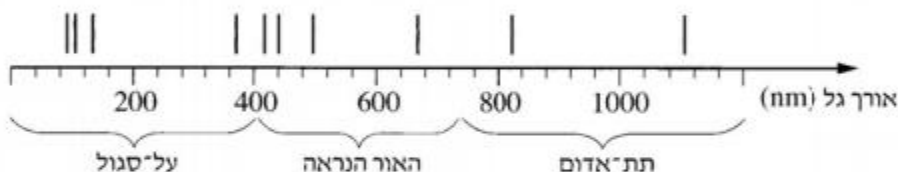


- א. ספקטרום הפליטה של אטום המימן הוא בדיד. כיצד אפשר להסביר עובדה זו באמצעות "מודל האטום של בוהר"? (5 נקודות)
- ב. בעזרת "מודל האטום של בוהר" אפשר לחשב את אנרגיית האלקטרון ברמות האנרגיה השונות של אטום המימן. כאשר רמת הייחוס לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית נבחרה באיך סוף ($U_\infty = 0$), האנרגיה של המערכת 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 אלקטרוני 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)

פיזיקה, קיץ תשע"ד, מס' 036003 + נספח

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)

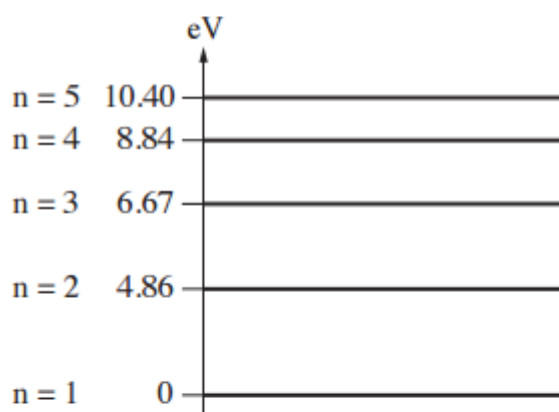
ה. מדענים מצאו שבספקטרום של כוכב אי-אפשר לראות בבת אחת את כל קווי הבליעה המתאימים לאטום המימן.

יש מכבים 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)

2013

פיזיקה, קיץ תשע"ג, מס' 036541, 654 + נספח

אדי כספית בלחץ נמוך נתונים בתוך שפופרת. הנח שאטומי הכספית נמצאים ברמת היסוד. דרך השפופרת עוברת אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, שאורכי הגל שלה, λ , נמצאים בתחום הרציף $170 \text{ nm} \leq \lambda \leq 260 \text{ nm}$. לפניך דיאגרמה של רמות האנרגיה הראשונות של אטום כספית.



- א. חשב את אורכי הגל מהאלומה שנבלעים על ידי אטומי הכספית. ציין לאיזו רמת אנרגיה עוררה הקרינה את אטומי הכספית, עבור כל אחד מאורכי הגל שמצאת. הזנח את הסיכוי שאטום כספית מעורר יבלע פוטון. (10 נקודות)
- ב. חשב את אורכי הגל של ספקטרום הפליטה המתקבל מאטומי הכספית שבשפופרת, ועבור כל אורך גל ציין בין אילו רמות אנרגיה עבר האטום. (8 נקודות)
- ג. במעבר הקרינה דרך השפופרת, אטומי הכספית פולטים תוך זמן קצר את אורכי הגל שנבלעו. הקרינה שנבלעת נפלטת לכל הכיוונים. על סמך תיאור זה, הסבר מדוע מופיעים בספקטרום הבליעה קווים כהים. (10 נקודות)
- ד. בדיאגרמה של רמות האנרגיה, כל רמת אנרגיה מאופיינת על ידי ערך מספרי מסוים. (לדוגמה, הרמה המעוררת הראשונה מאופיינת על ידי הערך 4.86 eV). ציין מה הם סוגי האנרגיה שהערך המספרי מתקבל מהם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

4. בספקטרום הפליטה של מימן יש בק ארבעה קווים, H_α , H_β , H_γ ו- H_δ , בתחום האור הנראה ($400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$). קווים אלה מתקבלים כשאטומי המימן המעוררים חוזרים לרמת האנרגיה $n = 2$ של האטום.

אורך הגל של הקווים H_α , H_β ו- H_γ הוא $\lambda_\alpha = 487\text{nm}$, $\lambda_\beta = 435\text{nm}$ ו- $\lambda_\gamma = 411\text{nm}$.
 א. הקו H_α מתקבל במעבר של האלקטרון מרמת האנרגיה השלישית לרמת האנרגיה השנייה. מבין ארבעת הקווים בתחום האור הנראה, קו זה הוא הקו שאורך הגל שלו מרבי.

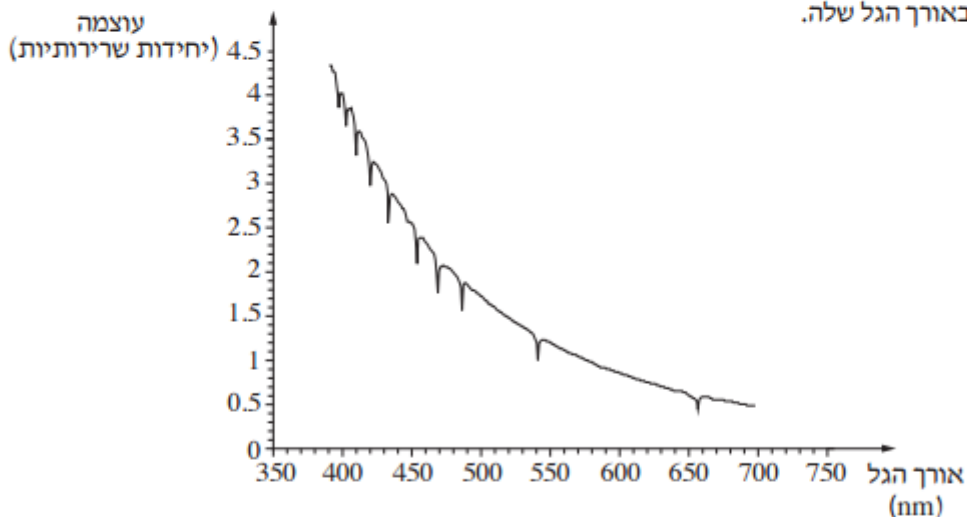
הסבר עובדה זו בלי לחשב. (6 נקודות)

ב. חשב את אורך הגל של הקו H_α . (8 נקודות)

באטמוספירה של רוב הכוכבים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מאוד, נמצאים אטומי מימן רבים במצב מעורר.

מודדים את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מכוכב מסוים לאחר שעברה דרך האטמוספירה שלו.

בגרף שלפניך מתוארת עוצמת הקרינה בתחום האור הנראה (ביחידות שרירותיות), כתלות באורך הגל שלה.



ג. הסבר מדוע מופיעות בגרף ירידות חדות בעוצמת האור באורכי גל מסוימים. (6 $\frac{1}{3}$ נקודות)

משערים שבאטמוספירה של הכוכב יש מימן.

ד. היעור בגרף והסבר אם יש הצדקה להשערה זו. (7 נקודות)

ה. האם ייתכן שבאטמוספירה של הכוכב יש גזים נוספים? הסבר את תשובתך. (6 נקודות)

2011

כדי ללמוד על תהליכי העירור ועל ספקטרום הפליטה של אטום המימן אפשר להיעזר בסימולציית מחשב הבנויה על פי המודל של בוהר. בסימולציה נתון מכל ובו גז מימן חד-אטומי במצב היסוד.

א. הסימולציה מדמה עירור של אטומי המימן בשתי שיטות: האחת על ידי אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, והשנייה על ידי התנגשות של אטומי הגז בחלקיקים שהואצו עוד קודם כניסתם למכל. אטומי המימן עוררו מרמת היסוד לרמה $n = 3$. איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות:

(1) לפוטון באלומת הקרינה האלקטרומגנטית? נמק.

(2) לחלקיק שהתנגש באטום מימן? נמק.

(10 נקודות)

ב. האטומים שעוררו לרמה $n = 3$ חוזרים למצב היסוד, והסימולציה מציגה ספקטרום פליטה.

(1) סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של אטום המימן, שתכלול את רמת היסוד, את שתי הרמות המעוררות הראשונות ואת רמת היינון (סה"כ – ארבע רמות). רשום ליד כל רמה את ערך האנרגיה.

(2) סמן בדיאגרמה חצים המייצגים את המעברים בין הרמות, שיתאימו לאורכי הגל בספקטרום הפליטה המתקבל.

(6 נקודות)

ג. חשב את אורכי הגל בספקטרום פליטה זה. (6 נקודות)

ד. לפני השימוש בסימולציה התבקשו התלמידים לשער מהו אורך הגל של

פוטון שיגרום ליינון של אטומי המימן שבמכל.

לפניך ההשערות שהעלו שלושה תלמידים.

תלמיד A : ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום רק פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda = 91.18 \text{ nm}$.

תלמיד B : ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda \leq 91.18 \text{ nm}$.

תלמיד C : ליינון אטומי המימן שבמיכל יגרום כל פוטון

שאורך הגל שלו $\lambda \geq 91.18 \text{ nm}$.

קבע איזו מההשערות של התלמידים היא הנכונה, ונמק את קביעתך.

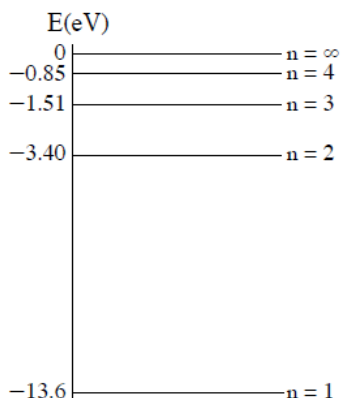
($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרון באטום המימן כאשר הוא נמצא

ברמה $n = 3$. (6 נקודות)

3. מבצעים שני ניסויים עם גז מימן חד-אטומי.

בניסוי הראשון אלומת קרינה אלקטרומגנטית שאורכי הגל שלה בתחום 200 nm-100 nm עוברת דרך מכל עם גז מימן לא מעורר. חלק מהקרינה האלקטרומגנטית נבלע. לפניך דיאגרמה חלקית של רמות האנרגיה של אטום מימן.



א. הקרינה האלקטרומגנטית בתחום הנתון אינה מייננת אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. הסבר מדוע. (5 נקודות)

בתשובתיך לסעיפים ב-ה יש להזניח את בליעת האנרגיה על ידי אטום מימן מעורר.

ב. (1) חשב את אורכי הגל של הקרינה שנבלעה.

(2) העתק את הדיאגרמה למחברתך, וסמן בה חצים שמייצגים מעברים בין הרמות, המתאימים לבליעת אורכי הגל שחישבת.

(8 נקודות)

ג. בניסוי השני אלקטרונים מואצים עוברים דרך אותו מכל עם גז מימן לא מעורר.

(1) חשב את המתח המינימלי הדרוש להאצת האלקטרונים ממנוחה, כדי שיוכלו לגרום ליינון של אטומי המימן.

(2) האם ייתכן שאלקטרון שהואץ במתח שחישבת בתת-סעיף ג (1), יגרום

לעירור האטום (ולא ליינון)? נמק.

(9 נקודות)

ד. כאשר אטום מימן בולע קרינה אלקטרומגנטית, האם רדיוס המסלול של האלקטרון

גדל, קטן או אינו משתנה? נמק. (6 נקודות)

ה. אחת ההנחות שעליהן מבוסס מודל בוהר לאטום מימן היא הקשר $m_e v r = n \frac{h}{2\pi}$.

הראה כי הנחה זו של בוהר שקולה להנחה שהיקף המסלול המעגלי של האלקטרון

באטום מימן הוא כפולה שלמה של אורך גל דה-ברויי של האלקטרון. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

2009

על פי מודל האטום של בוהר, אנרגיה של אלקטרון באטום היא גודל קוונטי.

א. הסבר את משמעות המשפט: "האנרגיה של אלקטרון באטום היא גודל קוונטי".

(5 נקודות)

ב. הסבר בעזרת מודל בוהר את העובדה שספקטרום הפליטה של מימן הוא בדיד (קווי).

(5 נקודות)

ג. סדרת בלמר כוללת קווים ספקטרליים שמתקבלים עבור אטומי מימן כשאלקטרון

עובר מרמה m ($m > 2$) לרמה $n = 2$.

מהו אורך הגל המרבי של קו ספקטרי מסדרה זו? פרט את חישוביך. (8 נקודות)

ד. אנרגיית היינון של אטום מימן שווה ל- 13.6 eV .

(1) הסבר את המשמעות של קביעה זו.

(2) חשב את האנרגיה הדרושה ליינון אטום מימן מרמה $n = 2$.

(9 נקודות)

ה. אלקטרון באטום המימן עובר מרמה $n = 2$ לרמה $n = 1$. בטבלה שלפניך מוצגות ארבע

אפשרויות לשינוי הגודל של האנרגיה הכוללת ושל האנרגיה הקינטית של האלקטרון.

איזו מבין האפשרויות 1-4 נכונה? הסבר את בחירתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

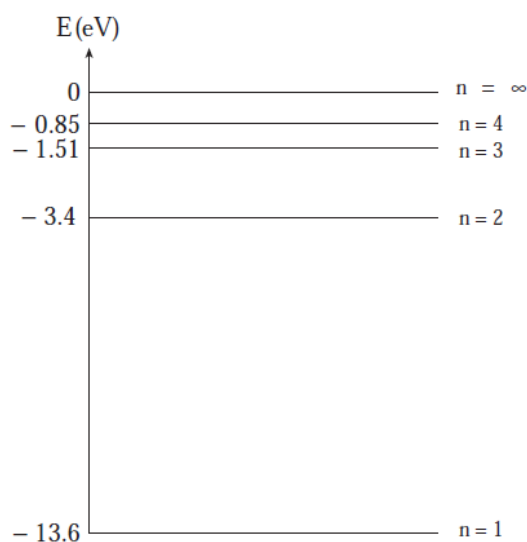
4	3	2	1	אפשרות אנרגיה
לא משתנה	קטנה	גדלה	קטנה	כוללת
גדלה	קטנה	קטנה-	גדלה	קינטית

2007

- ב.** חשב את האנרגיה הכוללת של אטום המימן כאשר האלקטרון נמצא במסלול שרדיוסו גדול פי 25 מרדיוס המסלול המתאים לרמת היסוד. (6 נקודות)
- ג.** בעקבות בליעת פוטון, עבר אלקטרון של אטום מימן מרמת היסוד לרמה שחישבת בסעיף ב.
- חשב מהי האנרגיה שהייתה לפוטון. (7 נקודות)
- ד.** כמה אורכי גל שונים (אינך נדרש לחשב את אורכי הגל) עשויים להיפלט מאטומי גז המימן המעוררים לרמה שחישבת בסעיף ב? נמק את תשובתך בעזרת סרטוט. (10 נקודות)
- ה.** בשפופרת נמצאים אטומי מימן ברמת היסוד. מה עשוי לקרות לאטומי המימן, אם דרך השפופרת תעבור אלומת פוטונים, שלכל פוטון בה יש אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבת בסעיף ג? ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

גז של אטומי מימן ברמת היסוד ($n = 1$) נתון בתוך כלי.

ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטומי המימן מתוארות בדיאגרמה שלפניך.



תלמיד מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של אלקטרונים דרך הגז, כמתואר

בסעיפים א-ג.

א. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 11 eV .

האם אלקטרונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי?

אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא את האנרגיה של אלקטרון מהאלומה לאחר שהוא גורם לעירור. (6 נקודות)

ב. ערכי האנרגיה של האלקטרונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל- 12.5 eV .

כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום של האור הנפלט מאטומי המימן? הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים. (8 נקודות)

ג. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של 15 eV .

האם אלקטרונים אלה יכולים ליינן את אטומי המימן שבכלי?

אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא איזה ערך או אילו ערכים של אנרגיה יכול/יכולים להיות, לאחר היינון, לאלקטרונים שגרמו ליינון.

תלמיד אחר מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של פוטונים דרך הגז, כמתואר

בסעיפים ד-ה.

ד. לכל פוטון באלומה אנרגיה של 11 eV .

האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.

(5 נקודות)

ה. ערכי האנרגיה של הפוטונים באלומה נמצאים בין 10 eV ל- 12.5 eV .

כמה קווים ספקטרליים מופיעים בספקטרום הבליעה?

הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

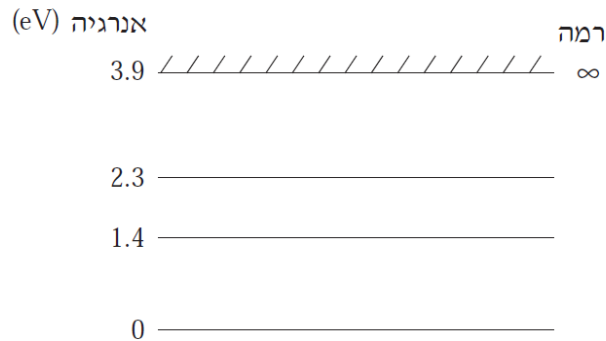
($8\frac{1}{3}$ נקודות)

2005

4.

נתונה שפופרת של אדי צזיום בטמפרטורה גבוהה.

התרשים שלפניך מציג חלק מרמות האנרגיה של אטום צזיום. הנח כי כל מעברי האנרגיה בין רמות אלה מותרים.



א. חלק מאטומי הצזיום בשפופרת נמצאים ברמת היסוד, והשאר ברמה המעוררת

הראשונה, ולכן נפלטת מהשפופרת קרינה אלקטרומגנטית מונוכרומטית.

חשב את אורך הגל של קרינה זו. (7 נקודות)

אלומה של אלקטרונים שהאנרגיה שלהם היא $2.4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ עוברת דרך השפופרת,

וחלק מהאלקטרונים מתנגשים באטומי הצזיום.

ב. חשב את אורכי הגל של כל קווי הספקטרום הפליטה היכולים להתקבל מאטומי

הצזיום שבשפופרת. (13 נקודות)

ג. במקום אלומת האלקטרונים מעבירים בשפופרת אלומת פוטונים שהאנרגיה שלהם

היא 0.9 eV .

מה הם אורכי הגל של כל קווי הספקטרום שיתקבלו כעת מאטומי הצזיום

שבשפופרת? (13 נקודות)