

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על-יסודיים  
מועד הבחינה: ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים  
מספר השאלון: 657,036003  
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל-5 יח"ל

## פיזיקה קרינה וחומר

לתלמידי 5 יחידות לימוד

### הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה —  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.

(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו. (התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן. כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן. לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות. רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במקרה הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית  $g$  או מהירות האור  $c$ .

(4) בחישוביך השתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. השתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה). רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

**בהצלחה!**

## השאלות

ענה על שלוש מהשאלות 5-1.

(לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. באמבט גלים נמצאים שני כדורים המתנוודים בתדירות 25 Hz. הכדורים משמשים שני מקורות

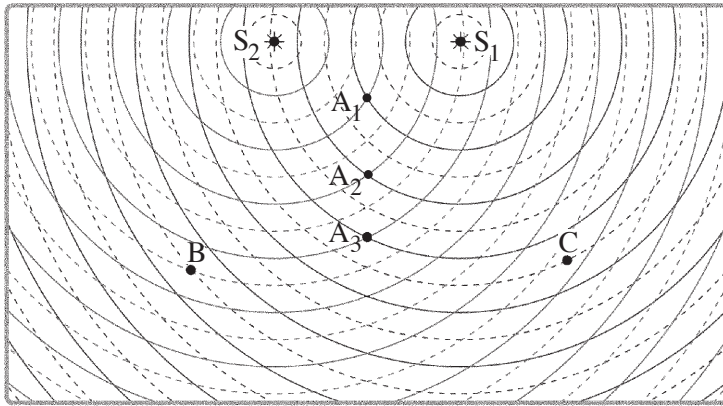
נקודתיים,  $S_1$  ו-  $S_2$ , לגלים מעגליים שווי מופע.

מקומן של נקודות השיא (מקסימום) של כל גל בנפרד ברגע מסוים מסומנות בתרשים שלפניך

בקוים רציפים, ומקומן של נקודות השפל (מינימום) של כל גל בנפרד באותו רגע מסומנות

בקוים מקווקווים.

הגל שיוצר כל אחד משני הכדורים מתפשט במים במהירות  $50 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ .



א. חשב את אורך הגל,  $\lambda$ , שיוצר כל אחד משני הכדורים. (8 נקודות)

ב. בתרשים מסומנות שלוש הנקודות  $A_1$ ,  $B$  ו-  $C$ . קבע אם נוצרת בכל אחת משלוש הנקודות האלה התאבכות בונה או התאבכות הורסת או שהנקודה היא נקודת ביניים.

נמק את קביעותיך. (9 נקודות)

ג. (1) קבע על פי התרשים: כמה קווי מקסימום יש בתבנית ההתאבכות?

(2) מהו הסדר המרבי של קווי המקסימום?

(8 נקודות)

ד. היעזר בתרשים וקבע אם המרחק  $A_2 A_3$  גדול מאורך הגל  $\lambda$ , קטן ממנו או שווה לו.

נמק. ( $5\frac{1}{3}$  נקודות).

ה. הנח שאין איבוד אנרגיה לסביבה, וקבע אם ברגע המתואר בתרשים גובה פני המים

בנקודה  $A_3$  גדול יותר, קטן יותר או שווה לגובה פני המים בנקודה  $A_1$ .

(3 נקודות)

2. המודל הגלי של האור התבסס במאה ה־19, בעקבות תוצאות ניסויים שנמצא בהם כי לאור יש מאפיינים של גלים מכניים. הפיזיקאי הצרפתי אוגוסטין פרנל שחקר את תופעת העקיפה השתמש בניסוייו באור השמש ובתילי מתכת.

פרנל מצא שכאשר אלומה מקבילה של אור פוגעת בתיל שקוטרו קטן, מתקבלת על מסך תבנית עקיפה הדומה לתבנית המתקבלת כאשר אלומת האור עוברת מבעד לסדק. כלומר שאפשר להתייחס אל התיל כאל סדק שרוחבו שווה לקוטר התיל.

א. תלמידים עורכים שלושה ניסויים (1)-(3), ובכל אחד מהם מוקרנת אלומת אור שאורך הגל שלה הוא  $\lambda$  על תילים בעלי קטרים שונים. לאחר פגיעת האור בתילים הוא ממשיך להתקדם ופוגע במסך.

לפניך קוטרי התילים בשלושת הניסויים:

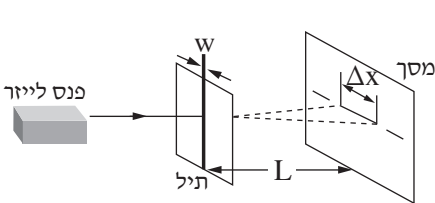
$$W = 10\lambda \quad (1)$$

$$W = 100\lambda \quad (2)$$

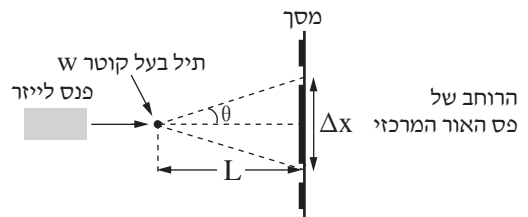
$$W = 1,000\lambda \quad (3)$$

קבע באיזה משלושת הניסויים רוחב פס האור המרכזי שמתקבל על המסך הוא הגדול ביותר. נמק את קביעתך. (4 נקודות)

התלמידים משחזרים את ניסוי פרנל באמצעות המערכת שמוצגת בתרשימים 1, 2 שלפניך.



תרשים 2: מבט מן הצד



תרשים 1: מבט מלמעלה

הזווית  $\theta$  מגדירה את הרוחב של פס האור המרכזי (ראה תרשים 1).

$\lambda$  – אורך הגל של מקור האור (הלייזר)

$L$  – מרחק התיל מן המסך

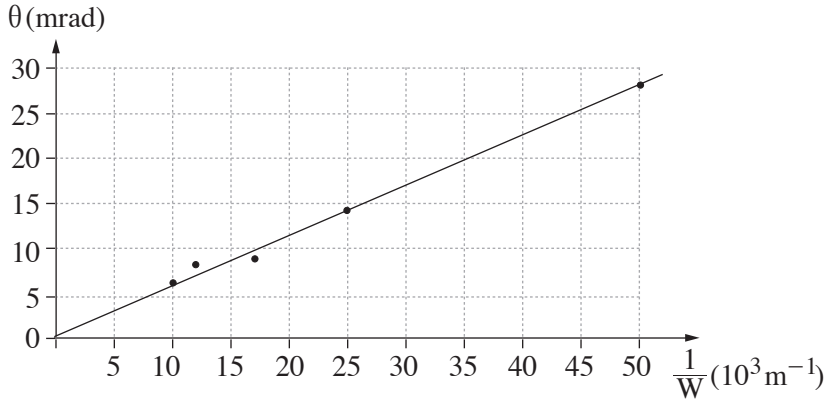
$W$  – קוטר התיל

$\Delta x$  – הרוחב של פס האור המרכזי

נתון כי בתנאי הניסוי  $\sin \theta \approx \tan \theta$

ב. הוכח שבמערכת הניסוי מתקיים הקשר:  $\Delta x = 2 \frac{\lambda L}{W}$ . (8 נקודות)

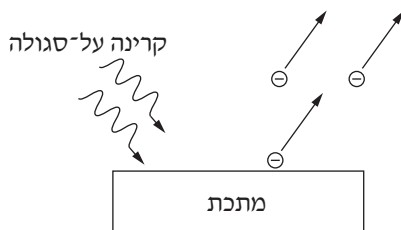
התלמידים משתמשים בתילים בעלי קטרים שונים, ומודדים עבור כל תיל את הזווית  $\theta$  שעבורה מתקבלת על המסך נקודת הצומת הראשונה. את תוצאות המדידות הם מציגים בגרף של הזווית  $\theta$  (במילי־רדיאן, mrad) כפונקציה של  $\frac{1}{W}$ . קוטר התיל  $W$  נמדד במילימטרים ( $10^{-3} \text{ m}$ ). שים לב: בזוויות קטנות הנמדדות ברדיאנים  $\sin \theta \approx \theta$ .



- ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר. (8 נקודות)
- ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תדירותו. (10 נקודות)
- ה. בסוף הניסוי אמר אחד התלמידים: "פרנל השתמש בניסוי שלו באור השמש, ולכן על המסך שלו התקבלה תבנית שאינה זהה לתבנית שאנחנו קיבלנו". האם צדק התלמיד? נמק את תשובתך. (3  $\frac{1}{3}$  נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. בשנת 1887 גילה היינריך הרץ כי אם מטילים קרינה על-סגולה על מתכת שהאוויר סביבה הוא ניטרלי מבחינה חשמלית, האוויר שבקרבת המתכת נטען במטען חשמלי שלילי (ראה תרשים). לאחר כמה שנים כונתה תופעה זו "האפקט הפוטו-אלקטרי".



קבוצה I וקבוצה II של תלמידי פיזיקה החליטו לשחזר את הניסוי של הרץ. לשם כך הם ערכו ניסויים שבהם הטילו על לוח מתכת בלתי טעון אלומות קרינה מונוכרומטיות שהתדירויות שלהן ידועות. האלומות הוטלו זו אחר זו, ועבור כל תדירות של אלומה מדדו התלמידים את הפוטנציאל של לוח המתכת אחרי התייצבותו לעומת מצבו ההתחלתי (הבלתי טעון). פוטנציאל הלוח נמדד באמצעות מכשיר מדידה מיוחד ללא צורך בחיבור המתכת למעגל חשמלי. תוצאות המדידות של קבוצה I מוצגות בטבלה 1.

טבלה 1: תוצאות המדידות (קבוצה I)

|      |      |      |      |      |     |     |                                  |
|------|------|------|------|------|-----|-----|----------------------------------|
| 12.0 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | תדירות הקרינה<br>( $10^{14}$ Hz) |
| 0.86 | 0.67 | 0.5  | 0.3  | 0.03 | 0   | 0   | פוטנציאל הלוח<br>(V)             |

- א. על פי ערכי טבלה 1, סרטט גרף של הפוטנציאל של לוח המתכת כפונקציה של תדירות הקרינה הפוגעת בו. (8 נקודות)
- ב. בגרף שסרטטת, מהי המשמעות הפיזיקלית של נקודת החיתוך של החלק הנטוי של העקומה עם הציר האופקי? (4 נקודות)
- ג. באמצעות הגרף שסרטטת מצא את פונקציית העבודה של המתכת. הסבר את שיקולך. ( $8\frac{1}{3}$  נקודות)
- ד. באחד השלבים של הניסוי, פוטנציאל הלוח היה  $0.3V$ . התלמידים הקרינו על הלוח אלומת קרינה בתדירות של  $11.0 \cdot 10^{14}$  Hz (ראה טבלה 1).
- (1) הסבר מדוע השתחררו אלקטרונים מלוח המתכת.
- (2) מה קרה לפוטנציאל הלוח בעקבות השתחררות האלקטרונים?  
(9 נקודות)

קבוצה II רצתה לאמת את ממצאי הניסויים של קבוצה I.  
 על לוח מתכת אחר, בלתי טעון, הטילו תלמידי קבוצה זו אלומות בתדירויות המוצגות בטבלה 1,  
 זו אחר זו, ומדדו גם הם עבור כל תדירות את ערכי הפוטנציאל של הלוח לעומת מצבו ההתחלתי.  
 תוצאות המדידות מוצגות בטבלה 2.

**טבלה 2: תוצאות המדידות (קבוצה II)**

|      |      |      |      |      |     |     |   |
|------|------|------|------|------|-----|-----|---|
| 12.0 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | <b>תדירות הקרינה</b><br>( $10^{14}$ Hz) |
| 0.67 | 0.5  | 0.3  | 0.03 | 0    | 0   | 0   | <b>פוטנציאל הלוח</b><br>(V)             |

ה. כפי שעולה מטבלה 1 ומטבלה 2, יש הבדלים בין תוצאות המדידות של שתי הקבוצות.

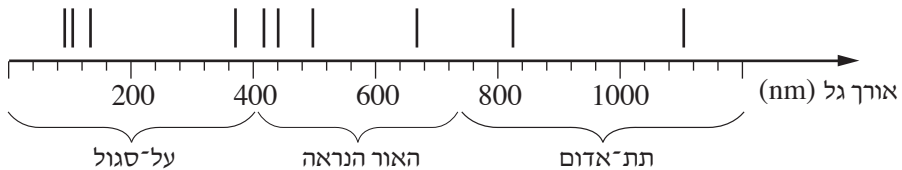
התלמידים הציעו כמה הסברים להבדלים אלה.

קבע איזה מן המשפטים (1)-(4) שלפניך יכול לספק הסבר נכון להבדלים האלה, ונמק  
 את קביעתך. (4 נקודות)

- (1) בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה גבוהה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.
- (2) בקבוצה I השתמשו בקרינה שעוצמתה נמוכה מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.
- (3) בקבוצה I השתמשו בלוח העשוי מתכת אחרת מזו שהשתמשו בה בקבוצה II.
- (4) קבוצה I הציבה את הלוח המתכת קרוב יותר למקור הקרינה מאשר הציבה אותו קבוצה II.

4. א. חשב את האנרגיה של ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן, ואת אנרגיית היינון שלו. פרט את חישוביך, והצג את תוצאות החישוב בדיאגרמת רמות אנרגיה. (9 נקודות).

כוכב הוא גרם שמים לוהט, המפיק בליבה שלו קרינה אלקטרומגנטית בתחום רחב ורציף של אורכי גל, ופולט אותה. כאשר הקרינה עוברת דרך אטמוספירת הכוכב נבלעים בה כמה אורכי גל. ניתוח של ספקטרה (לשון רבים של ספקטרום) הקרינות המגיעות מכוכבים לארץ מספק מידע על ההרכב הכימי של אטמוספרות הכוכבים. מתברר שיש אטומי מימן באטמוספירה של רוב הכוכבים. בתרשים שלפניך מוצג ציר אורכי הגל, ועליו חלק מספקטרום הבליעה של הגז מימן חד-אטומי.



ב. הסבר מדוע בספקטרה של קרינת הכוכבים יש קווי בליעה באורכי גל מסוימים, כפי שמוצג בתרשים.  $(5\frac{1}{3}$  נקודות).

ג. (1) חשב את אורך הגל שיכול להעביר אטום מימן מרמת היסוד לרמה המעוררת הראשונה. (2) היעזר בתרשים וקבע לאיזה תחום של הספקטרום שייך אורך גל זה – אור נראה, קרינה על-סגולה או קרינה תת-אדומה. (6 נקודות)

ידוע כי ככל שהטמפרטורה של פני הכוכב גבוהה יותר, כך גדל הסיכוי שאטומי הגז של האטמוספירה שלו יהיו ברמות מעוררות גבוהות יותר.

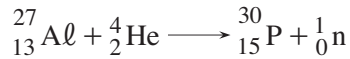
ד. קו הבליעה הספקטרלי בעל אורך הגל הגדול ביותר בתחום האור הנראה, מתקבל כאשר האלקטרונים יוצאים מהרמה  $n = 2$ .

לאיזו רמה עברו האלקטרונים כשהתקבל קו בליעה זה? נמק. (7 נקודות)

ה. מדענים מצאו שבספקטרום של כוכב אי-אפשר לראות בבת אחת את כל קווי הבליעה המתאימים לאטום המימן.

יש כוכבים שבספקטרה שלהם נראים קווי הבליעה של מימן בתחום התת-אדום בלבד. האם הכוכבים האלה חמים יותר או קרים יותר מכוכבים אחרים, שבספקטרום שלהם מופיעים קווי בליעה בתחום האור הנראה והעל-סגול? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

5. כאשר מפציצים אלומיניום ( $Al$ ) בחלקיקי  $\alpha$ , אחת התגובות שיכולה להתרחש בעקבות זאת היא היווצרות של איזוטופ זרחן ( $P$ ), המלווה בפליטה של נויטרון. תגובה זו מתוארת במשוואה שלפניך:



- א. הראה כי במשוואה זו מתקיימים שימור של מספר הנוקלאונים ושימור של המטען החשמלי. (8 נקודות)
- בשנת 1932 גילה הפיזיקאי האמריקני קארל אנדרסון את הפוזיטרון, שהוא ה"אנטי-חלקיק" של האלקטרון. מסת הפוזיטרון שווה למסת האלקטרון, אך המטען החשמלי של הפוזיטרון הוא חיובי, ושווה בגודלו לגודל של מטען האלקטרון.
- ב. איזוטופ הזרחן שנוצר בפתיח לשאלה הוא רדיואקטיבי. הוא מתפרק על ידי פליטה של פוזיטרון ( ${}_{+1}^0e$ ), ומתקבל איזוטופ יציב של צורן,  $Si$ .
- (1) הסבר את המושג "רדיואקטיבי".
- (2) רשום את המשוואה המייצגת את תגובת הפירוק של איזוטופ הזרחן. (11  $\frac{1}{3}$  נקודות)
- ג. זמן מחצית החיים של איזוטופ הזרחן הוא 150 s. חשב איזה חלק מדגימה של איזוטופ הזרחן יישאר ממנה 450 s לאחר יצירתה. (8 נקודות)
- ד. זמן החיים של פוזיטרון שנוצר בתגובה המתוארת בסעיף ב הוא קצר. בתגובה שלו עם אלקטרון, הפוזיטרון והאלקטרון מתאינים (מתחסלים), ונוצרים שני פוטונים גמא בעלי אותה תדירות.
- (1) הסבר כיצד תגובה זו מתיישבת עם עקרון שימור האנרגיה.
- (2) חשב את האנרגיה של כל אחד משני הפוטונים שנוצרים. (6 נקודות)

## בהצלחה!