



בחינת הבגרות בפיסיקה קיץ תשס"א

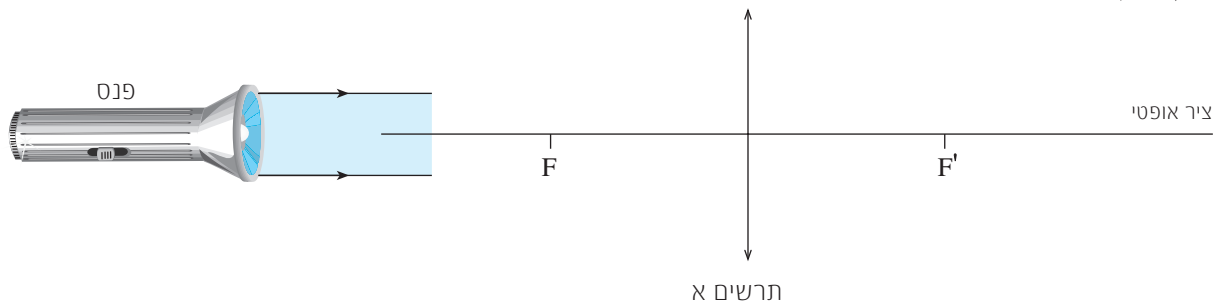
פרקי בחירה ופתרונות מלאים*

עדי רוזן, המחלקה להוראת המדעים, רחובות ומשרד החינוך, ירושלים

פרק ראשון – תורת האור והגלים

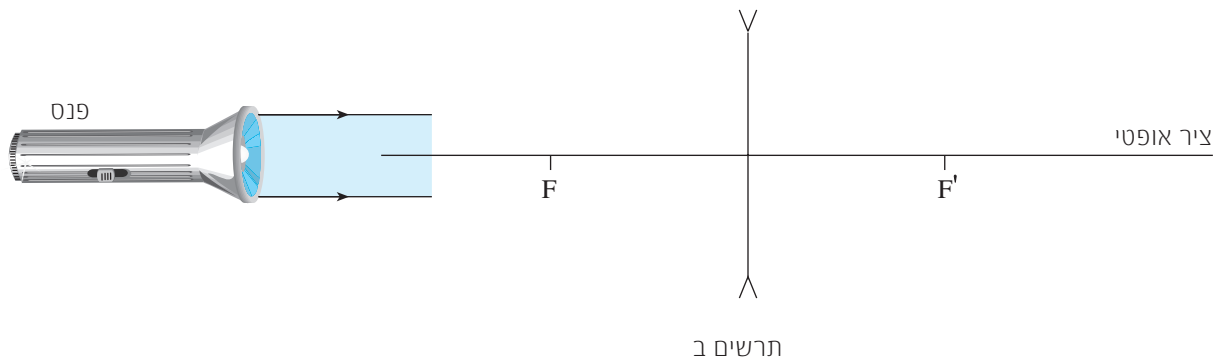
1. אלומה מקבילה נפלטת מפנס ומתפשטת ימינה.

מציבים לפני הפנס עדשה מרכזת דקה, כך שהאלומה מקבילה לציר האופטי של העדשה, כמתואר בתרשים א. נקודות F ו- F' הן מוקדי העדשה.



א. העתק את תרשים א למחברתך, והוסף בו את מהלך האלומה דרך העדשה המרכזת בעזרת שתי הקרניים המסומנות בתרשים. (5 נקודות).

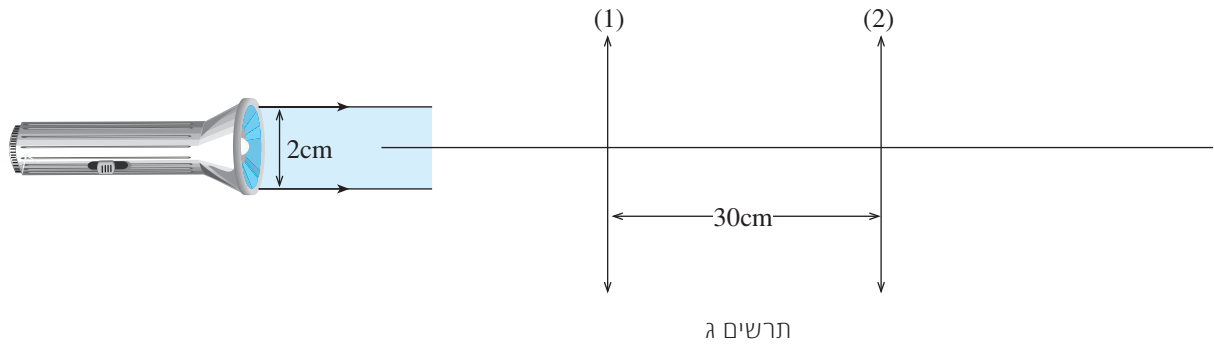
ב. מחליפים את העדשה המרכזת בעדשה מפזרת דקה, כמתואר בתרשים ב.



העתק את תרשים ב למחברתך, והוסף בו את מהלך האלומה דרך העדשה המפזרת בעזרת שתי הקרניים המסומנות בתרשים. (5 נקודות)

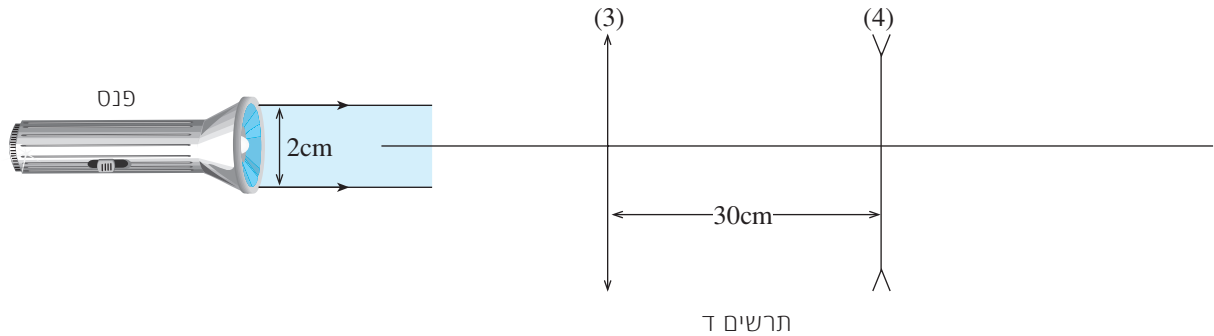
ג. מחליפים את העדשה המפזרת בשתי עדשות מרכזות דקות (1) ו-(2). נתון כי המרחק בין העדשות הוא 30 cm, רוחק המוקד f_1 של העדשה (1) הוא 20 cm ורוחב האלומה הוא 2 cm (ראה תרשים ג).

* זכות היוצרים על השאלונים היא של המדינה באמצעות משרד החינוך. התשובות לשאלות אינן מטעם משרד החינוך אלא באחריות החתום על המאמר.



תרשים ג

(1) נמצא שהאלומה **נשארת מקבילה** לאחר יציאתה מעדשה (2).
 העתק את תרשים ג למחברתך, וסרטט בו את מהלך האלומה דרך שתי העדשות. סמן בסרטוט את מוקדי העדשה
 (1) ב- F_1 ו- F'_1 ואת מוקדי **עדשה** (2) ב- F_2 ו- F'_2 . (15 נקודות)
 (2) חשב את רוחב האלומה לאחר יציאתה מעדשה (2). (15 נקודות)
 ד. מחליפים את שתי העדשות בשתי עדשות אחרות דקות, אחת מרכזת (3) ואחת מפזרת (4) (ראה תרשים ד).



תרשים ד

נמצא שגם במקרה זה האלומה **נשארת מקבילה** לאחר יציאתה מעדשה (4). האם המוקד הימני של עדשה (3) נמצא מימין לעדשה (4) או משמאלה? **נמק** (במילים או בעזרת סרטוט). (10 נקודות)

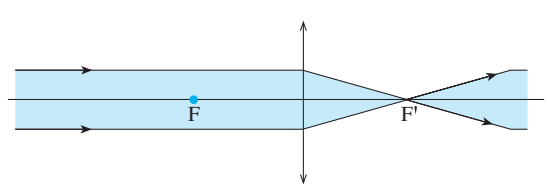
$$\Delta ABF_2 = \Delta CDF_2 \quad (2)$$

$$\frac{AB}{f_1} = \frac{CD}{f_2} \quad \text{לכן:}$$

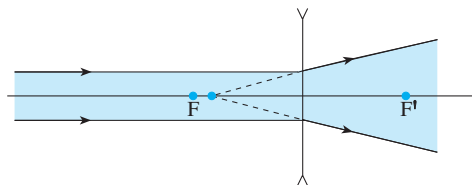
$$\frac{2}{20} = \frac{CD}{10}$$

$$CD = 1 \text{ cm}$$

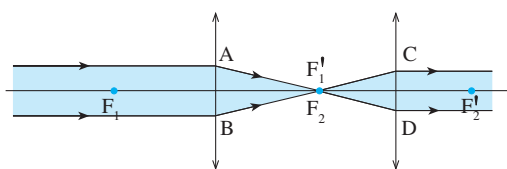
ד. המוקד הימני של עדשה (3) נמצא מימין לעדשה (4). כי אם האלומה יצאה מעדשה (4) מקבילה, אז מאחר שעדשה (4) מפזרת - האלומה הפוגעת בה צריכה להיות **מתכנסת** (ולא מתבדרת).
אז: אם המוקד **משמאל**, אז האלומה הפוגעת בעדשה (4) היא מתבדרת ולא תצא במקביל.



1. א.



ב.



ג. (1)

מפתח הערכה

1. הערות כלליות:

- לא לנכות נקודות אם הנבחן סרטט רק את הקרניים הקיצוניות, ולא הדגיש את כל האלומה.
- אם סרטט חצי אלומה בסעיפים א ו-ב, להוריד 20% בכל סעיף, אבל לא להוריד נקודות בסעיפים ג ו-ד.
- א. אם סרטט מהפנס קרניים נוספות לא מקבילות, להוריד 20%.
- ב. אם לא הראה כי המשך הקרן עובר דרך המוקד F, להוריד 40%.

ג. (1) 50% לתת-סעיף (1):

4 x 5% לסימון ארבעת המוקדים,

30% לסרטוט מהלך האלומה.

- הסרטוט אינו חייב להיות בקנה-מידה מתאים.

(2) 50% לתת-סעיף (2):

10% למציאת $f_2 = 10\text{cm}$,

40% למציאת רוחב האלומה.

- אם סרטט סרטוט מדויק וקיבל על-פיו את רוחב האלומה, לתת את מלוא הנקודות לתת-סעיף זה.

- אם קבע כי רוחב האלומה הוא 1cm בלי לנמק, לתת 10% לתת-סעיף זה.

ד. 40% לתשובה.

60% לנימוק.

- אם רק סרטט ורואים בבירור בסרטוט היכן המוקד, לתת את מלוא הנקודות.

2. בתרשים שלפניך מתוארת מערכת ניסוי במבט מלמעלה.

בנקודה S מוצב מקור נקודתי של גלי מיקרו בעלי אורך גל מסוים. בנקודה D מוצב חיישן לגלי מיקרו. לוח מתכת הניצב למישור הדרך משמש מראה לגלי המיקרו. גלים הנפלטים מן המקור ב-S מגיעים לחיישן ב-D בשתי דרכים:

(1) ישירות מהמקור.

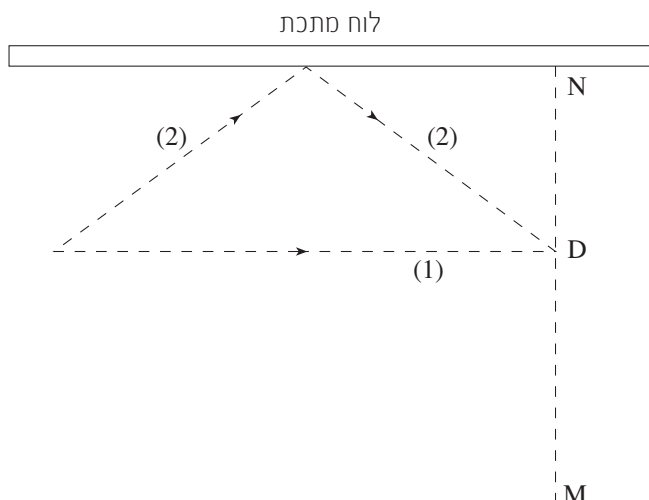
(2) לאחר החזרה מלוח המתכת, שכתוצאה ממנה נוצר

היפוך מופע.

כאשר החיישן מוזז לאורך מסילה MN המאונכת ללוח המתכת, מתגלות נקודות מקסימום ומינימום של עוצמת הגל.

א. הסבר מדוע נוצרות נקודות מקסימום ומינימום אלה.

(10 נקודות)



ב. נמצא כי הנקודה D היא נקודת המקסימום הקרובה

ביותר ללוח המתכת מבין נקודות המקסימום

המתגלות לאורך המסילה MN.

נתון: $SD = 24\text{ cm}$, $ND = 5\text{ cm}$ ו-SD מקביל ללוח

המתכת.

(1) חשב את ההפרש בין דרך (2) לבין דרך (1) (ראה

תרשים). (8 נקודות)

(2) חשב את אורך הגל של גלי המיקרו. (12 נקודות)

ג. מסירים את המקור הנקודתי ושמים מקור אחר

בנקודה M, שעל מסילת החיישן MN. מקור זה יוצר

אלומה צרה ומקבילה של גלי מיקרו בעלי אורך גל של

3 cm. האלומה הצרה מכוונת כלפי לוח המתכת. כאשר

החיישן מוזז לאורך המסילה MN, מתגלות נקודות

מקסימום ומינימום של עוצמת הגל.

(1) איזה סוג של תבנית גל נוצר לאורך הקו MN?

(7 נקודות)

(2) מהו המרחק בין שתי נקודות מינימום עוקבות

לאורך הקו MN? (13 נקודות)

2. א. נוצרות נקודות מקסימום ומינימום, כי לכל נקודה

על MN מגיעים גלים שעברו דרכים שונות (עם

הפרש מופע קבוע). כאשר הפרש הדרכים הוא מספר

שלם של אורכי גל - מתקבלות נקודות מינימום.

כאשר הפרש הדרכים הוא מספר אי-זוגי של חצי

אורך גל - מתקבלות נקודות מקסימום (ובגלל היפוך

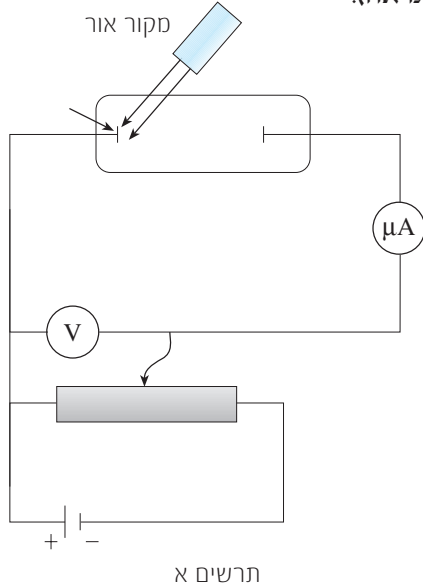
מופע).

ב. (1) נסמן ב-A את נקודות המגע של מסלול (2) עם

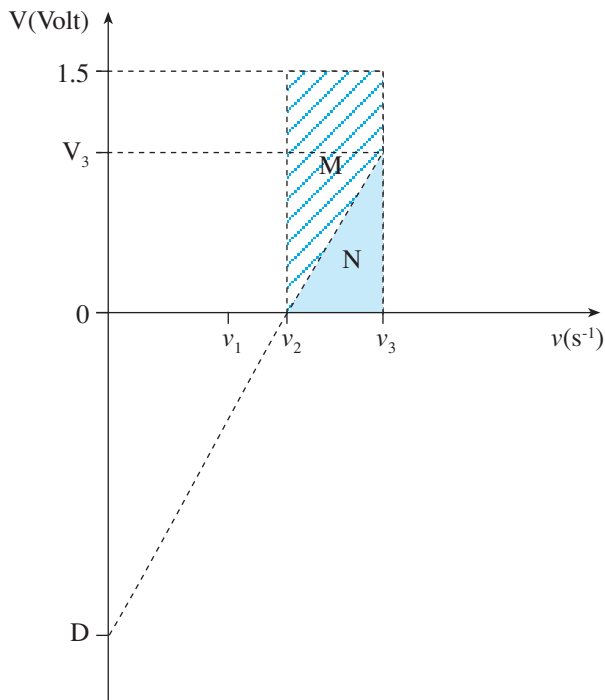
לוח המתכת וב-B את אמצע הקטע SD.

פרק שני - פיזיקה מודרנית

3. כדי לחקור את האפקט הפוטואלקטרי, חיבר התלמיד תא פוטואלקטרי למעגל חשמלי, כמתואר בתרשים א. הקתודה הוקרנה כל פעם באור מונוכרומטי. אורכי הגל שבהם הוקרנה הקתודה היו בתחום 4000\AA עד 7000\AA (האור הנראה).



לקתודה אנרגיית קשר (פונקציית עבודה) של 2.07 eV , ואת המתח הנגדי בניסוי ניתן לשנות מאפס עד 1.5 V . על-פי תוצאות הניסוי סורטט תרשים ב שלפניך. הציר האנכי בתרשים מציין את המתח שמדד הוולטמטר בניסוי, והציר האופקי מציין את תדירות האור המוקרן.



תרשים ב

על-פי משפט פיתגורס:

$$AD^2 = ND^2 + BD^2$$

$$AD^2 = 5^2 + 12^2$$

$$AD = 13\text{ cm}$$

מכאן שאורך מסלול (2) הוא 26 cm ,

והוא אורך ב- 2 cm מאורך מסלול (1).

(2) בגלל היפוך המופע, הפרש הדרכים צריך להיות

$$\frac{1}{2}\lambda$$

$$\frac{1}{2}\lambda = 2\text{ cm}$$

$$\lambda = 4\text{ cm}$$

ג. (1) גל עומד.

(2) המרחק בין שתי נקודות מינימום בגל העומד

הוא חצי אורך גל, כלומר 1.5 cm .

מפתח הערכה

2. א. - אם לא התייחס להיפוך מופע בסעיף זה, לתת את

מלוא הנקודות לסעיף זה.

- אם תלמיד כתב שנוצרו שני מקורות ונוצרת תמונת

התהפכות, לתת את מלוא הנקודות לסעיף זה.

ב. (1) **40% ל-1):**

20% לחישוב AD.

20% להפרש דרכים.

(2) **60% לתת-סעיף (2):**

- אם לא התחשב בהיפוך ומצא $\lambda = 2\text{ cm}$, לתת

30% לתת-סעיף זה.

- הציב n לא נכון אבל התחשב בהפרש המופע

הנכון, לתת 50% במקום 60%.

ג. (1) **35% ל-1):**

- אין צורך בנימוק.

- אם כתב תבנית התהפכות, לתת את מלוא

הנקודות.

(2) **65% ל-2):**

- אם השתמש בנוסחת הפרש הדרכים

$\Delta x = (n - \frac{1}{2})\lambda$, לא לתת נקודות לתת-סעיף

זה.

$$V_3 = \frac{12,400}{4000} - 2.07$$

$$V_3 = 1.03 \text{ V}$$

ד. (1) בתחום M הוריית המיקרואמפרמטר לא תשתנה, כי הגדלת עוצמת האור אינה משנה את האנרגיה של אלקטרון שנפלט, ולכן אלקטרון שנפלט לא יגיע גם עתה לקולט.
(2) בתחום N הוריית המיקרואמפרמטר **תגדל**.

מפתח הערכה

א. (1) 33% ל-(1).

(2) 34% ל-(2):

14% לקביעת v_2 תדירות הסף.

10% לנוסחה.

10% לחישוב יחידות.

(3) 33% ל-(3).

ב. - עבור התשובה 2.07 eV לתת 90% לסעיף.

- אם כתב כי ערך המתח הוא -2.07V , לא להוריד נקודות.

- אם כתב כי D מתאימה לאנרגיית הקשר אך לא ציין את ערכה המספרי, לתת 10% לסעיף.

ג. 30% עבור קשר (1).

50% עבור הצבה.

2x10% לתשובה נומרית עם יחידות.

- אם חישב את V_3 על-פי מיקום הנקודה V_3 על הציר האנכי, לתת אפס נקודות לסעיף.

ד. (1) 50% לתת סעיף (1):

25% לתשובה,

25% לנימוק.

- עבור הנימוק: באזור M המתח במעגל גבוה

מהמתח העוצר (בלי התייחסות לאנרגיית

האלקטרונים), לתת 10%.

(2) 50% לתת-סעיף (2).

התחום שבין v_1 ל- v_2 הוא התחום באור הנראה שבו לא התגלה אפקט פוטואלקטרי (לכל מתח שהוא) בניסוי.
התחום שבין v_2 ל- v_3 הוא התחום באור הנראה שבו התגלה אפקט פוטואלקטרי בניסוי.

א. (1) מהו אורך הגל המתאים לתדירות v_1 ? (5 נקודות)
(2) מהו אורך הגל המתאים לתדירות v_2 ? (5 נקודות)
(3) מהו אורך הגל המתאים לתדירות v_3 ? (5 נקודות)
ב. מהו ערך המתח בנקודה D (ראה תרשים ב)? **הסבר**. (12 נקודות)

ג. מהו ערך המתח V_3 (ראה תרשים ב)? **הסבר**. (15 נקודות)

ד. לגבי כל זוג ערכים של מתח ותדירות (V, v) באזור המסומן באות M לא עבר זרם במיקרואמפרמטר. לגבי כל זוג ערכים של מתח ותדירות באזור המסומן באות N עבר זרם במיקרואמפרמטר.
אם נגדיל את עוצמת האור, האם תשתנה הוריית המיקרואמפרמטר:

(1) בתחום M?

(2) בתחום N?

אם לא - נמק מדוע. אם כן - מה יהיה השינוי? (8 נקודות)

3. א. (1) v_1 היא התדירות המינימלית, וזו מתאימה לאורך גל מקסימלי של האור הלבן, דהיינו ל- 7000\AA .

(2) v_2 היא תדירות הסף, לכן:

$$B(\text{eV}) = \frac{12,400}{\lambda_2(\text{\AA})}$$

$$2.07 = \frac{12,400}{\lambda_2}$$

$$\lambda_2 = 5990\text{\AA}$$

(3) v_3 היא התדירות המרבית של האור הנראה,

ומתאים לה אורך גל מינימלי, דהיינו 4000\AA .

ב. ערך המתח בנקודה D הוא 2.07V , כי נקודה זו מקיימת את נוסחת איינשטיין עבור $v = 0$.

ג. על-פי נוסחת איינשטיין:

$$(1) e \cdot V_3 = hv - B$$

ביחידות eV:

$$V_3 = \frac{12,400}{\lambda_2(\text{\AA})} - 2.07$$

זמן (בשנים)	פעילות (Bq)
0	120
5	
10	
15	
20	

(2) סרטט גרף המתאר את הפעילות שנמדדת על פני האדמה כפונקציה של הזמן, במשך 20 שנים, מרגע הטמנת החומר הרדיואקטיבי. (13 נקודות)

(3) ניתן למדוד את הפעילות על פני האדמה אם זו אינה קטנה מ-10Bq.

אחרי כמה זמן חברת המים לא תהיה מסוגלת למדוד את קרינת ה- γ הנפלטת מהקובלט-60 שהוצמד לצינורות? **נמק.** (17 נקודות)

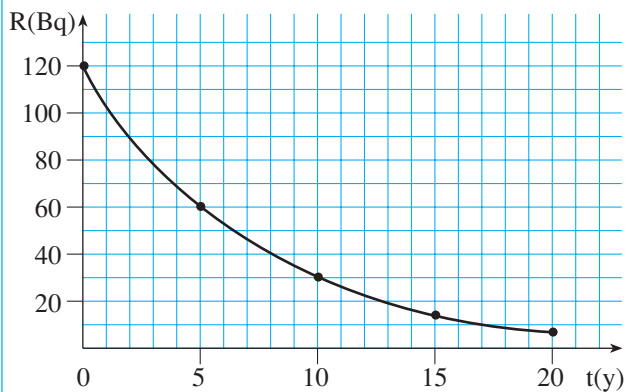
4. א. β^- תיעצר על-ידי האדמה, ו- γ תעבור דרכה.

ב. **לא.** התהליך הוא הסתברותי (אקראי; סטיסטי).

ג. (1)

R(Bq)	t(y)
120	0
60	5
30	10
15	15
7.5	20

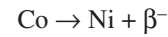
(2)



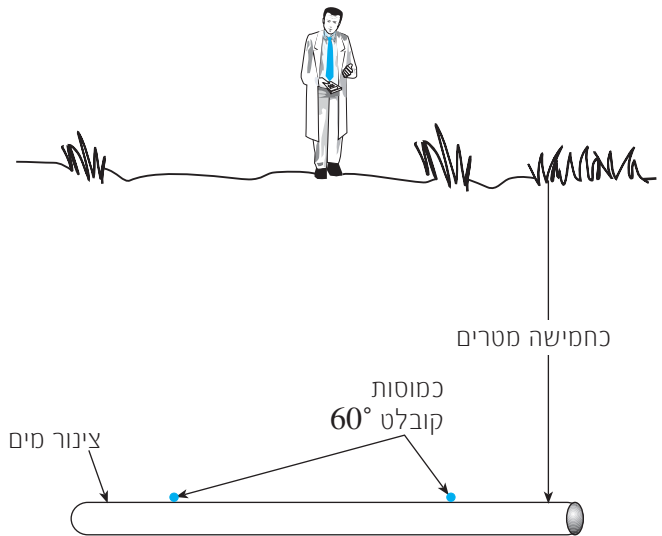
(3) **פתרון בדרך א:**

על-פי הגרף ניתן לראות כי הפעילות תרד אל מתחת ל-10Bq כעבור 18 שנה.

4. צינורות להובלת מים, הפרושים ברחבי המדינה, טמונים בתוך האדמה. חברת המים משתמשת במקורות רדיואקטיביים לסמן את המקומות שבהם הצינורות טמונים, כדי שאפשר יהיה בעתיד לאתר צינור ולתקנו. לצינורות מוצמדות כמוסות (מכלים קטנים) של חומר רדיואקטיבי, קובלט-60, Co , הפולט קרינת γ בתהליך:



ומיד בהמשך הצינורות טמונים באדמה בעומק של כחמישים מטרים, והפעילות הרדיואקטיבית של קרינת γ נמדדת על פני האדמה (ראה תרשים)

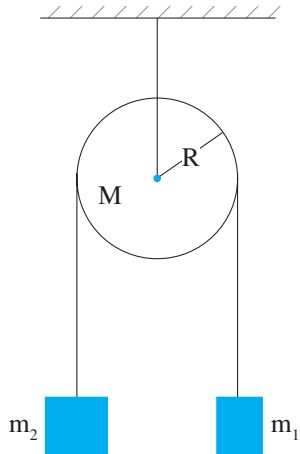


א. הסבר מדוע אין משתמשים במדידת קרינת ה- β^- הנפלטת בתהליך זה, אלא במדידת קרינת ה- γ . (5 נקודות)

ב. האם אפשר לדעת מראש כעבור כמה זמן מרגע הכנסת קובלט-60 למכל ייפלט אלקטרון (β^-) מגרעין מסוים של קובלט-60? **הסבר.** (5 נקודות)

ג. זמן מחצית החיים של קובלט-60 הוא 5 שנים, ופליטת ה- γ מגרעיני Ni בתהליך זה היא מיידית. מיד לאחר הטמנת הצינורות הפעילות הרדיואקטיבית שנמדדה על פני האדמה, מעל כמוסות החומר הרדיואקטיבי, היתה 120 Bq (120 התפרקויות בשנייה)

(1) העתק למחברתך את הטבלה שלפניך, והשלם בה את ערכי הפעילות שנמדדה על פני האדמה עם הזמן. (10 נקודות)



- א. לאחר שהמשקולת m_2 ירדה מרחק h , הייתה מהירותה v .
 לו היתה מסת הגלגלת זניחה והמשקולת m_2 היתה יורדת אותו מרחק h , הייתה מהירות המשקולת u .
 האם $v < u$ או $v > u$? **נמק.** (10 נקודות)
 נתון: $h = 0.9\text{m}$ $m_1 = 0.2\text{kg}$ $M = m_2 = 0.4\text{kg}$
 ב. חשב את v . (20 נקודות)
 ג. חשב את גודל התאוצה של המשקולת m_2 (במקרה שמסת הגלגלת אינה זניחה). (10 נקודות)
 ד. האם נשמר התנע הזוויתי הכולל של המערכת (גלגלת ושתי משקולות), סביב ציר הסיבוב של הגלגלת? **הסבר.** (10 נקודות)

5. א. $v < u$

נימוק: האנרגיה של המערכת נשמרת, ולכן:

$$(1) \quad \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = (m_2 - m_1)gh$$

כאשר מסת הגלגלת זניחה ($I \rightarrow 0$):

$$(2) \quad \frac{1}{2}(m_1 + m_2)u^2 = (m_2 - m_1)gh$$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים: $|v| < |u|$.

ב. מומנט ההתמדה של הגלגלת:

$$(3) \quad I = \frac{1}{2}MR^2$$

מאחר שהחבל אינו מחליק:

$$(4) \quad v = \omega R$$

מהצבת (3) ו-(4) ב-(1) נקבל:

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2 + \frac{1}{2}M)v^2 = (m_2 - m_1)gh$$

פתרון בדרך ב:

$$(1) \quad R = R_0 e^{-\lambda t}$$

$$(2) \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$$(3) \quad R = R_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

נציב ונקבל:

$$10 = 120 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{5} t}$$

פתרון המשוואה:

$$t = 17.9 \text{ y}$$

מפתח הערכה

4. ב. 50% לתשובה.

50% לנימוק.

ג. (1) 25% לתת-סעיף (1):

7% ל-60Bq

3x6% לשאר הנקודות.

(2) 30% לתת סעיף (2):

10% ל-R בציר אנכי ולשמות הצירים וליחידות,

5% לקנה מידה,

5% למיקום הנקודות,

10% להעברת קו עקום.

(3) א. 45% לתת סעיף (3).

ב. 10% ל-(1).

10% ל-(2).

10% להצבה.

15% לתשובה סופית עם יחידות.

פרק שלישי – מכניקה של גוף קשיח

5. על גלגלת כרוך חוט שלקצותיו קשורות שתי משקולות,

שהמסות שלהן הן m_1 ו- m_2 (ראה תרשים).

נתון כי הגלגלת היא גליל מלא ואחיד, בעל רדיוס R ומסה M.

המשקולות מוחזקות במנוחה, וברגע מסוים משחררים את המערכת. המשקולת m_2 יורדת ($m_2 > m_1$), המשקולת m_1 עולה, והגלגלת מסתובבת בהשפעת החוט הכרוך עליה הנע עמה ללא החלקה. מסת החוט זניחה.

30% להצבה.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

הערה: לא צריך לציין ערך מוחלט.

פתרון אחר:

יכול לפתור גם דרך משוואת הכוחות על המשקולות

ומשוואת מומנטים לגלגל, ואז לחלק אחוזים כך:

20%x2 למשוואת הכוחות על שתי משקולות.

20% למשוואת המומנטים.

30% לפתרון המשוואות.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

ד. 50% לקביעה.

50% להסבר.

הערה: אינו חייב לציין שהתנע הזוויתי גדל. די שיקבע

שהוא שונה מאפס.

6. בחלל נמצא לוויין שצורתו כדור אחיד בעל רדיוס 2m

ומסה 1000kg.

ברגע מסוים אירעה תקלה, ונפלטה מהלוויין כמות גז

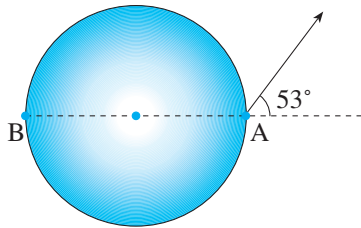
שמסתה 3kg ומהירותה $15 \frac{m}{s}$ (יחסית ללוויין). הגז נפלט

תוך זמן קצר מאוד.

הדליפה התרחשה בנקודה A, וכיוון זרימת הגז היה בזווית

53° להמשך הקוטר BA, כמתואר בתרשים א. כתוצאה

מן הדליפה החל הלוויין להסתובב סביב הציר שלו.



תרשים א

א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב הלוויין בתום הדליפה.

הזנח את איבוד המסה של הלוויין שנגרם כתוצאה מהדליפה. (20 נקודות)

ב. האם המהירות הזוויתית של הלוויין תגדל, תקטן או לא תשתנה:

(1) אם צורתו תהיה כדור אחיד בעל רדיוס 3m, ושאר

הנתונים לא ישתנו? **נמק.** (5 נקודות)

(2) אם מסתו תהיה 2000kg, ושאר הנתונים לא ישתנו?

נמק. (5 נקודות)

$$(5) \quad v = \sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gh}{m_1 + m_2 + \frac{1}{2}M}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(0.4 - 0.2)10 \cdot 0.9}{0.2 + 0.4 + \frac{1}{2} \cdot 0.4}}$$

$$v = 2.12 \frac{m}{s}$$

ג. המשקולת נעה בתאוצה קבועה, ולכן:

$$(6) \quad v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$|a| = \left| \frac{v^2 - v_0^2}{2(x - x_0)} \right| = \frac{4.5}{2 \cdot 0.9}$$

$$|a| = 2.5 \frac{m}{s^2}$$

ד. התנע הזוויתי אינו נשמר.

הסבר אחד:

התנע הזוויתי ההתחלתי הוא אפס.

במהלך התנועה התנע הזוויתי של כל הגופים

במערכת (המשקולות והגלגל), הפונה החוצה

מהדף, הולך וגדל, ולכן שונה מאפס.

הסבר אחר:

המומנט הכולל של הכוחות החיצוניים (כוחות

הכובד על המשקולת) סביב ציר הסיבוב אינו

מתאפס, ולכן התנע הזוויתי אינו נשמר.

מפתח הערכה

5. א. 40% לקביעה.

60% לנימוק.

הערה: יכול לנמק גם במילים.

- יכול לפתור גם על-ידי משוואת הכוחות ומשוואת המומנטים.

ראה הערה בסעיף ג.

ב. 40% לקשר (1) (גם אם רשם זאת בסעיף א).

10% לקשר (3).

10% לקשר (4).

20% להצבה.

20% לתשובה נומרית עם יחידות.

ג. 20% לקביעה שהתאוצה קבועה.

40% לנוסחה (6) או לנוסחה שקולה.

הזוויתי שלו הוא לתוך הדף, יש להפעיל מומנט בכיוון מנוגד, כלומר החוצה מהדף. רק הגז שנפלט בכיוונים II ו-IV יפעיל מומנט בכיוון המבוקש.

מפתח הערכה

6. א. 20% עבור הרעיון שהתנע הזוויתי נשמר.

40% למשוואה (1).

10% לקשר (2).

20% להצבה.

10% לפתרון נומרי עם יחידות.

- אינו חייב לציין את הסימן של ω .

ב. (1) 33% ל- (1):

20% לקביעה,

13% לנימוק.

(2) 33% ל- (2):

20% לקביעה,

13% לנימוק.

(3) 34% ל- (3):

20% לקביעה,

14% לנימוק.

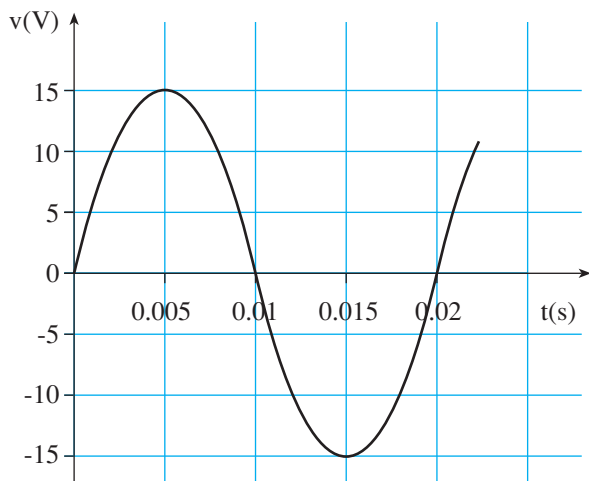
ג. 2x25% לשתי קביעות

2x25% לשתי הסברים.

פרק רביעי - זרם חילופין

7. מקור מתח חילופין מחובר לסליל השראה אינדאלי שהשראתו 95.5 mH.

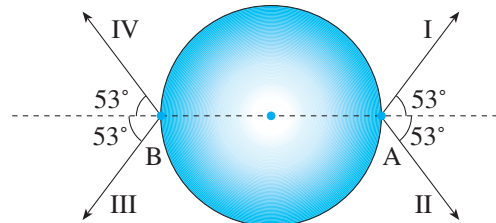
בגרף שלפניך מתואר מתח המקור v כפונקציה של הזמן t:



(3) אם צורתו תהיה קליפה כדורית (דקה), ושאר הנתונים לא ישתנו? נמק. (5 נקודות)

ג. רוצים להפסיק את התנועה הסיבובית של הלוויין על-ידי הזרמת גז.

באילו מהכיוונים I, II, III, IV, המתוארים בתרשים ב, אפשר להזרים גז מהלוויין החוצה כדי להפסיק את סיבוב הלוויין? **הסבר**. (15 נקודות)



תרשים ב

6. א. התנע הזוויתי של המערכת סביב מרכז הלוויין נשמר, לכן:

$$0 = L_{\text{גז}} + L_{\text{לוויין}}$$

$$(1) \quad 0 = mvR \sin\theta + I\omega$$

$$(2) \quad I_{\text{כדור}} = \frac{2}{5}MR^2$$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$$(3) \quad \omega = -\frac{mv \sin\theta}{\frac{2}{5}MR}$$

$$\omega = -\frac{3 \cdot 15 \sin 53^\circ}{\frac{2}{5} \cdot 100 \cdot 2}$$

$$\omega = -0.045 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

ב. (1) המהירות הזוויתית תקטן בגודלה.

נימוק: בקשר (3) לעיל רואים שכש-R גדל ω קטנה בגודלה.

(2) המהירות הזוויתית תקטן בגודלה.

נימוק: בקשר (3) לעיל רואים שכש-R גדל ω קטנה בגודלה.

(3) המהירות הזוויתית תקטן בגודלה.

$$\text{נימוק: } I_{\text{כדור}} > I_{\text{קליפה}}$$

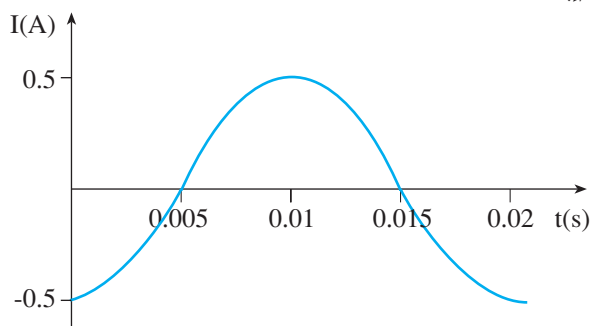
מקשר (1) נקבל שכאשר I גדל ω קטן.

ג. II ו-IV.

הסבר: על מנת לעצור את סיבוב הלוויין שהתנע

$$i = 0.5 \sin(100\pi t - \frac{\pi}{2})$$

$$i = -0.5 \cos 100\pi t \quad \text{או:}$$



ג. ד. (1) מתקבל מעגל LC שתדירותו שווה לתדירות המעגל המקורי, כלומר ל-50Hz. במעגל LC התדירות היא:

$$(3) f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

או: המתח המקסימלי על הסליל שווה למתח

$$I\omega L = \frac{I}{\omega C} \quad \text{המקסימלי על הקבל}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L} = \frac{1}{(100\pi)^2 \cdot 95.5 \times 10^{-3}} \quad \text{ולכן:}$$

$$C = 1.06 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

או: המתח המקסימלי על הסליל שווה למתח

$$(4) \frac{I}{\omega C} = V \quad \text{המקסימלי על הקבל}$$

$$C = \frac{I}{\omega \cdot V} = \frac{0.5}{2\pi \cdot 50 \cdot 15}$$

(2) בשני המעגלים הזרם המקסימלי שווה, ולכן המתח המקסימלי על הקבל שווה למתח המקסימלי של מקור המתח, כלומר ל-15V. ולכן המטען ההתחלתי הוא:

$$(5) Q = CV = 1.06 \cdot 10^{-4} \cdot 15$$

$$Q = 1.59 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

א. היעזר בגרף ומצא:

(1) את המתח המקסימלי של המקור. (2 נקודות)

(2) את תדירות המקור. (4 נקודות)

(3) ביטוי למתח המקור v כפונקציה של הזמן t. (6 נקודות)

(6 נקודות)

ב. (1) חשב את הזרם המקסימלי שזורם במעגל.

(8 נקודות)

(2) מהו הפרש המופע בין הזרם במעגל למתח המקור?

(4 נקודות)

(3) רשום ביטוי לזרם i במעגל כפונקציה של הזמן t. (6 נקודות)

(6 נקודות)

ג. סרטט גרף המתאר את הזרם i כפונקציה של הזמן t בתחום הזמנים 0.02s - 0. על הציר האופקי רשום את הזמנים המופיעים בגרף הנתון, ועל הציר האנכי רשום את ערך הזרם המקסימלי. (8 נקודות)

(8 נקודות)

ד. מחליפים את מקור המתח בקבל טעון, ומקבלים אותו הזרם במעגל: אותה התדירות ואותו הזרם המקסימלי.

(1) מהו קיבול הקבל? (8 נקודות)

(2) מה היה המטען ההתחלתי של הקבל? (4 נקודות)

7. א. (1) המתח המקסימלי הוא: 15V.

(2) זמן המחזור הוא: T = 0.02 s

ולכן תדירות המקור היא:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$v = v_{\max} \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

פתרון המשוואה:

$$v = 15 \sin 100\pi t$$

$$(1) Z = X_L = \omega L \quad (1) \text{ ב.}$$

$$(2) i_{\max} = \frac{v_{\max}}{Z} = \frac{v_{\max}}{\omega L}$$

$$i_{\max} = \frac{15}{100\pi \cdot 95.5 \cdot 10^{-3}}$$

$$i_{\max} = 0.5 \text{ A}$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

$$i = I \sin(\omega t - \phi) \quad (3)$$

מפתח הערכה

7. א. (1) 15% ל-(1).

(2) 35% ל-(2):

15% ל- $T = 0.02$ s,

20% לחישוב f .

(3) 50% ל-(3).

ב. (1) 45% ל-(1):

10% למשוואה (1),

10% למשוואה (2),

15% להצבה,

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

- אם חישוב I_{eff} , להוריד 10%.

(2) 25% ל-(2).

- אינו חייב לנמק.

- אינו חייב לציין מקדים או מאחר.

(3) 30% ל-(3).

- שכח להפחית ϕ שקיבל בתת-סעיף (2), להוריד

20%.

- אם רשם $\sin(\omega t + \phi)$, להוריד 10%.

- כתב 90° במקום $\frac{\pi}{2}$, להוריד 10%.

ג. 10% לשמות הצירים.

10% ליחידות.

2x10% לסימון הערכים על כל ציר.

60% לסרטוט הגרף.

- שים לב שסרטוט הגרף תואם לפונקציה של

התלמיד בתת-סעיף ב(3).

- אם קיבל פונקציה נכונה בתת-סעיף ב(3) אך סרטוט

לפי $\cos +$, לתת 30% לסרטוט במקום 60%.

ד. - אם תלמיד ענה על סעיף ד:

לבחור מבין הסעיפים שענה עליהם את שלושת

הסעיפים הטובים ביותר:

(1) 67% ל-(1):

20% לקביעה שמתקבל מעגל LC או שהמתח

המקסימלי על הסליל שווה למתח המקסימלי

על הקבל.

17% לקשר (3) או לקשר (4).

20% להצבה.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

(2) 33% ל-(2):

10% לקביעה שהמתחים המקסימליים

שווים גם אם רק ציין זאת בתת-סעיף (1).

8% לקשר (5).

5% להצבה.

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

8. אל מקור מתח חילופין, בעל תדירות הניתנת לשינוי ומתח

אפקטיבי של 12V שאינו תלוי בתדירות, מחברים בטור:

סליל לא אידאלי, קבל שיקבולו $20\mu F$ ואמפרמטר

שהתנגדותו 1Ω .

כאשר משנים את תדירות המקור, מתברר שהזרם

האפקטיבי המקסימלי שמראה האמפרמטר הוא 1A, והוא

מושג כאשר תדירות המקור היא 1000 Hz.

א. (1) חשב את ההתנגדות האומית של הסליל.

(8 נקודות)

(2) חשב את השראות הסליל. (9 נקודות)

ב. מחברים וולטמטר בין קצותיו של הסליל כאשר

האמפרמטר מראה זרם מקסימלי של 1A. חשב את

המתח (האפקטיבי) שיראה הוולטמטר. (11 נקודות)

ג. מחליפים את הקבל בקבל שיקבולו $80\mu F$ (בלי לשנות

את הסליל).

(1) חשב לאיזו תדירות יש לכוון עכשיו את מקור

המתח כדי שיזרום במעגל הזרם המקסימלי.

(11 נקודות)

(2) האם המתח שנמדד עכשיו בין קצות הסליל (כאשר

הזרם הוא מקסימלי) גדול מהמתח שחישבת בסעיף

ב, קטן ממנו או שווה לו? **נמק.** (11 נקודות)

8. א. (1) הזרם האפקטיבי המקסימלי מתקבל במעגל

תהודה.

(1) $Z = R$ בתהודה:

(2) $R = R_L + R_A$

(3) $Z = \frac{V}{I} = \frac{12}{1} = 12\Omega$

$R_L = R - R_A = 12 - 1$ ולכן:

$$R_L = 11\Omega$$

(2) במעגל תהודה:

(4) $X_L = X_C$

- אם הציב $\frac{I}{\sqrt{2}}$ או $\sqrt{2} \cdot I$, להוריד 20%.

(2) 53% ל-(2):

20% לקשר (4) גם אם רק ציין זאת בתת-סעיף

(1),

20% להצבה,

13% לתשובה נומרית עם יחידות.

ב. 20% לקשר (5).

35% לקשר (6).

20% לחישוב ולתשובה נומרית עם יחידות.

- אם הציב $\frac{I}{\sqrt{2}}$ או $\sqrt{2} \cdot I$, להוריד 20%.

- אם חישב V_s רק על סמך X_L , לתת לכל היותר

40% לסעיף.

ג. (1) 50% ל-(1):

10% לרעיון שהמעגל הוא מעגל תהודה.

10% לקשר (4) גם אם ציין זאת רק בסעיפים

הקודמים,

10% לקשר (7), גם אם ציין זאת רק בסעיפים

הקודמים,

10% להצבה,

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

- יכול לקבל את התשובה ישר מהתלות של f

ב-C: אם C גדל פי 4, אזי f קטן פי 2, כלומר

$$f = 500 \text{ Hz}$$

- לקבל תחום בסביבות 500 Hz.

(2) 50% ל-(2):

30% לקביעה,

20% לנימוק.

- יכול לנמק על-ידי חישוב המתח.

פרק חמישי – תורת הנוזלים והגזים

9. תלמיד תלה גליל (בעל צפיפות אחידה) על דינמומטר (קפיץ

מכיל), והוריד אותו באטיות לתוך כלי עם מים. גובה פני

המים בכלי גדול מגובה הגליל. חלק הגליל שטבול במים

אורכו x (ראה תרשים). התלמיד רשם את הוריית

הדינמומטר F עבור ערכי x שונים, כפי שמוצג בטבלה

שלפניך:

x (cm)	0	1	2	3	4
F (N)	0.53	0.45	0.37	0.3	0.22

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot 1000)^2 20 \cdot 10^{-6}}$$

$$L = 1.27 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

ב. (5) $V_s = IZ_L$

$$(6) Z_L = \sqrt{X_L^2 + R_L^2} = \sqrt{(\omega L)^2 + R_L^2} =$$

$$V_s = I\sqrt{(\omega L)^2 + R_L^2} =$$

$$= 1\sqrt{(2000\pi \cdot 1.27 \cdot 10^{-3})^2 + 11^2}$$

$$V_s = 13.59 \text{ V}$$

ג. (1) כדי שבמעגל יזרום זרם מקסימלי, המעגל צריך

להיות מעגל תהודה, כלומר:

$$(4) X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

או:

$$(7) \omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1.27 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^{-6}}}$$

$$f \approx 500 \text{ Hz}$$

(2) המתח על הסליל יהיה קטן יותר.

נימוק: הזרם המקסימלי אינו משתנה, אך

העכבה של הסליל $Z_L = \sqrt{\omega^2 L^2 + R^2}$ קטנה,

כי ω קטן. לכן V_s קטן ($V_s = IZ_L$).

מפתח הערכה

8. א. (1) 47% ל-(1):

7% לרעיון שהמעגל הוא תהודה.

10% לקשר (1),

10% לקשר (2),

10% לקשר (3),

5% להצבה,

5% לתשובה נומרית עם יחידות,

ג. כוח העילוי: (1) $B = \rho Vg$

(2) $V = A \cdot x$

מ- (1) ומ- (1) מקבלים:

(3) $B = \rho Agx$

ולכן שיפוע הגרף שווה ל- ρAg .

שיפוע הגרף הוא בערך: $\frac{0.32 - 0}{0.04 - 0} = 8 \frac{N}{m}$

$\rho Ag = 8 \frac{N}{m}$

ולכן: $A = \frac{8}{1000 \cdot 10}$

$A = 8 \cdot 10^{-4} m^2$

ד. כאשר $x = 0$: $F = mg = 0.53N$

בשיווי משקל: $F + B - mg = 0$

$B = mg - F = 0.53 - 0.14 = 0.39N$

$\rho_{גליל} = \frac{m}{V}$

$V = \frac{B}{\rho g} = \frac{0.39}{1000 \cdot 10} = 3.95 \cdot 10^{-5} m^3$

$m = 0.053 kg$

$\rho_{גליל} = \frac{0.053}{3.9 \cdot 10^{-5}}$

$\rho_{גליל} = 1.36 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$

ה. שיפוע הגרף **יקטן**, כי לפי (3) שיפוע הגרף הוא ρAg וצפיפות השמן קטנה מצפיפות המים.

מפתח הערכה

9. א. 20%-5 לחמישה ערכים של B.

ב. 10% לשמות הצירים.

10% ליחידות הצירים.

10%-5 לסימון חמש נקודות.

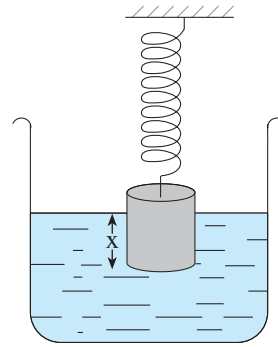
30% לסרטוט הגרף.

ג. 20% לקשר (1).

20% לקשר (2).

30% לחישוב השיפוע.

20% לחישוב השטח ולתוצאה המספרית.



א. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף לה שורה של ערכי כוח העילוי שפעל על הגוף עבור ערכי x שבטבלה. (9 נקודות)

ב. סרטט, על-פי הטבלה שהשלמת בסעיף א, גרף המתאר את כוח העילוי שפועל על הגוף כפונקציה של x. (9 נקודות)

ג. צפיפות המים היא $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$. היעזר בגרף ומצא את שטח הבסיס של הגליל. (12 נקודות)

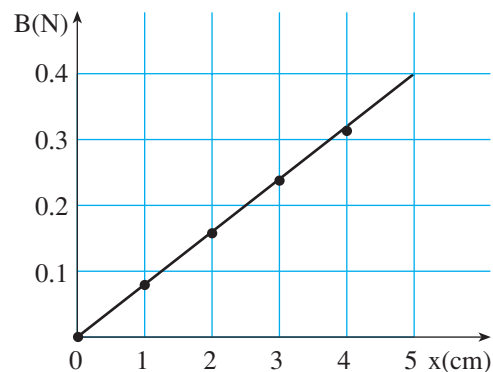
ד. כאשר הגליל היה טבול כולו במים (בלי לגעת בקרקעית הכלי), הוריית הדינמומטר היתה 0.14N. מהי צפיפות הגליל? (12 נקודות)

ה. התלמיד חזר על הניסוי עם שמן במקום מים. צפיפות השמן קטנה מצפיפות המים. הסבר כיצד ישתנה הגרף של כוח העילוי, הפועל על הגוף כפונקציה של x, בהשוואה לגרף שסרטטת בסעיף ב. (8 נקודות)

9. א.

x (cm)	0	1	2	3	4
F (N)	0.53	0.45	0.37	0.3	0.22
B(N)	0	0.08	0.16	0.23	0.31

ב.



10% ליחידות.

- לקבל כל תשובה בסביבות $8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.

ד. 55% לחישוב הנפח.

25% ל-m.

20% לחישוב הצפיפות וליחידות.

- יכול להיעזר בגרף לחישוב גובה הגליל (כ-5 ס"מ),

ולחשב את הנפח כ- $V = Ah$.

- לקבל כל תשובה נומרית בין $1325 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ל- $1375 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

ה. 50% לקביעה כי שיפוע הגרף יקטן.

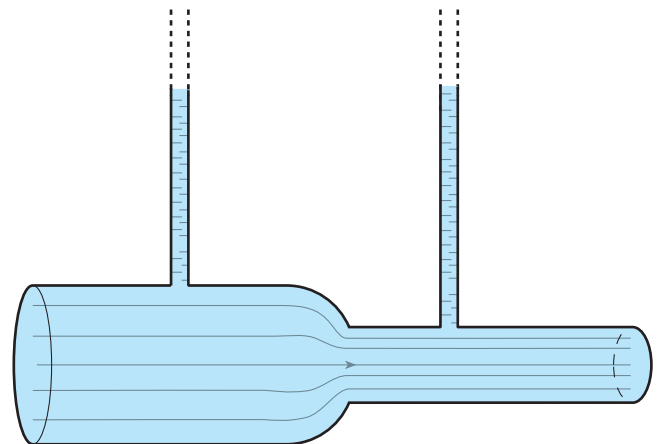
50% להסבר.

10. א. בתרשים מתואר צינור ונטורי שבו מים זורמים ימינה.

קוטר החלק השמאלי של הצינור הוא 20cm, וקוטר

החלק הימני הוא 12cm. לצינור מחוברות שתי צינוריות

דקות וארוכות מאוד. הצינוריות אינן מסורטטות



בתרשים במלוא אורכן.

(1) האם מהירות זרימת המים בחלק הימני (הצר) של

הצינור קטנה ממהירות זרימת המים בחלק

השמאלי (העבה), גדולה ממנה או שווה לה? נמק

את תשובתך באופן מילולי, בעזרת שיקולים

פיזיקליים. (14 נקודות)

(2) ההפרש בין לחץ המים בחלק השמאלי של הצינור

לבין לחץ המים בחלק הימני הוא $2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$. צפיפות

המים היא $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

מצא כמה ליטר מים עוברים דרך הפתח הימני של

הצינור בכל שנייה (קצב הספיקה). (22 נקודות)

ב. (1) הסבר כיצד נמדד הפרש הלחצים בין שני חלקי

הצינור. (6 נקודות)

(2) חשב את הלחץ בכל אחד משני חלקי הצינור, אם

נתון כי גובה עמוד הנוזל בצינורית השמאלית הוא

4m. (8 נקודות)

10. א. (1) מהירות המים בחלק הימני גדולה ממהירותם

בחלק השמאלי.

כמות המים שזורמת בצינור ביחידת זמן אינה

משתנה, לכן כדי שתזרום אותה כמות מים

ביחידת זמן בצינור הצר, מהירות הזרימה

צריכה להיות יותר גדולה.

(2) לפי חוק ברנולי:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = \text{קבוע}$$

מאחר שהגבהים שווים $y_1 = y_2$, נקבל:

$$(1) \quad p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$(2) \quad v_1 A_1 = v_2 A_2$$

כאשר הצינור השמאלי מסומן ב-1 והימני ב-2,

מקבלים מ-(1) ומ-(2):

$$(3) \quad p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right] v_2^2$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi R_2^2}{\pi R_1^2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} = \left(\frac{12}{20} \right)^2 = 0.36$$

נציב ב-(3):

$$2 \cdot 10^4 = \frac{1}{2} \cdot 10^3 (1 - 0.36^2) v_2^2$$

$$(4) \quad v_2 = 6.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

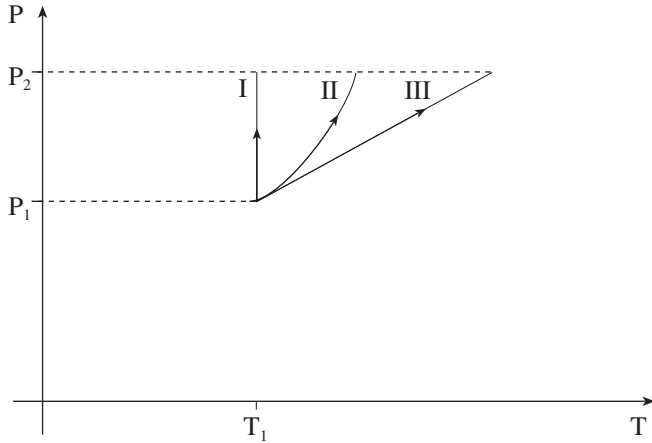
$$Q = A_2 v_2 = \pi R_2^2 \cdot v_2 =$$

$$= \pi \cdot 0.06^2 \cdot 6.78 = 0.0767 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 76.7 \frac{\text{liter}}{\text{s}}$$

פרק שישי – תרמודינמיקה

11. נתון מכל ובו מול אחד של גז אידיאלי חד-אטומי בטמפרטורה T_1 ולחץ P_1 . בתרשים שלפניך מתוארים שלושה תהליכים הפיכים, III, II, I, שהגז עובר, החל מהמצב ההתחלתי הנתון. בכל אחד משלושת התהליכים הגז מגיע ללחץ סופי P_2 .



א. לכל אחד מהתהליכים III, II, I התאם את סוג התהליך

המתאים לו מבין סוגי התהליכים (1)-(8) שלפניך:

(1) התפשטות אדיאבטית.

(2) דחיסה אדיאבטית.

(3) התפשטות איזותרמית (בטמפרטורה קבועה).

(4) דחיסה איזותרמית (בטמפרטורה קבועה).

(5) התחממות איזוברית (בלחץ קבוע).

(6) התקררות איזוברית (בלחץ קבוע).

(7) התחממות איזוכורית (בנפח קבוע)

(8) התקררות איזוכורית (בנפח קבוע).

(15 נקודות)

ב. היעזר בגרף וקבע בסופו של איזה מן התהליכים III-I

האנרגיה הפנימית היא הגדולה ביותר, ובסופו של איזה

מהתהליכים היא הקטנה ביותר. **הסבר**. (15 נקודות)

ג. נתון $T_1 = 300\text{K}$, $P_1 = 2\text{atm}$, $P_2 = 3\text{atm}$

מצא את הטמפרטורה:

(1) בסוף תהליך I. (4 נקודות)

(2) בסוף תהליך II. (8 נקודות)

(3) בסוף תהליך III. (8 נקודות)

ב. (1) הפרש הלחצים בצינור ונטורי נמדד על-ידי הפרש הגבהים בעמודי הנוזל, שכן:

$$(5) p = \rho gh$$

$$(6) p_1 - p_2 = \rho g(h_1 - h_2) \quad \text{ולכן:}$$

$$p_1 = \rho gh_1 = 10^3 \cdot 10 \cdot 4 \quad (2)$$

$$p_1 = 4 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$p_1 - p_2 = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{ולכן:}$$

$$p_2 = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{אזי}$$

מפתח הערכה

10. א. (1) 40% ל-(1):

20% לקביעה,

20% לנימוק.

- לא להוריד נקודות אם הסביר כי על-פי נוסחת

הרציפות, קצב הספיקה Av קבוע ומאחר

ש- $A_{\text{מאכל}} < A_{\text{ימין}}$, אזי $v_{\text{מאכל}} > v_{\text{ימין}}$.

(2) 60% ל-(2):

20% לנוסחה (1),

10% לנוסחה (2),

10% לחישוב אחת המהירויות,

10% לחישוב הספיקה,

10% לתשובה נומרית בליטר לשנייה.

- לא עשה שינוי יחידות מתאים, לתת 40%

במקום 60%.

ב. (1) 40% ל-(1):

20% ל-(5),

20% ל-(6).

- אפשר להסביר במילים בלי נוסחאות.

(2) 60% ל-(2):

20-30% לחישוב כל אחד מהלחצים.

- אם הוסיף ל- p_1 לחץ אטמוספרי, לתת 30%

במקום 60%.

מפתח הערכה

11. א. 30% ל-I.

35% ל-II.

35% ל-III.

ב. 20% לקביעת תהליך III כבעל האנרגיה הפנימית הגדולה ביותר בסופו.

20% לקביעת תהליך I כבעל האנרגיה הפנימית הקטנה ביותר.

60% להסבר:

30% לקביעה שאנרגיה פנימית תלויה רק

בטמפרטורה, 30% לקביעה שהטמפרטורה הגבוהה

ביותר היא בתהליך III, והקטנה ביותר בתהליך I.

ג. (1) 20% ל-(1).

40% ל-(2).

10% לנוסחה (1) או לנוסחה שקולה,

10% לנוסחה (2) או לנוסחה שקולה,

10% להצבה,

10% לחישוב ולתשובה נומרית נכונה עם

יחידות.

(3) 40% ל-(3):

20% לנוסחה (4),

10% להצבה,

10% לתשובה נומרית עם יחידות.

12. נתון כלי מבודד המכיל $M_1 = 1\text{kg}$ מים בלחץ אטמוספרי

ובטמפרטורה של $T_1 = 80^\circ\text{C}$.

מכניסים לכלי $M_0 = 0.5\text{kg}$ קרח ב- $T_0 = 0^\circ\text{C}$. מחכים עד

שכל הקרח יפשר ויושג שיווי-משקל. נסמן ב- T_2 את

הטמפרטורה הסופית של מצב שיווי-המשקל.

נתון כי חום סגולי של מים הוא: $c = 4.19 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

וחום היתוך של קרח הוא: $H = 3.33 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

א. (1) כתוב, בעזרת הגדלים שהוגדרו בשאלה, ביטוי

(באותיות בלבד) עבור כמות החום שנוספה לקרח

עד שהפך למים בטמפרטורה T_2 . (10 נקודות)

(2) כתוב, בעזרת הגדלים שהוגדרו בשאלה, ביטוי

(באותיות בלבד) עבור כמות החום שנפלטה מהמים

מן הטמפרטורה ההתחלתית שלהם T_1 עד

הטמפרטורה הסופית T_2 . (10 נקודות)

ב. חשב את הטמפרטורה הסופית T_2 . **הסבר**. (15 נקודות)

11. א. I - דחיסה איזותרמית.

II - דחיסה אדיאבטית.

III - התחממות איזוכורית.

ב. **בסוף תהליך III** האנרגיה הפנימית היא הגדולה ביותר.

בסוף תהליך I האנרגיה הפנימית היא הקטנה

ביותר, כי האנרגיה הפנימית של גז אידאלי תלויה

רק בטמפרטורה, והיא גדלה ככל שהטמפרטורה

גדלה. **בסוף תהליך III** הטמפרטורה היא הגבוהה

ביותר מבין שלושת התהליכים, ובסוף תהליך I היא

הנמוכה ביותר.

ג. (1) תהליך I הוא איזותרמי, לכן בסופו:

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

(2) תהליך II הוא דחיסה אדיאבטית, לכן:

$$(1) \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$$

$$(2) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

מ-(1) ומ-(2) מקבלים:

$$(3) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1-\frac{1}{\gamma}}$$

$$\frac{T_2}{300} = \left(\frac{3}{2} \right)^{1-\frac{3}{5}}$$

$$T_2 = 300 \cdot \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$T_2 \approx 353 \text{ K}$$

(3) תהליך III הוא התחממות איזוכורית, לכן:

$$(4) p_1 \cdot T_3 = p_2 \cdot T_1$$

$$T_3 = \frac{p_2 \cdot T_1}{p_1}$$

$$T_3 = \frac{3 \cdot 300}{2}$$

$$T_3 \approx 450 \text{ K}$$

מפתח הערכה

12. א. (1) 50% ל-(1):

25% ל- M_0H ,

25% ל- $M_0c(T_2 - T_0)$

- אם הציב ישירות 0 במקום T_0 , לא להוריד נקודות.

(2) 50% ל-(2):

- רשם $T_1 - T_2$ להוריד 10%, אבל אם רשם שהחום (השלילי) שנוסף למים הוא

$M_1c(T_2 - T_1)$, לא להוריד נקודות.

הערות לתת-סעיפים (1) ו-(2): אם הציב חלק מהנתונים המספריים, להוריד 5% על כל הצבה מספרים מלבד T_0 .

ב. 20% לרעיון של שימור אנרגיה.

40% למשוואה (1).

25% להצבה.

15% לתשובה נומרית עם יחידות.

- אם הציב $T_2 - T_1$ באגף הימני של המשוואה (1), להוריד 20%.

- אין צורך להפוך טמפרטורות לקלוין ואפשר להציב טמפרטורות במעלות צלזיוס.

ג. 60% לקביעה.

40% להסבר.

- אפשר גם לחשב את האנטרופיה:

$$\Delta S = \frac{M_0H}{T_0} + cM_0 \ln \frac{T_2}{T_0} + cM_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$$

ד. 80% להצבה נכונה במשוואה (1), או לקבלת משוואה (2).

20% לחישוב ולתשובה נומרית עם יחידות.

- אין צורך להפוך טמפרטורות לקלוין ואפשר להציב טמפרטורות במעלות צלזיוס.

- יכול לפתור גם ללא הצבה ישירה במשוואה (1), ואז לחלק אחוזים כך:

40% לחישוב חום ההתכה של הקרח.

40% להשוואת חום ההתכה לחום שנפלט מהמים.

20% לתשובה נומרית עם יחידות.

ג. האם האנטרופיה גדלה או קטנה בתהליך: **הסבר**. (5 נקודות)

ד. אם הטמפרטורה ההתחלתית של המים מספיק נמוכה, הקרח לא יפשיר כולו. חשב את הטמפרטורה ההתחלתית של המים, הדרושה לכך שבסוף התהליך יישארו 250 גרם קרח בשיווי-משקל עם מים בטמפרטורה של 0°C . (10 נקודות)

12. א. (1) כמות החום שנוספה לקרח:

$$Q_{\text{קרח}} = M_0H + M_0c(T_2 - T_0)$$

(2) כמות החום שנפלטה מהמים:

$$Q_{\text{מים}} = M_1c(T_1 - T_2)$$

ב. על-פי שימור אנרגיה:

$$Q_{\text{קרח}} = Q_{\text{מים}}$$

$$(1) M_0H + M_0c(T_2 - T_0) = M_1c(T_1 - T_2)$$

$$T_2 = \frac{c(M_0T_0 + M_1T_1) - M_0H}{c(M_0 + M_1)}$$

$$T_2 = \frac{4.19 \cdot 10^3 (0.5 \cdot 273 + 1 \cdot 353) - 0.5 \cdot 3.33 \cdot 10^5}{4.19 \cdot 10^3 (0.5 + 1)}$$

$$T_2 \approx 300 \text{ K}$$

או:

$$T_2 \approx 27^\circ \text{C}$$

ג. האנטרופיה **גדלה** בתהליך.

לקבל אחד מההסברים:

- התהליך הוא ספונטני.

- מוצק הופך לנוזל (בנוזל יש יותר דרגות חופש למולקולות - אי סדר גדול יותר).

ד. מציבים במשוואה (1):

$$M_0 = 0.25 \text{ kg}$$

$$T_0 = T_2 = 273 \text{ K}$$

ומקבלים שהטמפרטורה ההתחלתית T_1' של המים היא:

$$(2) M_0H + M_1c(T_1' - T_2)$$

$$T_1' = \frac{M_0H + M_1c \cdot T_2}{M_1c}$$

$$T_1' = \frac{0.25 \cdot 3.33 \cdot 10^5 + 1 \cdot 4.19 \cdot 10^3 \cdot 273}{1 \cdot 4.19 \cdot 10^3}$$

$$T_1' \approx 239 \text{ K}$$

$$t'_2 = \gamma \left(t_2 - \frac{vx_2}{c^2} \right)$$

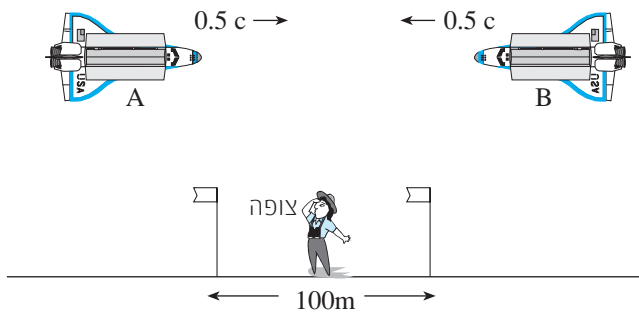
$$t'_1 = t'_2$$

מכאן

מפתח הערכה

13. א. 1. 2-50% לשתי הנחות.
 2. לקבל כל הנחה סבירה אחרת.
 ב. 10% למשוואה (1).
 30% לקשר (2).
 40% להצבה.
 10% לגודל המהירות וליחידות.
 10% לסימן המהירות או לציון כיוונה.
 ג. 20% לקשר (3).
 20% לקשר (4).
 2-20% להצבה במשוואה (1).
 20% למסקנה.

14. שתי חלליות דמיוניות A ו-B נעות זו לקראת זו, וגודל מהירויותיהן ביחס לצופה שעל הקרקע הוא $0.5c$. הצופה עומד בין שני דגלים שהמרחק ביניהם $100m$. התרשים שלפניך מסורטט מנקודת הראות של הצופה שעל הקרקע.



- א. מהו גודל מהירות הצופה ביחס לחללית B? (8 נקודות)
 ב. מהו גודל מהירות החללית A ביחס לחללית B? (12 נקודות)
 ג. לפי הצופה, בכמה זמן יחלוף חרטום החללית A את המרחק בין הדגלים? (12 נקודות)
 ד. לפי טייס החללית A, בכמה זמן יחלוף חרטום החללית A את המרחק בין הדגלים? (12 נקודות)
 ה. אם האורך העצמי של החללית A הוא $110m$, האם הצופה ימצא את החללית ברגע מסוים כשהיא כולה נמצאת בין הדגלים? **נמק.** (6 נקודות)

פרק שביעי - תורת היחסות הפרטית

13. א. נסח שתי הנחות פיזיקליות, שעליהן מבוססת תורת היחסות הפרטית. (20 נקודות)
 השתמשו בטרנספורמציות לורנץ כדי לפתור את הסעיפים ב ו-ג.

ב. רכיבי שני מאורעות במערכת אינרציאלית S הם:

מאורע 1: $x_1 = 300m$, $t_1 = 10^{-6}s$

מאורע 2: $x_2 = 600m$, $t_2 = 5 \cdot 10^{-7}s$

באיזו מהירות ובאיזה כיוון (המקביל לציר ה-x) עלינו לנוע יחסית למערכת S, כדי ששני המאורעות ייראו לנו בו-זמנית? (20 נקודות)

ג. הוכח שאם שני מאורעות מתרחשים בו-זמנית ובאותה נקודה במערכת S, הם יתרחשו בו-זמנית גם במערכת S' הנעה במהירות קבועה יחסית ל-S. (10 נקודות)

13. א. 1. מהירות האור בריק קבועה ושווה ל-c בכל מערכות היחוס (האינרציאליות).

2. חוקי הפיזיקה זהים בכל המערכות הנעות זו ביחס לזו במהירות קבועה.

ב. על-פי טרנספורמציות לורנץ:

$$(1) \quad t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right)$$

כדי שהמאורעות ייראו בו-זמנית במערכת S':

$$(2) \quad t'_1 = t'_2$$

כלומר:

$$\gamma \left(t_1 - \frac{vx_1}{c^2} \right) = \gamma \left(t_2 - \frac{vx_2}{c^2} \right)$$

$$v = \frac{(t_1 - t_2)c^2}{x_1 - x_2}$$

$$v = \frac{(10^{-6} - 5 \cdot 10^{-7})(3 \cdot 10^8)^2}{300 - 600}$$

$$v = -1.5 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$v = -0.5c$$

או

$$(3) \quad x_1 = x_2$$

$$(4) \quad t_1 = t_2$$

ג.

מקבלים בהצבה ב-(1):

$$t'_1 = \gamma \left(t_1 - \frac{vx_1}{c^2} \right)$$

מפתח הערכה

14. ב. 20% למשוואה (1).
 60% להצבה נכונה:
 40% להצבת $v = -0.5c$ (20% לגודל ו-20% לסימן),
 20% להצבת $u_A = 0.5c$
 20% לתשובה נכונה.
 ג. 30% למשוואה (2)
 50% להצבה נכונה.
 20% לתשובה נומרית עם יחידות.
 ד. 20% ל-(3).
 40% לחישוב l_A
 20% להצבה ב-(5).
 20% לקבלת תשובה נומרית נכונה וליחידות.
פתרון אחר:

$$(1) \Delta t_A = \frac{\Delta t}{g}$$

$$\Delta t_A = \frac{0.667 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{3}}{2} = 0.557 \cdot 10^{-6} \text{s}$$

- ואז לחלק אחוזים כך:
 30% למשוואה (1).
 50% להצבה.
 20% לחישוב וליחידות.
 ה. 70% לחישוב אורך החללית.
 30% למסקנה.

תהודה

$$v_{\text{צופה}} = 0.5c \quad .14 \text{ א.}$$

ב. לפי טרנספורמציות המהירויות:

$$(1) u'_A = \frac{u_A - v}{1 - v \frac{u_A}{c^2}}$$

$$u'_A = \frac{0.5c - (-0.5c)}{1 - (-0.5c) \frac{0.5c}{c^2}} \quad \text{נקבל:}$$

$$u'_A = 0.8c$$

$$(2) \Delta t = \frac{\Delta x}{u_A} \quad \text{ג.}$$

$$\Delta t = \frac{100}{0.5c}$$

$$\Delta t = 0.667 \cdot 10^{-6} \text{s}$$

ד. המרחק בין הדגלים עבור טייס החללית A הוא:

$$(3) l_A = \frac{l_0}{\gamma}$$

$$(4) \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c}\right)^2}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$l_A = \frac{100}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = 86.6 \text{m}$$

$$\Delta t_A = \frac{l_A}{u_A} = \frac{86.6}{0.5c} \quad \text{משך הזמן הוא:}$$

$$\Delta t_A = 0.577 \cdot 10^{-6} \text{s}$$

ה. לפי הנוסחה להתקצרות האורך (משוואה 3):

$$l = \frac{l_0}{\gamma}$$

$$l = \frac{100}{\frac{2}{\sqrt{3}}} = 95.26 \text{m}$$

לגבי הצופה, האורך של החללית קטן מהמרחק בין הדגלים, ולכן הוא ימצא את החללית כולה ברגע מסוים בין הדגלים.