

## 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-דישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי-דישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
  - (3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי שיכלול את נתוני השאלה או את 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 כגיטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. דישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

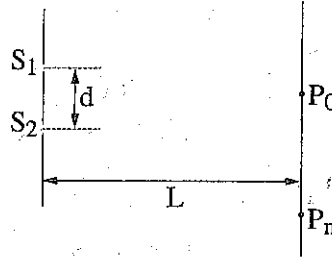
המשך מעבר לדף

## השאלות

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

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

1. בתרשים שלפניך מתוארת לוחית אטומה שבה שני חריצים צרים ומקבילים זה לזה:  $S_1$  ו-  $S_2$ . המרחק בין החריצים הוא  $d$ . אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור צהוב פוגעת בניצב ללוחית. אורך הגל של האור הצהוב מסומן ב-  $\lambda_{\text{צהוב}}$ . על מסך המקביל ללוחית, הנמצא במרחק  $L$  ממנה, מתקבלת תבנית התאבכות של האלומה.  $P_0$  היא מרכז תבנית ההתאבכות, ו-  $P_n$  היא נקודת מקסימום מסדר  $n$  של התבנית.



- א. בטא את הפרש המרחקים  $S_1P_n - S_2P_n$  באמצעות הפרמטרים שבפתיח (או באמצעות חלק מהם).

שים לב:  $S_1P_n > S_2P_n$ . (7 נקודות)

- ב. בניסויים של התאבכות אור (אור נראה) משני חריצים מקבילים מוצאים את אורך הגל באמצעות נוסחה מקורבת. הסבר מדוע אין משתמשים בסרגל למדידות של  $S_1P_n$  ו-  $S_2P_n$  ובביטוי שמצאת בסעיף א, אף על פי שביטוי זה אינו מקורב. (6 נקודות)

- ג. מחליפים את האלומה של האור הצהוב באלומה של אור כחול, שאורך הגל שלו,  $\lambda_{\text{כחול}}$ , מקיים  $\lambda_{\text{כחול}} < \lambda_{\text{צהוב}}$ . גם אלומה זו מונוכרומטית, מקבילה ופוגעת בניצב ללוחית. האם המרחק בין מרכז תבנית ההתאבכות,  $P_0$ , ובין נקודת המקסימום מסדר  $n$  באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק. (7 נקודות)

ד. נתון:  $d = 0.06 \text{ mm}$ ,  $\lambda_{\text{כחול}} = 440 \text{ nm}$  ו-  $L = 0.8 \text{ m}$ .

- חשב את הרוחב של פס מקסימום בתבנית ההתאבכות שהתקבלה באור כחול. (8 נקודות)

- ה. מחליפים את אלומת האור הכחול באלומה מקבילה של אור לבן. כיצד ייראה פס המקסימום מסדר אפס? הסבר מדוע.

( $5\frac{1}{3}$  נקודות).

המשך בעמוד 3

2. א. ספקטרום הפליטה של אטום המימן הוא בדיד, כיצד אפשר להסביר עובדה זו באמצעות "מודל האטום של בוהר"? (5 נקודות)
- ב. בעזרת "מודל האטום של בוהר" אפשר לחשב את אנרגיית האלקטרון ברמות האנרגיה השונות של אטום המימן. כאשר רמת הייחוס לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית נבחרה באיך סוף ( $U_\infty = 0$ ), האנרגיה של המערכת גרעין-אלקטרון היא שלילית. הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של היות האנרגיה שלילית. (5 נקודות)
- ג. קבע איזו מן האפשרויות (1)-(3) היא האפשרות הנכונה להשלמת המשפט שלפניך. על פי מודל בוהר, כאשר אלקטרון עובר מרמה מעוררת לרמת היסוד:
- (1) האנרגיה של האטום גדלה.
  - (2) כוח המשיכה החשמלי הפועל על האלקטרון גדל.
  - (3) אין שינוי באנרגיית האטום.
- נמק את קביעתך. (8 נקודות)
- ד. אלומת פוטונים פוגעת באטום מימן. מצא מהי התוצאה של אינטראקציה בין פוטון מן האלומה ובין אלקטרון הנמצא ברמת היסוד  $n = 1$ , בכל אחת משתי התדירויות:
- (1) תדירות הפוטון  $f = 4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
  - (2) תדירות הפוטון  $f = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$
- (8 נקודות)
- ה. שני פוטונים A ו-B נפלטים בעקבות מעבר אלקטרונים בין שתי רמות אנרגיה באטום מימן. פוטון A נפלט במעבר בין הרמות 2 ו-1, ופוטון B נפלט במעבר בין הרמות 3 ו-2.
- (1) האם האנרגיה של פוטון A גדולה מן האנרגיה של פוטון B, קטנה ממנה או שווה לה? הסבר מדוע.
  - (2) על פי תשובתך על תת-סעיף ה(1), קבע אם אורך הגל של פוטון A גדול מאורך הגל של פוטון B, קטן ממנו או שווה לו.
- (7  $\frac{1}{3}$  נקודות)

◀ המשך בעמוד 4

3. קרינה אלקטרומגנטית מונוכרומטית, שבה לכל פוטון יש אנרגיה של  $5 \text{ eV}$ , פוגעת במתכת מסוימת ועוקרת ממנה אלקטרונים. האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו היא  $2 \text{ eV}$ .

א. הגדר את המושג "פונקציית עבודה" (אנרגיית קשר של מתכת). (6 נקודות)

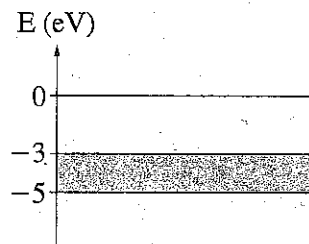
ב. חשב את "פונקציית העבודה" של המתכת המוזכרת בפתיח. (8 נקודות)

ג. חשב את גודל המהירות של האלקטרונים האנרגטיים ביותר שנעקרו מן המתכת. (8 נקודות)

לאלקטרונים החופשיים במתכת יש ערכי אנרגיה שונים, בין ערך מקסימלי לערך מינימלי. לפניך דיאגרמת אנרגיה של מתכת מסוימת; דיאגרמה זו דומה לדיאגרמת רמות אנרגיה אטומיות, אך אין מדובר בקוויס בדידים, אלא ברצף של קווים צפופים מאוד שאפשר להתייחס אליהם כאל פס יחיד שיש לו עובי.

בדיאגרמת האנרגיה שלפניך ערך האנרגיה המקסימלי של פס האנרגיה הוא  $-3 \text{ eV}$ , וערך האנרגיה המינימלי שלו  $-5 \text{ eV}$ .

לכל אלקטרון חופשי במתכת המסוימת מיוחסת אנרגיה  $E$  המקיימת  $-5 \text{ eV} \leq E \leq -3 \text{ eV}$ . לאלקטרון שנמצא במנוחה מחוץ למתכת יש אנרגיה אפס (ראה תרשים).



ד. מקרינים על המתכת קרינה מונוכרומטית שבה לכל פוטון יש אנרגיה של  $4 \text{ eV}$ . קרינה זו עוקרת מן המתכת אלקטרונים חופשיים. מהו תחום ערכי האנרגיה הקינטית של האלקטרונים האלה לאחר שנעקרו? (6  $\frac{1}{3}$  נקודות)

ה. הסבר מדוע חשוב להדגיש בפתיח שבראש העמוד שהאנרגיה הקינטית  $2 \text{ eV}$  היא של האלקטרונים האנרגטיים ביותר. (5 נקודות)

◀ המשך בעמוד 5

4. בלוטת התריס שבגוף האדם מנצלת יוד, I, ליצירת הורמון המשפיע על קצב חילוף החומרים בתאי הגוף. אם קיימים בבלוטה אזורים פגומים – היוד אינו מגיע אליהם. לצורך אבחון של פגמים בבלוטה על הנבדקים לשתות תמיסה המכילה איזוטופ רדיואקטיבי של יוד, ועל פי הקרינה הנפלסת אפשר לזהות את האזורים הפעילים של הבלוטה.
- א. בהכנת היוד הרדיואקטיבי משתמשים באיזוטופ לא יציב של טלור ( $^{131}_{52}\text{Te}$ , tellurium), שפולט קרינת  $\beta^-$  והופך לאיזוטופ רדיואקטיבי של יוד. זמן מחצית החיים של טלור הוא 25 דקות. כמה פרוטונים וכמה נויטרונים נמצאים בגרעין של האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר? (5 נקודות)
- ב. האיזוטופ הרדיואקטיבי של היוד שנוצר מטלור מתפרק ל- $^{131}_{54}\text{Xe}$ . זמן מחצית החיים של איזוטופ היוד הוא 8 ימים. רשום את המשוואה של התהליך הרדיואקטיבי הזה. (5 נקודות)
- בתחילת התהליך, ברגע  $t = 0$ , היו  $2 \cdot 10^{18}$  גרעיני  $^{131}_{52}\text{Te}$ . ברגע מסוים,  $t_1$ , הפרידו לשתי מבחנות את ה- $^{131}_{52}\text{Te}$  שנותר ואת היוד הרדיואקטיבי שנוצר. ברגע ההפרדה מספר גרעיני הטלור היה שווה למספר גרעיני היוד ( $10^{18}$  גרעינים בכל מבחנה).
- ג. (1) הגדר את המושג "פעילות רדיואקטיבית",  $R(t)$ , וציין יחידות מתאימות.  
 (2) לאיזה משני החומרים יש פעילות גדולה יותר ברגע ההפרדה? חשב פי כמה. (12 נקודות)
- ד. הסבר מדוע הזמן  $t_1$  ארוך במקצת מזמן מחצית החיים של טלור. (6 נקודות)
- ה. חשב מהו אחוז גרעיני יוד שיישארו במבחנת היוד ומהו אחוז גרעיני טלור שיישארו במבחנת הטלור כעבור יממה (24 שעות) מרגע ההפרדה. ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)

## ◀ המשך בעמוד 6

5.  $^{235}_{92}\text{U}$  הוא איזוטופ רדיואקטיבי של אורניום. בתהליך שבו נויטרון אטי פוגע בגרעין  $^{235}_{92}\text{U}$  הגרעין עשוי להתבקע. אחת האפשרויות לתוצרי ביקוע: איזוטופ של קסנון,  $^{140}_{54}\text{Xe}$ , איזוטופ של סטרונציום  $^{93}_{38}\text{Sr}$  ונויטרונים אחדים.
- א. (1) רשום את משוואת התהליך, ומצא את מספר הנויטרונים המשתחררים במהלך הביקוע.  
 (2) נמק בעזרת אחד מחוקי השימור מדוע לא ייתכן שאחד החלקיקים המשתחררים במהלך ביקוע זה הוא פרוטון.  
 (10 נקודות)
- ב. הגדר מהי "אנרגיית קשר ממוצעת לנוקלאון בגרעין". ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)
- אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון בגרעין של סטרונציום,  $^{93}_{38}\text{Sr}$ , היא  $8.61 \text{ MeV}$ , ובגרעין של אורניום,  $^{235}_{92}\text{U}$ , היא  $7.59 \text{ MeV}$ .
- ג. האם אתה מצפה שאנרגיית הקשר לנוקלאון בגרעין של קסנון,  $^{140}_{54}\text{Xe}$ , תהיה גדולה מזו שבאורניום,  $^{235}_{92}\text{U}$ , קטנה ממנה או שווה לה? נמק. (6 נקודות)
- ד. האנרגיה הקינטית הכוללת של התוצרים בתהליך המתואר בפתיח גדולה ב-  $178 \text{ MeV}$  מסך כל האנרגיה הקינטית של המגיבים.  
 חשב את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון באיזוטופ  $^{140}_{54}\text{Xe}$ .  
 (12 נקודות)

### בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל  
 אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך