

פ י ז י ק ה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

פרקי בחירה הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעה וחצי.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה ארבע-עשרה שאלות בשבעה פרקים. עליך לענות על שתיים מהן בלבד, משני פרקים שונים (שאלה אחת מכל אחד מהפרקים שבחרת). לכל שאלה – 50 נקודות. $100 = 50 \times 2$ נקודות.
- ג. חומר עזר מומלץ לשימוש: 1. מחשבון (כולל מחשבון גרפי).
2. נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורפים לשאלון.
- ד. הוראות מיוחדות:
- ענה על מספר שאלות כפי שנתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)
 - בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. (כאשר אתה משתמש בסימן שאינו מופיע בדפי הנוסחאות, רשום את פירוש הסימן במילים.) לפני שתבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רק לאחר ההצבה בצע את פעולות החישוב. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה עלולים להוריד מהציון. רשום את התוצאה המתקבלת ביחידות המתאימות.
 - בחישוביך השתמש בערך של 10 מ' לשנייה² בשביל תאוצת הנפילה החופשית.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רישום טיוטות כלשהן על דפים מחוץ למחברת עלול לגרום לפסילת הבחינה! רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

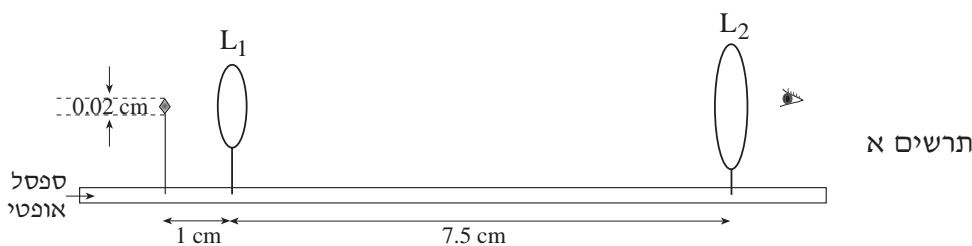
השאלות

בשאלון זה שבעה פרקים, ובכל פרק שתי שאלות. עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים; שאלה אחת מכל פרק. (לכל שאלה – 50 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

פרק ראשון – תורת האור והגלים

1. תלמיד הרכיב שתי עדשות מרכזות L_1 ו- L_2 על ספסל אופטי, במרחק של 7.5 cm זו מזו.

על הציר האופטי, במרחק 1 cm משמאל לעדשה L_1 , הניח התלמיד יהלום שגובהו 0.02 cm, והתבונן ביהלום מבעד לעדשה L_2 , כמתואר בתרשים א.



רוחקי המוקד של העדשות הם $f_1 = 0.8 \text{ cm}$, $f_2 = 4 \text{ cm}$ בהתאמה.

א. (1) מצא את מקום הדמות הנוצרת על-ידי העדשה L_1 . (7 נקודות)

(2) מצא את גודל הדמות הנוצרת על-ידי העדשה L_1 . (7 נקודות)

ב. הדמות הנוצרת על-ידי העדשה L_1 משמשת עצם עבור העדשה L_2 .

(1) מצא את מקום הדמות הנוצרת על-ידי העדשה L_2 . (8 נקודות)

(2) מצא את גודל הדמות הנוצרת על-ידי העדשה L_2 . (8 נקודות)

ג. היכן אפשר להציב מסך כדי לקבל דמות (חדה) של היהלום? (10 נקודות)

ד. התלמיד מחליף את היהלום בפיסת נייר שעליה

מודפסת האות **צ**. כאשר הוא מתבונן שלא

דרך העדשות, האות נראית כמתואר בתרשים ב.

איזו מהאפשרויות (1)-(4) מתארת את צורת

הדמות שהתלמיד יראה דרך העדשות? (5 נקודות)

צ

(4)

ק

(3)

צ

(2)

א

(1)

ה. איזה מכשיר אופטי בנוי על-פי עקרונות מערכת העדשות שמתוארת לעיל? (5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. בתצלום שלפניך מתוארת תבנית התאבכות, שנוצרה על-ידי אלומת אור מונוכרומטי

(חד-צבעי). האלומה עברה דרך זוג חריצים מלבניים ומקבילים, שהמרחק ביניהם

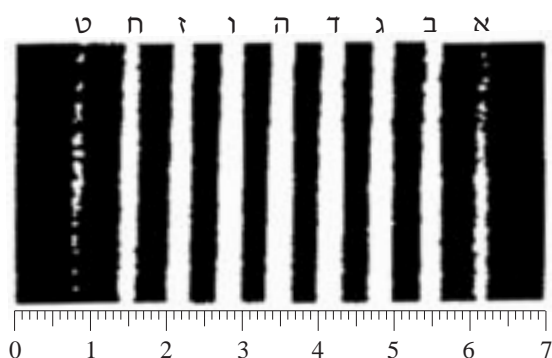
$$d = 0.5 \text{ mm}$$

כיוון האלומה מאונך לחריצים, והתבנית התקבלה על מסך מקביל למישור החריצים,

במרחק 1.5 מטר ממישור החריצים. מתחת לתצלום של תבנית ההתאבכות יש סרגל, ועליו

מסומנים המספרים 1-7. המרחק בין שתי שנתות קטנות סמוכות הוא 1 מ"מ. הממדים

בתצלום גדולים פי שלושה מהממדים במציאות. פסי האור סומנו באותיות א-ט.



א. חשב את אורך הגל של האור. (20 נקודות)

ב. בתבנית ההתאבכות ישנם שני פסי אור, שעבור כל אחד מהם ההפרש בין מרחקו

מחריץ אחד לבין מרחקו מן החריץ השני הוא שני אורכי גל. אילו הם שני פסי אור

אלה? (13 נקודות)

ג. כיצד הייתה משתנה תבנית ההתאבכות, אילו הוארו החריצים באור מונוכרומטי

באורך גל קצר יותר? (12 נקודות)

ד. חוזרים להאיר עם אור באורך הגל הראשון. במרחק d מאחד החריצים מוסיפים

חריץ מלבני שלישי באותו מישור שבו שני החריצים הראשונים, ובמקביל להם.

בתבנית ההתאבכות החדשה שהתקבלה נמצאו פסי אור חלשים בין פסי האור

החזקים. הסבר את הסיבה לכך. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

פרק שני – פיזיקה מודרנית

3. גרעין ביסמוט ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ הוא גרעין רדיואקטיבי. לגרעין זה שני אופני התפרקות:

באחד נוצר גרעין הבת פולוניום ${}_{84}^{211}\text{Po}$

ובאחר נוצר גרעין הבת טליום ${}_{81}^{207}\text{Tl}$.

א. רשום את הנוסחה המתארת את התהליך הרדיואקטיבי המביא להיווצרות של

כל אחד מגרעיני בת אלה. (16 נקודות)

ב. האם אפשר לקבוע מראש, לגבי גרעין ביסמוט ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ מסוים, אם הוא עתיד

להתפרק לגרעין ${}_{84}^{211}\text{Po}$ או לגרעין ${}_{81}^{207}\text{Tl}$? הסבר. (10 נקודות)

ג. חלק מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט ממשיכים להתפרק בתהליך α

לאיזוטופ יציב של עופרת, ${}_{82}\text{Pb}$.

חלק אחר מגרעיני הבת שהתקבלו מהתפרקות הביסמוט מתפרק בתהליך β ,

לאותו איזוטופ של עופרת.

כתוב את הנוסחאות המתארות את שני התהליכים. ציין את מספרי המסה

ואת המספרים האטומיים של כל הגרעינים המעורבים בכל אחד מהתהליכים.

(14 נקודות)

ד. זמן מחצית החיים של גרעין ${}_{84}^{211}\text{Po}$ הוא 0.52 שניות.

זמן מחצית החיים של גרעין ${}_{81}^{207}\text{Tl}$ הוא 4.77 דקות.

ברגע מסוים נמצאים λ מדגם של גרעיני ביסמוט שבתהליך התפרקות

10^{18} גרעיני ${}_{84}^{211}\text{Po}$ ו- 10^{21} גרעיני ${}_{81}^{207}\text{Tl}$.

(1) חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של

העופרת, שמקורם בגרעיני ה- ${}_{84}^{211}\text{Po}$ (ביחידות של גרעינים לשנייה).

(5 נקודות)

(2) חשב, עבור אותו רגע, את קצב ההצטברות של גרעיני האיזוטופ היציב של

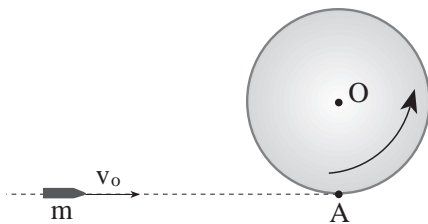
העופרת, שמקורם בגרעיני ה- ${}_{81}^{207}\text{Tl}$. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. הספקטרום הנפלט מגז של מימן (חד-אטומי) שעוֹרָר לרמה הרביעית ($n = 4$), כולל 6 קווים ספקטרליים.
- א. אחד הקווים הספקטרליים מתאים לאורך גל של 6563 \AA .
חשב את האנרגיה של פוטון, שזה אורך הגל שלו. (10 נקודות)
- ב. (1) חשב את ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן. (8 נקודות)
(2) סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן. (4 נקודות)
- ג. למעבר בין אילו שתי רמות אנרגיה מתאים הקו הספקטרלי שאורך הגל שלו 6563 \AA ? נמק. (12 נקודות)
- ד. נתון מְכָל שקוף המכיל גז מימן (חד-אטומי) הנמצא ברמת היסוד. דרך מכל זה העבירו את האור הנפלט מגז מימן שעוֹרָר לרמה הרביעית, והגז שבמכל בלע פוטונים בשלושה אורכי גל.
הסבר מדוע הגז שברמת היסוד בלע פוטונים בשלושה אורכי גל ולא בשישה אורכי גל. (16 נקודות)

פרק שלישי – מכניקה של גוף קשיח

5. התרשים שלפניך מתאר, במבט מלמעלה, דסקה שהמסה שלה $M = 5 \text{ kg}$ והרדיוס שלה 1 m . הדסקה מסתובבת ללא חיכוך סביב ציר אנכי O שעובר במרכז. המהירות הזוויתית של הדסקה היא $10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, וכיוון התנועה הוא כמתואר בתרשים.



קליע שמסתו $m = 100 \text{ g}$ פוגע בנקודה A

שעל היקף הדסקה במהירות

שגודלה $v_0 = 100 \text{ m/s}$ (ראה תרשים).

ההתנגשות בין הקליע לדסקה היא התנגשות

פלסטית, ומשך ההתנגשות קצר מאוד.

א. איזה או אילו מהגדלים הפיזיקליים (1)-(5) נשמרים בהתנגשות זו?

(1) האנרגיה הקינטית של הדסקה

(2) האנרגיה הקינטית הכוללת (דסקה עם קליע)

(3) התנע הזוויתי של הדסקה

(4) התנע הזוויתי הכולל (דסקה עם קליע)

(5) התנע הקווי של הקליע

נמק את תשובתך. (12 נקודות)

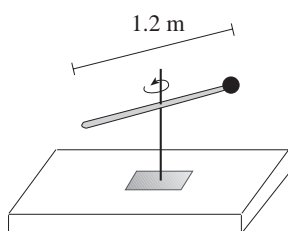
ב. חשב את המהירות הזוויתית של הדסקה עם הקליע לאחר ההתנגשות. (15 נקודות)

ג. כמה אנרגיה "אבדה" בהתנגשות? (15 נקודות)

ד. מפעילים על הדסקה (עם הקליע) כוח משיקי שגודלו קבוע, והיא נעצרת

לאחר 3 סיבובים.

חשב את גודל המומנט שגרם לעצירת הדסקה (עם הקליע). (8 נקודות)



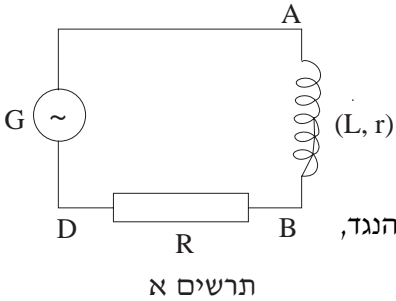
6. אל קצה של מוט אחיד, שאורכו 1.2 m ומסתו 6.4 kg, מחובר כדור קטן שמסתו 1.6 kg. המוט מסתובב במישור אופקי מסביב לציר אנכי העובר במרכזו (ראה תרשים).

ברגע $t = 0$ המהירות הזוויתית של המוט היא $\omega = 78\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, וכתוצאה מהחיכוך בין המוט לבין הציר, המוט נעצר ברגע $t = 32 \text{ s}$. בהנחה שהמומנט קבוע, חשב:

- א. את התאוצה הזוויתית של המוט. (12 נקודות)
- ב. את המומנט של כוחות החיכוך. (12 נקודות)
- ג. את העבודה הנעשית על-ידי כוחות החיכוך מהרגע $t = 0$ עד לרגע $t = 32 \text{ s}$. (13 נקודות)

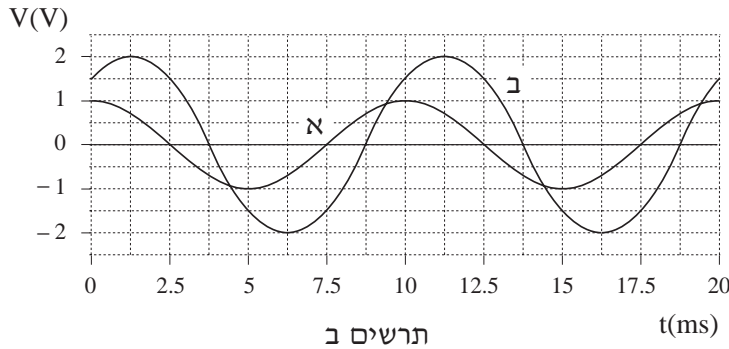
ד. את מספר הסיבובים של המוט עד העצירה. (13 נקודות)

פרק רביעי – זרם חילופין



7. נגד R שהתנגדותו $R = 20 \Omega$ וסליל לא אידאלי (L, r) מחוברים בטור למקור זרם חילופין G שהתנגדותו זניחה (ראה תרשים א). באמצעות שני חיישני מתח, המחוברים אל הסליל ואל הנגד, מודדים את V_{AB} ואת V_{BD} כפונקציה של הזמן. תרשים א

הגרף בתרשים ב מתאר את תוצאות המדידות.



- א. מן הגרף אפשר להסיק שעקום א מייצג את V_{AB} , ועקום ב מייצג את V_{BD} .
 הסבר כיצד אפשר להסיק זאת. (7 נקודות)
- ב. היעזר בגרף ומצא:
 (1) את תדירות המקור (שים לב כי יחידות ציר הזמן בגרף הן אלפיות שנייה).
 (7 נקודות)
- (2) את הערך המרבי של המתח בין קצות הנגד. (4 נקודות)
- (3) את הערך המרבי של המתח בין קצות הסליל. (4 נקודות)
- (4) את הפרש המופע (בערך מוחלט) בין המתח שבין קצות הסליל לבין המתח שבין קצות הנגד. (7 נקודות)
- ג. חשב את הערך המרבי של הזרם במעגל. (8 נקודות)
- ד. חשב את השָׂרָאוֹת הסליל, L , ואת התנגדותו, r . (13 נקודות)
- /המשך בעמוד 9/

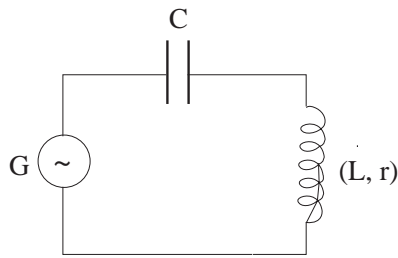
8. נתונים:

קבל C

סליל לא אידאלי שהשָׂרָאוֹתוֹ $L = 19.9 \text{ mH}$ והתנגדותו $r = 13 \Omega$.

הקבל והסליל מחוברים בטור למקור מתח חילופין G, שתדירותו ניתנת לשינוי והתנגדותו

זניחה (ראה תרשים).



מְשַׁנֵּים את התדירות של מקור המתח, עד שהמתח בין קצות הקבל שווה למתח בין קצות

הסליל ושווה למתח המקור: $V_C = V_L = V_G$ (כל המתחים הם מתחים אפקטיביים).

א. סרטט דיאגרמת מתחים של המעגל, וציין בה את שלושת המתחים:

ב. היעזר בדיאגרמה שסרטטת וחשב: V_C, V_L, V_G (6 נקודות)

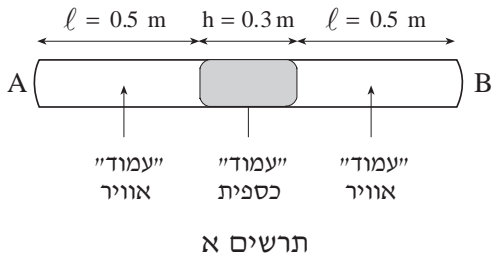
ג. חשב את תדירות המקור. (1) את הפרש המופע בין מתח המקור לזרם במעגל. (10 נקודות)

ד. חשב את קיבול הקבל C. (2) את הפרש המופע בין המתח על הסליל לזרם במעגל. (10 נקודות)

ה. חשב את תדירות המקור. (12 נקודות)

ו. חשב את קיבול הקבל C. (12 נקודות)

פרק חמישי – תורת הנוזלים והגזים



9. בתוך צינור AB, הסגור בשני קצותיו, כלא "עמוד" כספית שאורכו $h = 0.3 \text{ m}$. כשהצינור מונח במצב אופקי, האורך של כל אחד משני "עמודי" האוויר בצינור הוא $l = 0.5 \text{ m}$ (ראה תרשים א).

כאשר הצינור נמצא במצב אנכי, אורך "עמוד" האוויר התחתון הוא $l' = 0.4 \text{ m}$ (ראה תרשים ב).

א. (1) חשב מה היה הלחץ בכל אחד מ"עמודי" האוויר

כשהצינור היה במצב אופקי. (10 נקודות)

(2) חשב את הלחץ ב"עמוד" האוויר התחתון

כשהצינור במצב אנכי. (10 נקודות)

ב. הלחץ האטמוספרי הוא $P_A = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

כשהצינור במצב אנכי, חשב מה יהיה המרחק בין

תחתית הצינור (B) למשטח התחתון של הכספית:

(1) אם יפתחו את הקצה העליון (A) של הצינור. (10 נקודות)

(2) אם במקום לפתוח את הקצה העליון (A), יפתחו את הקצה התחתון (B)

של הצינור. (10 נקודות)

ג. לצמח מסוים יש עלים שטוחים ודקים הגדלים במקביל לקרקע.

נתון עלה ששטח המשטח העליון שלו הוא 10 cm^2 .

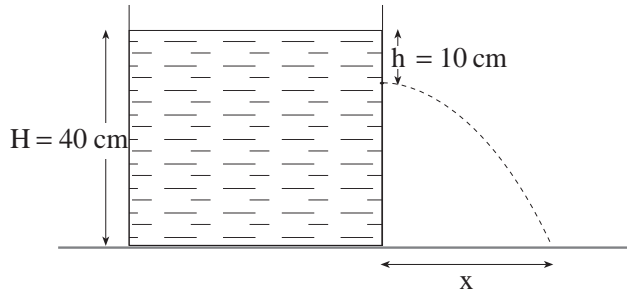
(1) חשב את הכוח שהאטמוספירה מפעילה על המשטח העליון של העלה.

(5 נקודות)

(2) מדוע אין העלה נדחק כלפי הקרקע? (5 נקודות)

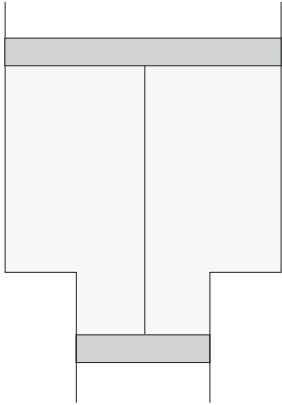
10. על שולחן ניצב כלי ובו מים. גובה פני המים $H = 40 \text{ cm}$.

בדופן הכלי מנקבים נקב קטן בעומק $h = 10 \text{ cm}$ מתחת לפני המים (ראה תרשים).



- א. חשב את מהירות המים היוצאים מן הנקב מיד לאחר הניקוב. (15 נקודות)
- ב. חשב את המרחק האופקי x מדופן הכלי עד לנקודת הפגיעה של המים בפני השולחן. (10 נקודות)
- ג. אפשר היה לנקב את הנקב הקטן בעומק אחר מתחת לפני המים, h' , באופן שהמרחק האופקי עד לנקודת הפגיעה של המים עם השולחן יהיה שווה למרחק x שחישבת בסעיף ב.
- מצא את h' . (15 נקודות)
- ד. מצא באיזה עומק מתחת לפני המים יש לנקב נקב קטן בדופן הכלי, כדי שהמרחק האופקי יהיה הגדול ביותר. (10 נקודות)

פרק שישי – תרמודינמיקה



11. בכלי המתואר בתרשים שלפניך כלוא, בין שתי בוכנות הנמצאות במנוחה, 0.1 מול של גז אידיאלי חד-אטומי. שטח החתך של הבוכנה התחתונה קטן ב- 10 cm^2 משטח החתך של הבוכנה העליונה. המסה של כל אחת מהבוכנות היא 2.5 kg , והן מחוברות זו לזו באמצעות תיל שאורכו אינו משתנה. החיכוך בין הבוכנות לדופנות הכלי זניח.

הלחץ האטמוספרי מחוץ לכלי הוא $P_A = 10^5 \text{ N/m}^2$, וטמפרטורת הגז בכלי שווה לטמפרטורת הסביבה, שהיא 300 K .

א. (1) קבע אם הלחץ בתוך הכלי קטן מן הלחץ האטמוספרי או גדול ממנו. נמק. (10 נקודות)

(2) חשב את לחץ הגז בכלי. (10 נקודות)

ב. חשב את נפח הגז בכלי. (10 נקודות)

מחממים את הגז בתהליך איזובארי, והבוכנות עולות ב- 5 cm . (הבוכנה התחתונה עדיין נשארת בחלק הצר של הכלי.)

ג. חשב בכמה עלתה טמפרטורת הגז בעקבות החימום. (10 נקודות)

ד. חשב את כמות החום שהועברה לגז. (10 נקודות)

12. גז דו-אטומי, המתנהג כגז אידאלי, נמצא במְּכָל שנפחו $V_0 = 8 \ell$ בטמפרטורה של

$$T_0 = 300 \text{ K} \quad \text{ובלחץ של} \quad P_0 = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

מגדילים את נפח המכל ל- $V_1 = 12 \ell$; במהלך התפשטות הגז הלחץ נמצא ביחס ישר

לנפח ($P = aV$, כאשר a קבוע).

$$\text{לחץ הגז בסוף תהליך ההתפשטות הוא} \quad P_1 = 1.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

טמפרטורת הגז בסוף תהליך ההתפשטות היא T_1 .

א. חשב את השינוי שחל בטמפרטורת הגז: $\Delta T = T_1 - T_0$. (10 נקודות)

ב. חשב מה היה נפח הגז כאשר טמפרטורת הגז הייתה $T_0 + \frac{\Delta T}{2}$. (10 נקודות)

ג. חשב את השינוי שחל באנרגיה הפנימית של הגז בהתפשטות מ- V_0 ל- V_1 .

(10 נקודות)

ד. חשב את העבודה שנעשתה על-ידי הגז בהתפשטות מ- V_0 ל- V_1 . (10 נקודות)

ה. האם חום עבר מהסביבה אל הגז שבמכל, או מהגז שבמכל אל הסביבה? נמק.

(10 נקודות)

פרק שביעי – תורת היחסות הפרטית

13. א. לפניך טרנספורמציות לורנץ:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

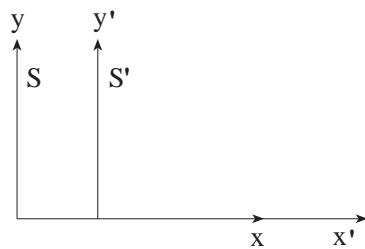
$$t' = \frac{t - v\frac{x}{c^2}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

מה מייצג כל אחד מהסימנים: t' , t , x' , x ? (12 נקודות)

שתי מערכות ייחוס S ו- S' נעות במהירות קבועה (v) זו ביחס לזו, כמתואר בתרשים.

בזמן $t = t' = 0$ ראשית הצירים של מערכת S' מתלכדת עם ראשית הצירים של

מערכת S .



ברגע $t = t' = 0$ נוצר ברק המלווה ברעם, בראשית של המערכת S .

במערכת S מהירות האור היא c , ומהירות הקול היא u .

ב. (1) האם מהירות התפשטות האור במערכת S' שווה ל- c או שונה מ- c ? נמק.

(7 נקודות)

(2) האם מהירות התפשטות הקול בכיוון x' במערכת S' שווה ל- u או

שונה מ- u ? נמק. (7 נקודות)

ג. בזמן $t = t_1$ אור הברק מגיע למרחק $x = ct_1$ מראשית הצירים של מערכת S .

הוכח בעזרת טרנספורמציות לורנץ שבזמן $t' = t'_1$ האור מגיע למרחק $x' = ct'_1$

מן הראשית של מערכת S' . (24 נקודות)

/המשך בעמוד 15/

14. א. הסבר בקצרה שתי תופעות אלה:

(1) התארכות הזמן. (7 נקודות)

(2) התקצרות האורך. (7 נקודות)

התארכות הזמן והתקצרות האורך באות לידי ביטוי בדעיכה (התפרקות) של חלקיקים אנרגטיים של הקרינה הקוסמית. נתון חלקיק כזה, הנוצר בגובה 10 km מעל פני הקרקע ונע ישר למטה במהירות שגודלה $0.99c$ ביחס לקרקע.

ב. מהו המרחק בין החלקיק לקרקע ברגע יצירת החלקיק, במערכת הייחוס הנעה עם החלקיק? הסבר. (15 נקודות)

ג. ביחס למערכת הנעה עם החלקיק, החלקיק מתפרק $3 \mu\text{s}$ (3×10^{-6} s) לאחר היווצרותו.

האם החלקיק מגיע לקרקע לפני התפרקותו? נמק. (15 נקודות)

ד. חשב מה צריכה להיות המהירות המינימלית של החלקיק ביחס לקרקע, כדי שהוא יגיע לקרקע לפני התפרקותו. (6 נקודות)

בהצלחה!