פרק 22

האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר 1
מודלים של האטום- בגרויות 5

התפתחות היסטורית ומודל האטום של בוהר:

שאלות:

1) תרגיל 1 – אטום מימן

איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:

א. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?

ב. פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?

ג. פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?

ד. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?

היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

2) תרגיל 2 – אטום מימן

בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהואצו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.

א. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?

ב. מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהואצו לאחר מעברם בגז?

ג. מה השינוי ברדיוס של האלקטרונים הקשורים שעוררו לרמה הגבוהה ביותר?

3) תרגיל 3 – אטום מימן

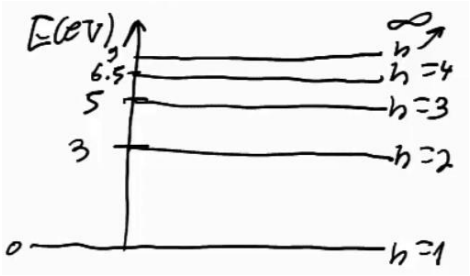
בניסוי נוסף הקרינו גז מימן ברמת היסוד בפוטונים בעלי אורך גל גדול ושווה מ-100 ננומטר, וקטן או שווה מ-400 ננומטר.

א. כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?

ב. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

4) גזים אחרים – תרגיל 1



נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסויים:

א. איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?

ב. איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?

ג. במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

5) גזים אחרים – תרגיל 2

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של: $180\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm}$.

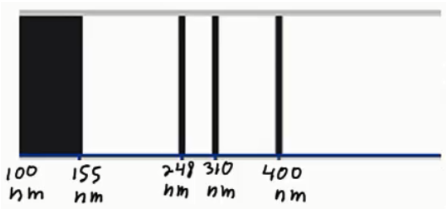
מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל: $\lambda_1 = 620\text{nm}$, $\lambda_2 = 400\text{nm}$, $\lambda_3 = 248\text{nm}$.

א. חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.

ב. כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?

ג. מאיצים אלקטרונים במתח של 5.5 וולט ולאחר מכן מכוונים אותם לתוך גז זה שנמצא מחדש ברמת היסוד.
עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

6) גזים אחרים – תרגיל 3



בניסוי מסוים הוקרן גז לא ידוע באור בספקטרום רציף בתחום אורכי הגל של: $100\text{nm} \le \lambda \le 500\text{nm}$.
ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.

א. חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.

ב. ענו על הסעיפים הבאים:

i. הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה - $\lambda \le 155\text{nm}$.

ii. חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.

ג. שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.

ד. חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.

ה. מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שייפלט מאטום זה?

7) אטומים דמויי מימן – תרגיל

א. שרטטו את 5 רמות האנרגיה הראשונות של הליום דמוי מימן + רמת היינון.

ב. מאיצים אלקטרונים חופשיים במתח של 50 וולט ואז יורים אותם לתוך גז זה.

i. עד איזה רמה יעוררו האלקטרונים הקשורים?

ii. עם איזה אנרגיה קינטית יכולים לצאת האלקטרונים החופשיים?

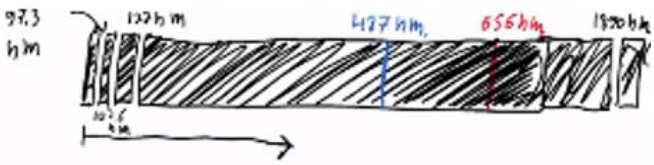
ג. כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום הפליטה של הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?

ד. מאירים על גז זה בפוטונים בעלי אורך גל 62 ננומטר. תארו מה יקרה.

תשובות סופיות:

1) ראה סרטון.

2) א. 6 קווים בספקטרום הפליטה.



ב. 1. $E_k = 13eV$ - לא תהיה מסירה.

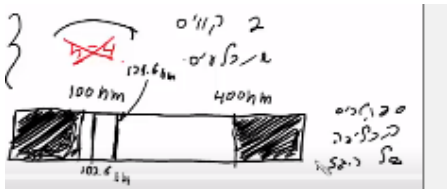
2. $1 \leftarrow 2$: מסירה של $10.2eV$ $\leftarrow$ $E_k = 2.8eV$.

3. $1 \leftarrow 3$: מסירה של $12.09eV$ $\leftarrow$ $E_k = 0.91eV$.

4. $1 \leftarrow 4$: מסירה של $12.75eV$ $\leftarrow$ $E_k = 0.25eV$.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10}\ m$

3) א.

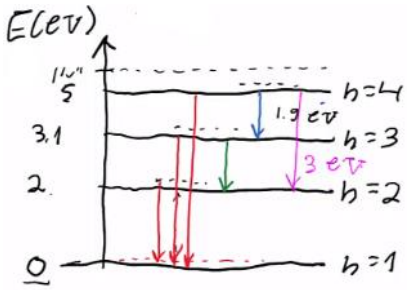


ב. ראה סרטון.

ג. $2.42 \cdot 10^{-19}\ J$

4) ראה סרטון.

5) א. $E_1 = 2eV$, $E_2 = 3.1eV$, $E_3 = 5eV$.



ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה.

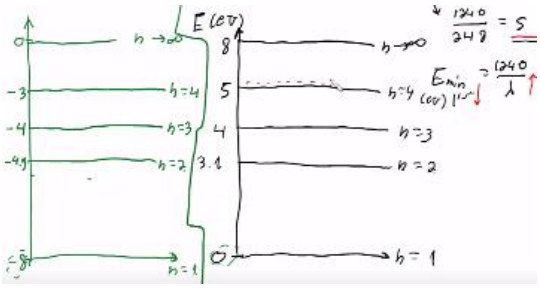
ג. ראה סרטון.

6) א. $\Delta E_{1\to 2} = 3.1eV$, $\Delta E_{1\to 3} = 4eV$, $\Delta E_{1\to 4} = 5eV$

ב.i. ראה סרטון.

ב.ii. $8eV$.

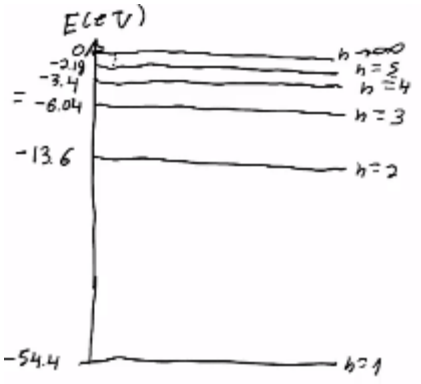
ג.



ד. $\lambda_{1_{4\to 3}} = 1240nm$, $\lambda_{2_{4\to 2}} = 653nm$, $\lambda_{3_{4\to 1}} = 248nm$, $\lambda_{4_{3\to 2}} = 1378nm$,

$\lambda_{5_{3\to 1}} = 310nm$, $\lambda_{6_{2\to 1}} = 400nm$.

ה. $1.24 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$.

7) א. 

ב.i. עירור עד רמה $n=4$.

ii. $E_k=52eV$, $E_{k_{1\to2}}=11.2eV$, $E_{k_{1\to3}}=3.64eV$, $E_{k_{1\to4}}=1eV$.

ג. 6 קווים ספקטרליים:

$\lambda_1=470nm$, $\lambda_2=122nm$, $\lambda_3=24.3nm$, $\lambda_4=164nm$, $\lambda_5=25.6nm$, $\lambda_6=30.4nm$.

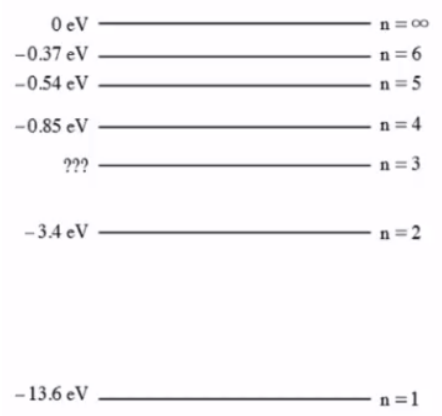
ד. ראה סרטון.

מודלים של האטום – בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

בתרשים שלפניך מתוארות כמה מרמות האנרגיה של אטום המימן:



א. חשב את האנרגיה המתאימה לרמה $n=3$.

פוטון שהאנרגיה שלו: $12.5eV$ פוגע באטום המימן שנמצא ברמת היסוד.

ב. קבע אם הפוטון יכול לעודד את האלקטרון באטום המימן לרמה $n=3$. הסבר את קביעתך.

סדרת בלמר היא סדרה של קווים ספקטרליים הנפלטים מאטום מימן בעקבות ירידה של אלקטרון לרמה $n=2$.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אורך הגל הארוך ביותר בסדרה זו.

ii. חשב את אורך הגל הקצר ביותר בתחום: $400nm < \lambda < 700nm$ בסדרה זו.

אלומת אלקטרונים שהואצו ממנוחה במתח $12.5V$ חודרת לאזור שבו נמצאים אטומי מימן במצב היסוד שלהם.

ד. במצב זה, חשב את אורכי הגל שיופיעו בספקטרום הקרינה שתיפלט מאטומי המימן.

באטמוספרה של השמש יש אטומי מימן. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של השמש קיימים בה אטומי מימן מעוררים.

ה. קבע את אנרגיית היינון של אטום מימן לאלקטרון הנמצא ברמה $n=2$. הסבר את תשובתך.

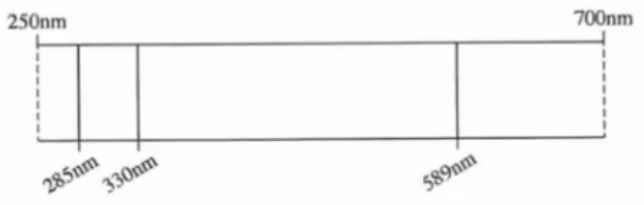
2) בגרות 2019

בכמה מן הכבישים בישראל משתמשים לצורך תאורה בנורות נתרן שפולטות אור בצבעי צהוב-כתום. דרך שפופרת, המכילה גז דליל של נתרן, Na , העבירו קרינה מונוכרומטית באורך גל של: 200nm . קרינה זו מיננת את אטום הנתרן, ונפלט אלקטרון שהאנרגיה הקינטית שלו היא: 1.06eV .

א. הגדר את המושג אנרגיית יינון.

ב. חשב את אנרגיית היינון של הנתרן.

במקרה אחר, העבירו דרך השפופרת קרינה אלקטרומגנטית בתחום: $250\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$ וקיבלו את ספקטרום הבליעה של גז נתרן בתחום זה (ראה תרשים).



ג. סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של נתרן (כולל רמת היינון) על פי הנתונים בשאלה. פרט את חישוביך.

ד. קבע אם הקו 589nm שנראה בספקטרום הבליעה הוא שחור (בקירוב טוב) או בצבע. נמק את קביעתך.

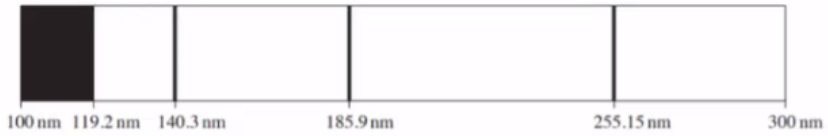
ה. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג' חיצים המייצגים את הקווים הספקטרליים של ספקטרום הפליטה.

ו. על פי הנתונים בשאלה, חשב את אורכי הגל של הקרינה הנפלטת מן השפופרת בתחום האור הנראה $(400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm})$.

3) בגרות 2018

חוקרים ערכו ניסוי למדידת רמות אנרגיה של אטום כספית. לשם כך הם הקרינו קרינה על-סגולה דרך שפופרת המכילה גז דליל של אטומי כספית. כל אטומי הכספית היו ברמת היסוד.

אורכי הגל של הקרינה העל-סגולה שהקרינו היו בתחום: $300\text{nm} - 100\text{nm}$. באמצעות ספקטרומטר קיבלו החוקרים את ספקטרום הבליעה של אטומי הכספית המוצג בתרשים שלפניך:



ספקטרום הבליעה כולל רצף כהה בתחום: $119.2\text{nm} - 100\text{nm}$ וכן שלושה קווים ספקטרליים בדידים, המתאימים לאורכי הגל: 140.3nm , 185.9nm , 255.15nm .

א. הסבר מדוע בספקטרום הבליעה תמיד מתקבלים קווים כהים.

ב. חשב את אנרגיית היינון של אטומי הכספית.
ג. סרטט במחברתך דיאגרמה של ארבע רמות האנרגיה של אטום הכספית שהתקבלו בניסוי, וחשב את האנרגיה של כל אחת מן הרמות.
פרט את חישוביך.
ד. חשב את המהירות המרבית של האלקטרונים שהשתחררו מאטומי הכספית בניסוי זה.

החוקרים חישבו גם את ספקטרום הפליטה של אטומי הכספית עבור רמות האנרגיה שהתקבלו בניסוי.
ה. ענה על הסעיפים הבאים:
i. הוסף לדיאגרמה שסרטטת בסעיף ג' חיצים שמייצגים את כל הקווים של ספקטרום הפליטה.
ii. חשב את האנרגיה של הפוטונים שנפלטו, שאורכי הגל שלהם בתחום האור הנראה $(700nm-400nm)$.

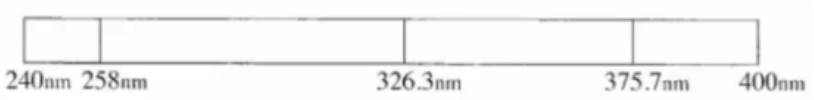
4) בגרות 2017

בשנת 1913 פרסם הפיזיקאי נילס בוהר מאמר, ובו הציע מודל של אטום מימן.
מודל זה הוא ההמשך של המודל הפלנטרי שהציע ארנסט רתרפורד.
המודל שהציע בוהר הוא המודל הראשון שנעשה בו שימוש בעקרונות קוונטים.
א. הסבר את המושג "רמת אנרגיה" לפי המודל של בוהר.
ב. סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה של אטום מימן, ובה 4 הרמות הראשונות ורמת היינון.

אלקטרון באטום המימן ירד מרמת אנרגיה $n=4$ לרמה $n=2$.
בתוך כדי ירידתו של האלקטרון נפלט פוטון אחד.
ג. חשב את תדירות הפוטון שנפלט.
ד. חשב את מהירות האלקטרון ברמת האנרגיה $n=2$.
ה. על פי מודל רתרפורד אי אפשר להסביר את ספקטרום הבליעה של המימן.
הסבר מדוע.

5) בגרות 2016

תלמידי פיזיקה רצו לבדוק את רמות האנרגיה של אטומים מיסוד מסוים.
לשם כך הכניסו דגימה מהיסוד לתוך מכל, וערכו שני ניסויים זה אחר זה.
הנח שכל האטומים נמצאים ברמת היסוד.
בניסוי הראשון העבירו דרך המיכל קרינה אלקטרומגנטית על-סגולה (UV) בתחום: $240nm \le \lambda \le 400nm$. התלמידים בדקו באמצעות ספקטרומטר את הקרינה אחרי שעברה דרך המכל.
בספקטרום שהתקבל לא הופיעו: כל אורכי הגל בתחום: $240nm \le \lambda \le 258nm$,
וכן שני אורכי הגל: $326.3nm$ ו-$375.7nm$ (ראה תרשים).



א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מהו סוג הספקטרום שנבדק (בליעה או פליטה)? נמק את תשובתך.

ii. הסבר מדוע החלק הרציף של הקרינה העל-סגולה בתחום: $240\text{nm} \le \lambda \le 258\text{nm}$ לא הופיע בספקטרום שהתקבל.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אנרגיית היינון של אטום מהדגימה.

ii. חשב את האנרגיה של שתיים מן הרמות המעוררות של אטום זה.

בניסוי השני העבירו דרך המכל אלומת אלקטרונים שהואצו (מחוץ למיכל) במתח 3.1V. באלומה שיצאה מן המיכל התגלו אלקטרונים באנרגיות: 0.1eV , 1eV ו- 3.1eV.

ג. חשב את האנרגיה של שתי הרמות המעוררות שהתגלו בניסוי השני.

ד. על פי התוצאות של שני הניסויים, סרטט את דיאגרמת רמות האנרגיה של האטום הנבדק, ובה חמש רמות האנרגיה שמצאת.

במקביל בדקו התלמידים באמצעות ספקטרומטר את הקרינה האלקטרומגנטית שנפלטה מהמכל בניסוי השני. הם גילו שהתקבלו שני אורכי גל בתחום הנראה $(400\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm})$.

ה. חשב את שני אורכי הגל שהתקבלו בניסוי.

6) בגרות 2015

א. ספקטרום הפליטה של אטום המימן הוא בדיד. כיצד אפשר להסביר עובדה זו באמצעות "מודל האטום של בוהר"?

ב. בעזרת "מודל האטום של בוהר" אפשר לחשב את אנרגיית האלקטרון ברמות האנרגיה השונות של אטום המימן. כאשר רמת הייחוס לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית נבחרה באין-סוף $(U_\infty = 0)$, האנרגיה של המערכת גרעין-אלקטרון היא שלילית.
הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של היות האנרגיה שלילית.

ג. קבע איזו מן האפשרויות i-iii היא האפשרות הנכונה להשלמת המשפט שלפניך.
על פי מודל בוהר, כאשר אלקטרון עובר מרמה מעוררת לרמת היסוד:

i. האנרגיה של האטום גדלה.

ii. כוח המשיכה החשמלי הפועל על האלקטרון גדל.

iii. אין שינוי באנרגיית האטום.

נמק את קביעתך.

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:

i. תדירות הפוטון: $f=4\cdot10^{15}\,Hz$.

ii. תדירות הפוטון: $f=2\cdot10^{15}\,Hz$.

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.

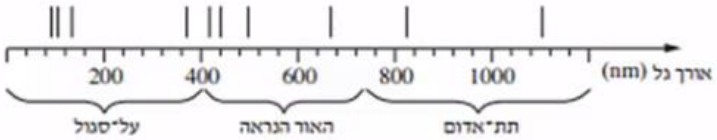
i. האם האנרגיה של פוטון A גדולה מן האנרגיה של פוטון B, קטנה ממנה או שווה לה? הסבר מדוע.

ii. על פי תשובתך על תת-סעיף ה (i), קבע אם אורך הגל של פוטון A גדול מאורך הגל של פוטון B, קטן ממנו או שווה לו.

7) בגרות 2014

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.

כוכב הוא גרם שמיים לוהט, המפיק בליבה שלו קרינה אלקטרומגנטית בתחום רחב ורציף של אורכי גל, ופולט אותה. כאשר הקרינה עוברת דרך אטמוספרת 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 באטמוספרה 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.

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

i. חשב את אורך הגל שיכול להעביר אטום מימן מרמת היסוד לרמה המעוררת הראשונה.

ii. היעזר בתרשים וקבע לאיזה תחום של הספקטרום שייך אורך גל זה – אור נראה, קרינה על-סגולה או קרינה תת-אדומה.

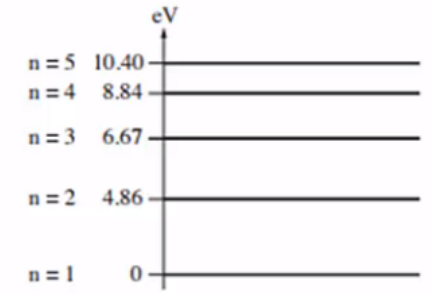
ידוע כי ככל שהטמפרטורה של פני הכוכב גבוהה יותר, כך גדל הסיכוי שאטומי הגז של האטמוספרה שלו יהיו ברמות מעוררות גבוהות יותר.

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.

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.

8) בגרות 2013

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: $170\text{nm} \le \lambda \le 260\text{nm}$.
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.

ב. חשב את אורכי הגל של ספקטרום הפליטה המתקבל מאטומי הכספית שבשפופרת, ועבור כל אורך גל ציין בין אילו רמות אנרגיה עבר האטום.

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.

ד. בדיאגרמה של רמות האנרגיה, כל רמת אנרגיה מאופיינת על ידי ערך מספרי מסוים. (לדוגמה, הרמה המעוררת הראשונה מאופיינת על ידי הערך: 4.86eV).
ציין מה הם סוגי האנרגיה שהערך המספרי מתקבל מהם.

9) בגרות 2012

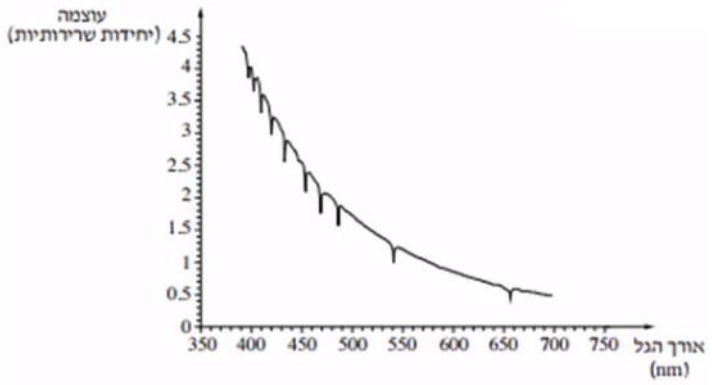
בספקטרום הפליטה של מימן יש רק ארבעה קווים: H_α , H_β , H_γ ו- H_δ, בתחום האור הנראה $(400nm < \lambda < 700nm)$. קווים אלה מתקבלים כשאטומי המימן המעוררים חוזרים לרמת האנרגיה $n = 2$ של האטום.

אורך הגל של הקווים: H_β , H_γ ו- H_δ הוא: $\lambda_\beta = 487nm$, $\lambda_\gamma = 435nm$ ו- $\lambda_\delta = 411nm$.

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.

ב. חשב את אורך הגל של הקו H_α.

באטמוספרה של רוב הכוכבים, שהטמפרטורה שלהם גבוהה מאוד, נמצאים אטומי מימן רבים במצב מעורר.
מודדים את עוצמת הקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מכוכב מסוים לאחר שעברה דרך האטמוספרה 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.

משערים שבאטמוספרה של הכוכב יש מימן.

ד. היעזר בגרף והסבר אם יש הצדקה להשערה זו.

ה. האם ייתכן שבאטמוספרה של הכוכב יש גזים נוספים? הסבר את תשובתך.

10) בגרות 2011

כדי ללמוד על תהליכי העירור ועל ספקטרום הפליטה של אטום מימן 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:
   i. לפוטון באלומת הקרינה האלקטרומגנטית? נמק.
   ii. לחלקיק שהתנגש באטום מימן? נמק.

ב. האטומים שעוררו לרמה $n=3$ חוזרים למצב היסוד, והסימולציה מציגה ספקטרום פליטה.
   i. 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.
   ii. סמן בדיאגרמה חצים המייצגים את המעברים בין הרמות, שיתאימו לאורכי הגל בספקטרום הפליטה המתקבל.

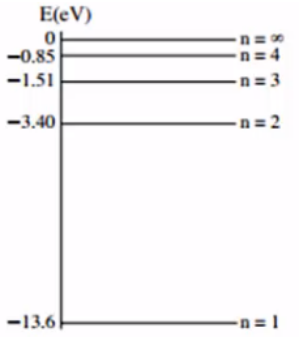
ג. חשב את אורכי הגל בספקטרום פליטה זה.

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: $\lambda = 91.18nm$.
תלמיד B: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda \le 91.18nm$.
תלמיד C: ליינון אטומי המימן שבמכל יגרום כל פוטון שאורך הגל שלו: $\lambda \ge 91.18nm$.
קבע איזו מההשערות של התלמידים היא הנכונה, ונמק את קביעתך.

ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרון באטום המימן כאשר הוא נמצא ברמה $n=3$

11) בגרות 2010

מבצעים שני ניסויים עם גז מימן חד-אטומי.
בניסוי הראשון אלומת קרינה אלקטרומגנטית שאורכי הגל שלה
בתחום: $200nm-100nm$ 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 מיננת אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. הסבר מדוע.

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

ב. ענה:
   i. חשב את אורכי הגל של הקרינה שנבלעה.
   ii. העתק את הדיאגרמה למחברתך, וסמן בה חצים שמייצגים מעברים בין הרמות המתאימים לבליעת אורכי הגל שחישבת.

ג. בניסוי השני אלקטרונים מואצים עוברים דרך אותו מכל עם גז מימן לא מעורר.
   i. חשב את המתח המינימלי הדרוש להאצת האלקטרונים ממנוחה, כדי שיוכלו לגרום ליינון של אטומי המימן.
   ii. האם ייתכן שאלקטרון שהואץ במתח שחישבת בתת-סעיף ג (i), יגרום לעירור האטום (ולא ליינון)? נמק.

ד. כאשר אטום מימן בולע קרינה אלקטרומגנטית, האם רדיוס המסלול של האלקטרון גדל, קטן או אינו משתנה? נמק.

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

12) בגרות 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".

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

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 ספקטרלי מסדרה זו? פרט את חישוביך.

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

i. הסבר את המשמעות של קביעה זו.

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

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.

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

13) בגרות 2007

א. הסבר כיצד ספקטרום הפליטה של מימן תומך במודל האטום של בוהר ואינו תומך במודל האטום של רתרפורד.

ב. חשב את האנרגיה הכוללת של אטום המימן כאשר האלקטרון נמצא במסלול שרדיוסו גדול פי 25 מרדיוס המסלול המתאים לרמת היסוד.

ג. בעקבות בליעת פוטון, עבר אלקטרון של אטום מימן מרמת היסוד לרמה שחישבת בסעיף ב'.
חשב מהי האנרגיה שהייתה לפוטון.

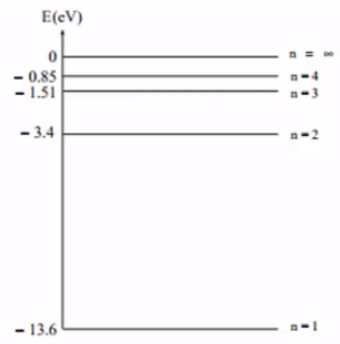
ד. כמה אורכי גל שונים (אינך נדרש לחשב את אורכי הגל) עשויים להיפלט מאטומי גז המימן המעוררים לרמה שחישבת בסעיף ב'?
נמק את תשובתך בעזרת סרטוט.

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'?

14) בגרות 2006

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 11eV.
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.

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

ג. לכל אלקטרון באלומה אנרגיה של: 15eV.
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.

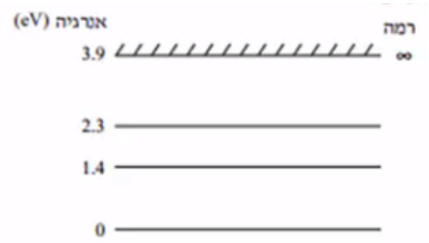
תלמיד אחר מעביר בזו אחר זו אלומות שונות של פוטונים דרך הגז, כמתואר בסעיפים ד-ה.

ד. לכל פוטון באלומה אנרגיה של: 11eV.
האם פוטונים אלה יכולים לעורר את אטומי המימן שבכלי? הסבר.

ה. ערכי האנרגיה של הפוטונים באלומה נמצאים בין 10eV ל-12.5eV.
כמה קווים ספקטרליים מופיעים בספקטרום הבליעה?
הסבר את תשובתך בעזרת דיאגרמת רמות האנרגיה: העתק למחברתך את הדיאגרמה, וסמן בה חצים להצגת המעברים.

15) בגרות 2005

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.

אלומה של אלקטרונים שהאנרגיה שלהם היא: $2.4\cdot10^{-19}\,J$ עוברת דרך השפופרת, וחלק מהאלקטרונים מתנגשים באטומי הצזיום.

ב. חשב את אורכי הגל של כל קווי ספקטרום הפליטה היכולים להתקבל מאטומי הצזיום שבשפופרת.

ג. במקום אלומת האלקטרונים מעבירים בשפופרת אלומת פוטונים שהאנרגיה שלהם היא: $0.9eV$.
מה הם אורכי הגל של כל קווי הספקטרום שיתקבלו כעת מאטומי הצזיום שבשפופרת?

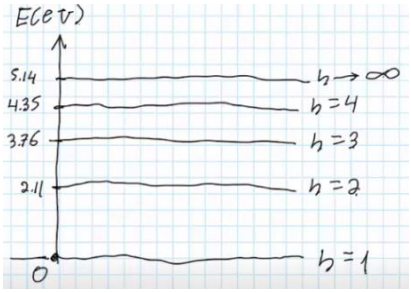
תשובות סופיות:

1) א. $E_{n=3} = -1.51eV$. ב. לא. ג.i. $\lambda = 656.1nm$. ii. $\lambda_{6\to2} = 409.2nm$.

ד. $\lambda_{3\to2} = 656.1nm$, $\lambda_{3\to1} = 102.6nm$, $\lambda_{2\to1} = 121.6nm$. ה. $\Delta E = 3.4eV$.

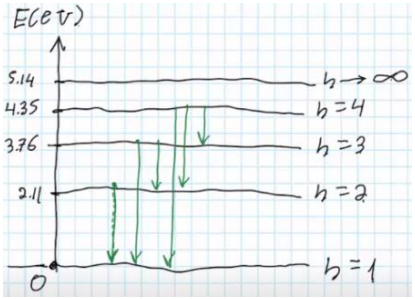
2) א. האנרגיה שיש להשקיע כדי לעקור אלקטרון מהאטום של החומר.

ב. $E = 5.14eV$. ג.



ד. שחור בקירוב.

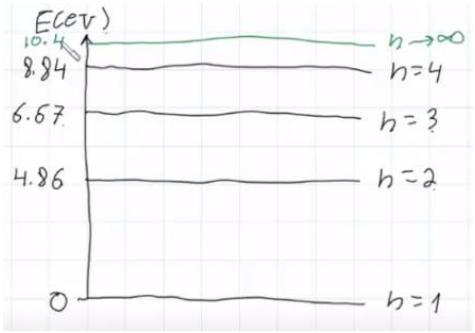
ה.



ו. $\lambda_1 = 588nm$, $\lambda_2 = 554nm$.

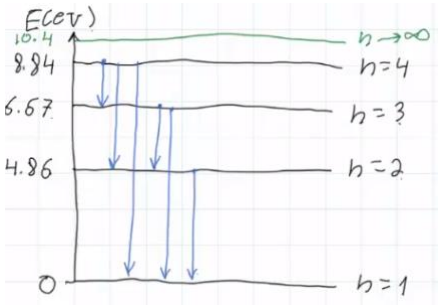
3) א. ראה סרטון. ב. $E = 10.4eV$.

ג.



ד. $V = 8.39 \cdot 10^5 \frac{m}{sec}$.

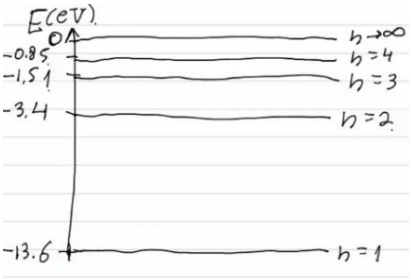
ה.i.



ii. $E_{3\to2} = 1.81eV$, $E_{4\to3} = 2.17eV$.

4) א. ראה סרטון.

ב.



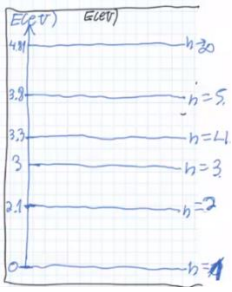
ג. $f = 6.15 \cdot 10^{14} Hz$.

ד. $V = 1.095 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$. ה. ראה סרטון.

5) א.i. בליעה. ii. ראה סרטון. ב.i. $4.81eV$.

ii. $E_3 = 3.8eV$, $E_2 = 3.3eV$.

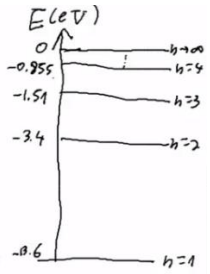
ג. $\Delta E_1 = -2.1eV$, $\Delta E_{0.1} = -3eV$.

ד. 

ה. $\lambda_2 = 590.5nm$, $\lambda_1 = 413.3nm$.

6) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. ii. ד. ראה סרטון.

ה.i. $E_A > E_B$. ii. $\lambda_A < \lambda_B$.

7) א.  ב. ראה סרטון. ג.i. $\lambda = 121.6nm$. ii. קרינה על-סגולה.

ד. $n = 3$. ה. חמים יותר.

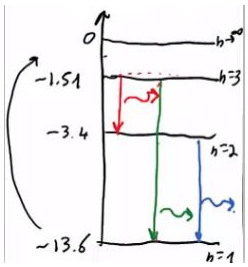
8) א. $2 \leftarrow 1$: $\lambda = 255nm$, $E_{ph} = 4.86eV$, $3 \leftarrow 1$: $\lambda = 186nm$, $E_{ph} = 6.67eV$.

ב. $2 \leftarrow 3$: $\lambda = 685nm$, $1 \leftarrow 3$: $\lambda = 186nm$, $1 \leftarrow 2$: $\lambda = 255nm$.

ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.

9) א. ראה סרטון. ב. $\lambda_{3\to2} = 656nm$. ג. ראה סרטון. ד. כן.

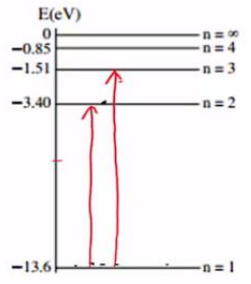
ה. כן, הליום.

10) א.i. $E_{ph} = 12.09eV$. ii. $12.75eV \geq E_e \geq 12.09eV$. ב. 

ג. $\lambda_{2\to1} = 121.6nm$, $\lambda_{3\to2} = 656nm$, $\lambda_{3\to1} = 102.6nm$.

ד. ההשערה של תלמיד B. ה. $E_k = 1.51eV$.

11) א. ראה סרטון. ב.i. $\lambda_{1\to3} = 102.6nm$, $\lambda_{1\to2} = 121.6nm$.

ii. 

ג.i. $V_{min} = 13.6volt$. ii. כן. ד. גדל.

ה. הוכחה.

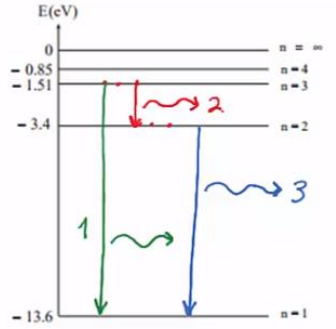
12) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $\lambda_{3\to2}=656nm$. ד. i. ראה סרטון.

ii. $E=3.4eV$. ה. אפשרות 1.

13) א. ראה סרטון. ב. $E_g=-0.544eV$. ג. $E_{ph}=13.06eV$. ד. 10 קווים.

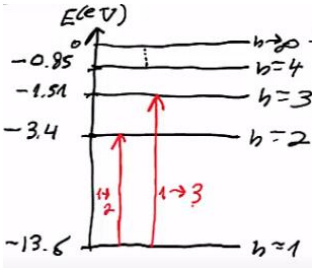
ה. ראה סרטון.

14) א. כן, $E=0.8eV$. ב. 3 קווי פליטה שונים,



ג. כן, $0\le E_k\le 1.4eV$. ד. לא.

ה. 2 קווים ספקטרליים,



15) א. $\lambda=886nm$. ב. $\lambda_{3\to2}=1378nm$, $\lambda_{3\to1}=539nm$, $\lambda_{2\to1}=886nm$.

ג. כמו סעיף ב'.