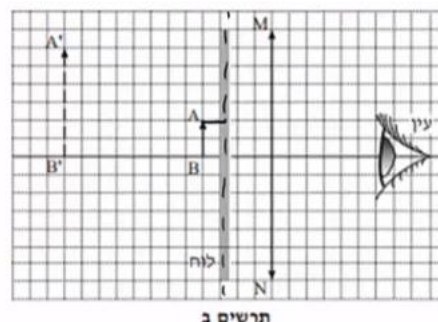
בתרשים א' מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת, MN , הציר האופטי שלה, בול דואר, AB , הדמות של הבול, $A'B'$, הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול. אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



א. ענה על הסעיפים הבאים:

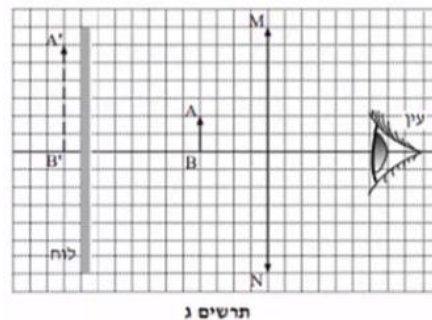
- i. מצא את אורך מוקד העדשה.
- ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

את הלוח האטום לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג'.



ג. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום. הבול, העדשה והעין נשארים במקומם. הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א'), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.

באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה) הבול נראה לצופה גדול יותר? הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א'. (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת). סרטט קרן, המופצת מראש הבול (A), עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.

תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן שסרטטת.

תשובות סופיות:

- (1) א. ראה סרטון. ב. i. 6m ii. 6m ג. 2.4m ד. ראה סרטון.
- (2) א. $t = 1.28 \text{ sec}$ ב. $t \cong 8 \frac{1}{3} \text{ min}$ ג. $t = 10^{-9}$ ד. $9.47 \cdot 10^{15} \text{ m}$
- (3) ראה סרטון.
- (4) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. כן. ד. 0.85m
- (5) 2.43m
- (6) א. 26.3° ב. ראה סרטון.
- (7) א. לא. ב. $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \theta_1$ ג. ראה סרטון. ד. 1.353
- (8) ראה סרטון.
- (9) ראה סרטון.
- (10) א. ראה סרטון. ב. i. $V = 24 \text{ cm}$ ii. $H_i = 8 \text{ cm}$ ג. הפוכה, מוגדלת, ממשית. ד. ראה סרטון.
- (11) א. ראה סרטון. ב. i. $V \approx 6.5 \text{ cm}$ ii. $H_i \approx 7.95 \text{ cm}$ ג. לא. ד. כן. ה. כן.
- (12) א. i. $V = -4.4 \text{ cm}$ ii. $H_i = 2.2 \text{ cm}$ ב. ראה סרטון. ג. ראה סרטון. iii. מדומה, מוקטנת, ישרה.
- (13) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $h = 0.6 \text{ m}$
- (14) א. ראה סרטון. ב. 1.85 ג. נמוך יותר.
- (15) א. i. ישרה. ii. מדומה. iii. מוקטנת. ב. מפזרת. ג. ראה סרטון. ד. $V = 0.4 \text{ cm}$, $H_i = 2 \text{ cm}$, כן.
- (16) א. החזרה מסודרת, מתקבלת דמות במפגש הקרניים המוחזרות. ב. 1.5sec ג. IV.
- (17) א. לעבר המפה. ב. ראה סרטון. ג. כל משטח מתפקד כמראה עצמאית. ד. דמות 1.
- (18) א. ראה סרטון. ב. $\theta_c = 23.2^\circ$ ג. ראה סרטון.
- (19) א. ראה סרטון. ב. $r = 1.14 \text{ m}$ ג. ראה סרטון. ד. $x = 2.28 \text{ m}$ ה. ראה סרטון.
- (20) א. דמות ממשית – מתקבלת במפגש המשכי הקרניים הממשיות. דמות מדומה – מתקבלת בנקודת מפגש המשכי הקרניים המדומות. ב. תרשים ב'. ג. 50cm ד. $u = 27.3 \text{ cm}$

- (21) א. 1. קרניים שיצאו מהסוף, 2. ההחזרה מהמשטח תהיה מסודרת.
 ב. הצופה יימצא בשדה הראייה של הדמות. ג. כן. ד. $2m$.
 ה. לא.
- (22) א. הדמות לא יכולה להיווצר בעדשה מפזרת. ב. ראה סרטון.
 ג. $4cm$. ד. $u > f$. ה. $u_2 = 8cm$.
- (23) א. ראה סרטון. ב. $15.1cm$. ג. ראה סרטון.
 ד. כן. ה. i.
- (24) א. $u = 45cm$. ב. פי 4. ג. $u_1 = 120cm$, $u_2 = 40cm$.
 ד. ראה סרטון.
- (25) א. i. $f = 30cm$. ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
 ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.