



פתרון הבחינה

בפיזיקה

קיץ תשפ"ה, 2025,

שאלון קרינה וחומר 36282

מוגש ע"י צוות מורי הפיזיקה של "יואל גבע"

הערות:

1. התשובות המוצגות כאן הן בגדר הצעה לפתרון השאלון.
 2. תיתכנה תשובות נוספות, שאינן מוזכרות כאן, לחלק מהשאלות.
- הנבחנים נדרשו לענות על שלוש מהשאלות 1-5

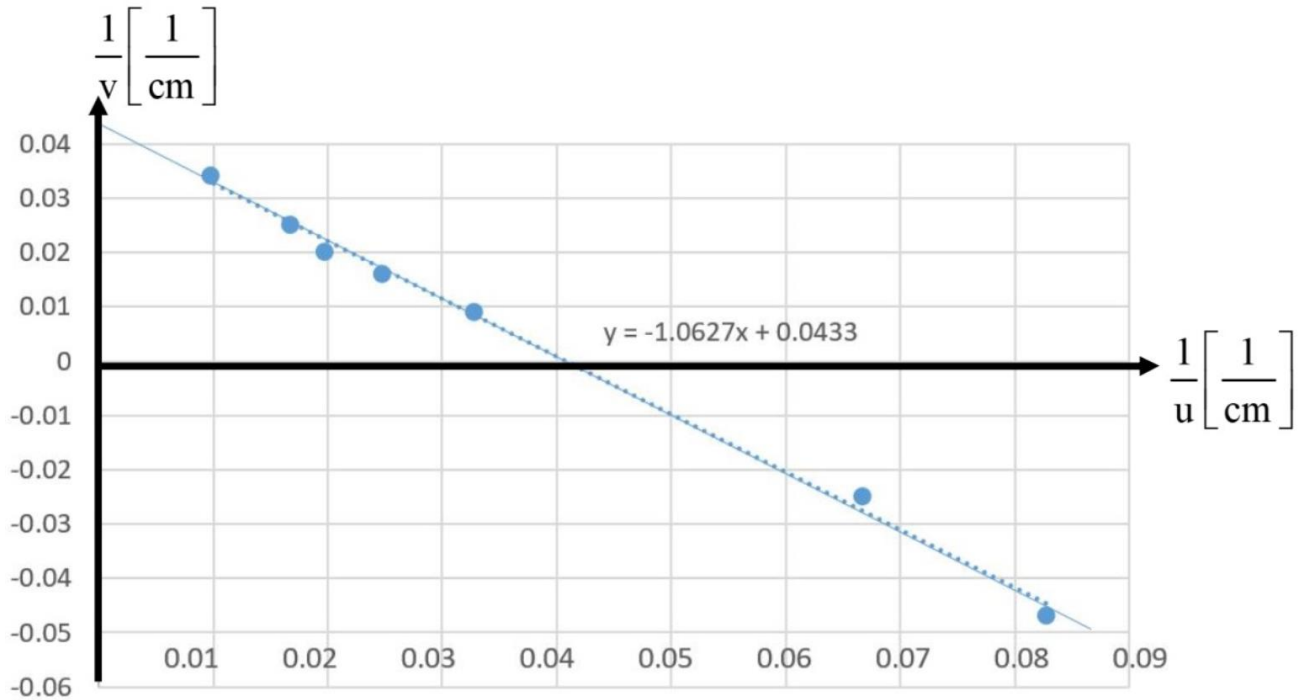


שאלה 1

א.

בעדשה מרכזת **לא תמיז** מתקבלת דמות ממשית.
אם העצם מונח בין המוקד לעדשה מתקבלת דמות מדומה, מוגדלת וישרה.
(העדשה המרכזת במקרה זה משמשת כזכוכית מגדלת).

ב.



ג.

לפי הקשר של נוסחת העדשות, ובידוד המשתנה התלוי: $\frac{1}{v} = -\frac{1}{u} + \frac{1}{f}$.

נשווה את המקדם החופשי לשיעור המתאים של נקודת החיתוך עם הציר של $\frac{1}{v}$ ונקבל: $\frac{1}{f} = 0.0433 \frac{1}{\text{cm}}$

ומכאן: $f \approx 23.1 \text{ cm}$

ד.

לפי הנכתב בסעיף קודם: $\frac{1}{f} = 0.0433 \frac{1}{\text{cm}}$. נמיר ליחידות S.I: $\frac{1}{f} = 4.33 \frac{1}{\text{m}}$

לפי הנ"ל והגדרת עוצמת עדשה ביחידות של דיופטר: $C = \frac{1}{f} \Rightarrow C = 4.33 \text{ D}$

ה.

לפי חישוב בסעיפים קודמים והנתון בסעיף זה: $u < f$.
מתקבלת דמות מדומה, ישרה ומוגדלת (כמוסבר בסעיף א').

שאלה 2

א.

נתונים: קבוע הסריג: $N^* = 5300 \text{ cm}^{-1} = 530000 \text{ m}^{-1}$ וכך שמדובר בסדר ראשון: $n = 1$.

נשתמש בנוסחת הסריג: $\sin \theta_n = n \cdot N^* \cdot \lambda$, נחלץ את אורך הגל λ ונציב את הנ"ל: $\lambda = \frac{\sin \theta_1}{1 \cdot 530000}$

נמשיך בהצבות:

$$\lambda_{12.3^\circ} = \frac{\sin 12.3^\circ}{530000} \Rightarrow \boxed{\lambda_{12.3^\circ} \approx 401.9 \text{ nm}} \quad \text{עבור זווית של } 12.3^\circ$$

$$\lambda_{13.2^\circ} = \frac{\sin 13.2^\circ}{530000} \Rightarrow \boxed{\lambda_{13.2^\circ} \approx 430.9 \text{ nm}} \quad \text{עבור זווית של } 13.2^\circ$$

$$\lambda_{16.9^\circ} = \frac{\sin 16.9^\circ}{530000} \Rightarrow \boxed{\lambda_{16.9^\circ} \approx 548.5 \text{ nm}} \quad \text{עבור זווית של } 16.9^\circ$$

$$\lambda_{17.9^\circ} = \frac{\sin 17.9^\circ}{530000} \Rightarrow \boxed{\lambda_{17.9^\circ} \approx 579.9 \text{ nm}} \quad \text{עבור זווית של } 17.9^\circ$$

ב.

נשתמש בנוסחת הסריג ובתכונות פונקציית הסינוס: $\sin \theta_n = n \cdot N^* \cdot \lambda$ ו- $\sin \theta_n \leq 1$.

$$\text{מהנ"ל: } n \cdot N^* \cdot \lambda \leq 1 \quad \text{ו-} \quad n \leq \frac{1}{N^* \cdot \lambda}$$

$$n \leq \frac{1}{N^* \cdot \lambda_{12.3^\circ}} \Rightarrow n \leq \frac{1}{N^* \cdot \frac{\sin 12.3^\circ}{N^*}} = \frac{1}{\sin 12.3^\circ} \approx 4.694 \quad \text{נציב את הביטוי לאורך הגל המתאים בקשר האחרון לעיל:}$$

לפי החישוב לעיל, הערך המקסימלי של n (n הינו מספר טבעי – שלם וחיובי) הוא: $\boxed{n_{\max} = 4}$.

א.(1)

בסדר אפס יתקבל כתם אור לבן.

יתקבל סופרפוזיציה של כל אורכי הגל המגיעים לאותה נקודה ומתאבכים התאבכות בונה.

א.(2)

בסדר ראשון יתקבל כל הספקטרום של אורכי הגל של המקור.

החל מהאור הסגול בעל אורך הגל הקצר ביותר הקרוב יותר למרכז המסך וכלה באור האדום בעל אורך הגל הארוך ביותר הרחוק ממרכז המסך.

זאת לפי נוסחת הסריג ותכונות פונקציית הסינוס ($\sin \theta_1 = 1 \cdot N^* \cdot \lambda$).

ד.

נשתמש בנוסחת הסריג ומסקנות מסעיפים קודמים.

$$\sin \theta_{1_{\max}} = 1 \cdot 530000 \cdot 700 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \theta_{1_{\max}} \approx 21.8^\circ$$

$$\sin \theta_{2_{\min}} = 2 \cdot 530000 \cdot 400 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \theta_{2_{\min}} \approx 25.1^\circ$$

מסקנה מהחישובים לעיל: **אין חפיפה** בין תבנית האור בסדר הראשון לבין תבנית האור בסדר השני שהתקבלו על המסך.

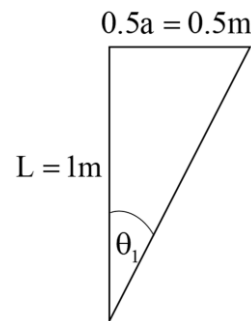
ה.

נתונים נוספים: $L = 1\text{m}$, $a = 1\text{m}$

לפי קשרים טריגונומטריים:

$$\tan \theta_1 = 0.5$$

$$\theta_1 \approx 26.6^\circ$$



לפי נוסחת הסריג: $\sin \theta_1 = 1 \cdot N^* \cdot \lambda$

$$\lambda = \frac{\sin \theta_1}{N^*} \approx \frac{\sin 26.6^\circ}{530000} \Rightarrow \boxed{\lambda \approx 843.8\text{nm}}$$

נחלץ את אורך הגל הדרוש λ :

שאלה 3

א.

היגד 3

כאשר האנרגייה של פוטון הפוגע בקתודה שווה לפונקציית העבודה של המתכת או גדולה ממנה – נפלט אלקטרון.

$$\text{נתונים: } V_0 = 1.1 \text{ V}, \lambda = 400 \text{ nm}$$

ב.

הדק b היה שלילי.

על מנת למדוד את מתח העצירה יש צורך שהקתודה תהיה הדק חיובי והאנודה תהיה הדק שלילי, כדי שהאלקטרונים שנפלטים מהקתודה יימשכו חזרה אליה ויידחו מהאנודה השלילית, וכך ייעצרו.

ג.

$$\text{נחשב את אנרגיית הפוטון לפי } E_{ph} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})} \text{ ונקבל } E_{ph} = 3.1 \text{ eV}.$$

האנרגיה הקינטית המקסימאלית של האלקטרונים הנפלטים היא $E_k = 1.1 \text{ eV}$.

$$\text{לפי נוסחת איינשטיין } E_{ph} = E_k + B \text{ נקבל } B = 2 \text{ eV}.$$

ד.

הנקודה N היא אנרגיית הפוטון המינימאלית הנדרשת ליצירת האפקט הפוטו-אלקטרי ופליטת אלקטרונים מהמתכת. הנקודה מייצגת אנרגיית פוטון השווה בדיוק לפונקציית העבודה של המתכת ומתאימה לתדירות הסף של הקרינה האלקטרומגנטית.

הנקודה M היא אנרגיית הקשר של האלקטרונים במתכת. היא אנרגיה שלילית ונדרשת עבודה חיובית ששווה לגודלה על מנת לשחרר אלקטרונים מהמתכת. היא נקודה בעלת ערך תיאורטי בלבד ולא ניתנת למדידה מעשית.

ה.

השיעור האופקי של הנקודה N שווה בדיוק לערכו המוחלט של השיעור האנכי של הנקודה M מכיוון ששתייהן מתארות את האנרגיה המינימלית הנדרשת לשחרור אלקטרון מהמתכת, זהו ערך פונקציית העבודה, או הערך המוחלט של אנרגיית הקשר, או אנרגיית הסף של הקרינה.

ו.

לא היה אפשר לבצע מדידות שעל פי התוצאות שלהן אפשר לסרטט את קטע הקו המקווקו MN מכיוון שבתחום זה של אנרגיה של קרינה אין פליטה של אלקטרונים מהמתכת והאפקט הפוטו-אלקטרי לא מתרחש. לכן לא ניתן למדוד את האנרגיה של האלקטרונים הנפלטים, כי אין כאלה.

שאלה 4

א.

לפי מודל האטום של בוהר, האלקטרון באטום יכול לאכלס רק רמות אנרגיה מסויימות המתאימות לרדיוסים המותרים. האנרגיה היא סכום של אנרגיה פוטנציאלית חשמלית עם אנרגיה קינטית. ולכן פוטון שנושא אנרגיה שאינה שווה בדיוק להפרש בין רמת היסוד לבין רמת אנרגיה מעוררת לא יוכל להבלע ולמסור את האנרגיה שלו (אין מקום לאכסן את עודף האנרגיה) וזאת לעומת עירור על ידי התנגשות עם חלקיק בעל מסה אשר יכול למסור רק חלק מהאנרגיה שלו ואת היתר הוא יכול לשמור בצורת שארית של אנרגיה קינטית אצל החלקיק המתנגש.

ב.

ההפרש האנרגטי בין רמת היסוד לבין הרמה המעוררת הראשונה היא: $E_2 - E_1 = -3.4 - (-13.6) = 10.2 \text{ eV}$

ההפרש בין רמת היסוד לרמה המעוררת השנייה היא: $E_3 - E_1 = -1.51 - (-13.6) = 12.09 \text{ eV}$

ההפרש בין רמת היסוד לרמה המעוררת השלישית היא: $E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6) = 12.75 \text{ eV}$

מכאן נובע כי רמת האנרגיה המקסימלית שאליה עוררו אטומי המימן כתוצאה מההתנגשויות היא הרמה $n = 3$

ג.

בספקטרום הפליטה היו שלושה קווים ספקטרליים המתאימים לשלושה מעברים אנרגטיים. ניעזר בקשר בין אנרגיית הפוטון באלקטרון וולט לאורך הגל בננומטרים:

$$\lambda_{3-1} = \frac{1240}{13.6 - 1.51} = \frac{1240}{12.09} = 102.63 \text{ nm}$$

$$\lambda_{2-1} = \frac{1240}{13.6 - 3.4} = \frac{1240}{10.2} = 121.57 \text{ nm}$$

$$\lambda_{3-2} = \frac{1240}{3.4 - 1.51} = \frac{1240}{1.89} = 656.08 \text{ nm}$$

בתחום האור הנראה יש קו ספקטרלי אחד המתאים למעבר מרמה $n = 3$ לרמה $n = 2$

אורך הגל הוא $\lambda_{3-2} = 656.08 \text{ nm}$

ד.

האנרגיה המינימלית הדרושה בכדי ליינן אטום מימן מרמת היסוד היא 13.6 אלקטרון וולט והיא מתאימה לאורך הגל המרבי:

$$\lambda = \frac{1240}{13.6} = 91.2 \text{ nm}$$

ה.

אורך גל קצר יותר מתאים לאנרגיות גבוהות יותר, ולכן הפוטונים גרמו ליינון כך שהעודף של האנרגיה הומר לאנרגיה קינטית של האלקטרונים העקורים.

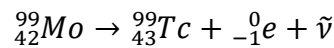
שאלה 5

א.

בהתפרקות בטא מינוס אחד הניוטרונים שבגרעין נכחד ובמקומו נוצרים פרוטון הנשאר בגרעין, אלקטרון הנפלט מהגרעין (ואנטי ניוטרינו) כך שמתקיים שימור מטען חשמלי ושימור מספר הנוקלאונים. התפרקות זו נוצרת עקב אינטראקציה גרעינית הקשורה בכוח הגרעיני החלש.

ב.

משוואת ההתפרקות:



ג.

זמן מחצית החיים מוגדר בתור הזמן בו הפעילות קטנה למחצית מהפעילות ההתחלתית. זמן זה מתאים לרגע בו מספר גרעיני האב קטן למחצית מהכמות ההתחלתית. לפי הגרף זמן מחצית החיים הוא 66 שעות. זהו הזמן בו מספר גרעיני הטכניציום שנוצרו שווה למספר גרעיני המוליבדן שנותרו.

ד.

הקשר בין זמן מחצית החיים לקבוע הדעיכה הוא $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ומכאן $\frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{66 \times 60^2}{\ln 2}$

נבודד את N_0 מהקשר $R_0 = \lambda \cdot N_0$ ונקבל $N_0 = \frac{1}{\lambda} \cdot R_0$

נציב $R_0 = 2.336 \times 10^8 \frac{1}{\text{sec}}$ ונקבל $N_0 = 8.007 \times 10^{13}$

נציב בקשר $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$:

$$N = 8.007 \times 10^{13} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{66} \cdot 168}$$

מספר גרעיני המוליבדן שלא התפרקו כעבור 7 ימים $N = 1.37 \times 10^{13}$

ה.

כיוון שזמן מחצית החיים של הטכניציום ארוך משמעותית משל המוליבדן נסיק כי ב-143 שעות כמות גרעיני הטכניציום שהתפרקו היא זניחה. לכן, המספר הכולל של הטכניציום יחד עם המוליבדן שווה בקירוב טוב לכמות

ההתחלתית שמצאנו בסעיף ד' $N_0 = 8.007 \times 10^{13}$.

ו.

בגרעין הבת הנוצר לאחר ההתפרקות לפעמים הנוקליאונים אינם יורדים לאנרגיה הגרעינית המזערית המתאפשרת להם אלא שנותרת מעט אנרגיה בגרעין. ולכן, כעבור זמן קצר, הנוקליאונים יסתדרו מחדש וירדו לאנרגיה נמוכה יותר, כלומר, יעברו למצב בו הם קשורים חזק יותר. ההפרש האנרגטי ייפלט עם פוטון γ .