

ספקטרום קווי ומודל האטום של בוהר

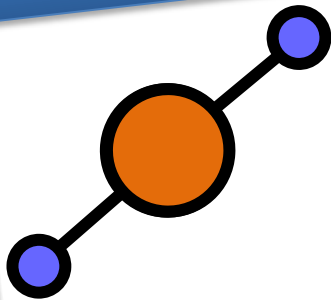


ספקטרום רציף וספקטרום קווי 

עירור אלקטרוני ומודל האטום של בוהר 

בליעה ופליטה ספונטנית 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?



מודל האטום של בוהר 

אורך גל, תדירות ואנרגיית פוטון 
חישובים ומעברי יחידות

ספקטרום רציף וספקטרום קווי

כאשר נעביר אור לבן (המגיע מן השמש או ממנורת ליבון) דרך מנסרה או סריג, האור יתפצל לאורכי הגל השונים שבו ונקבל **ספקטרום רציף** המכיל רצף של כל אורכי הגל בתחום הנראה ($390\text{--}780\text{ nm}$).



לעומת זאת, כאשר נעביר אור הנפלט מאטומים שונים דרך מנסרה או סריג, האור יתפצל ונקבל ספקטרום שבו רק כמה אורכי גל ספציפיים. ספקטרום כזה נקרא **ספקטרום קווי**.



ספקטרום קווי הנפלט ממנורת מימן בתחום הנראה

נצפה בסרטון



מנורת מימן והספקטרום הקווי של המימן

<https://bit.ly/34jcuec>

צבע האור שנפלט מהמנורה הוא סכום הצבעים של אורכי הגל הנפלטים מאטומי המימן.

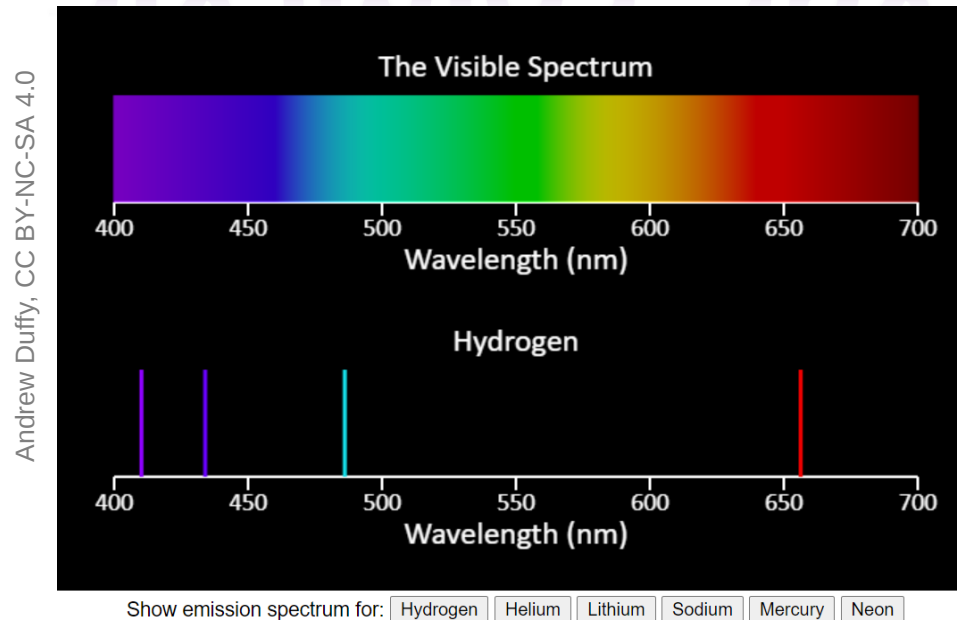


מנורת מימן היא שפופרת
זכוכית שבה גז מימן,
המחוברת למתח חשמלי.

בצורה דומה מכינים מנורות
גם מיסודות אחרים.

את שפופרות הזכוכית
אפשר לעצב בצורות שונות
וליצור אותיות וציורים לשלטי
פרסום. צבע האור הנפלט
מהשפופרת משתנה בהתאם
לגז שבתוכה.

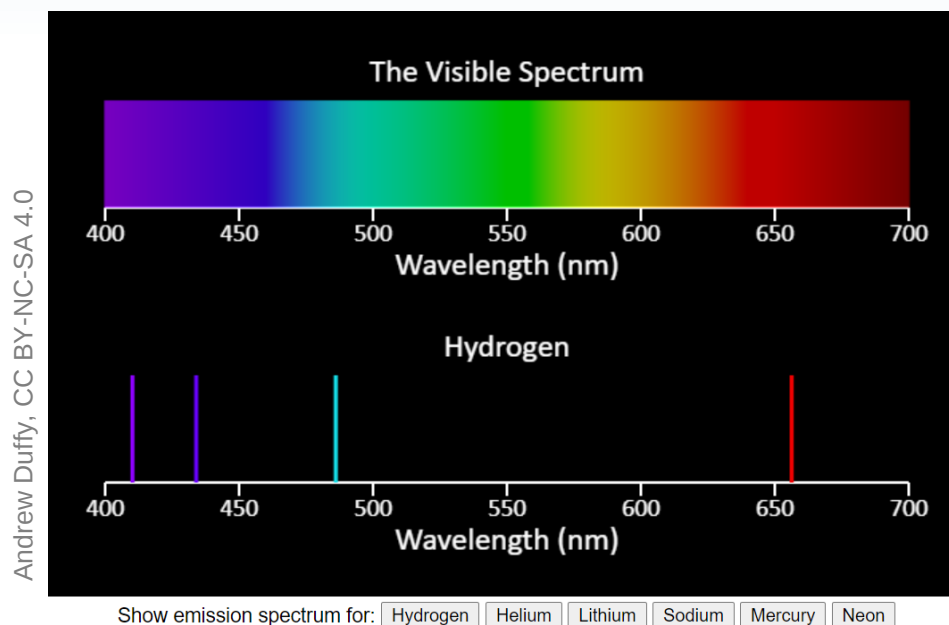
נצפה בסימולציה



ספקטרה פליטה ממנורות של יסודות שונים

http://physics.bu.edu/~duffy/HTML5/emission_spectra.html

לחצו על כל אחד משמות היסודות המופיעים מתחת למסגרת.
במה דומים הספקטרה של האטומים השונים ובמה הם שונים?



לחצו על כל אחד משמות האטומים המופיעים מתחת למסגרת.
במה דומים הספקטרה של האטומים השונים ובמה הם שונים?

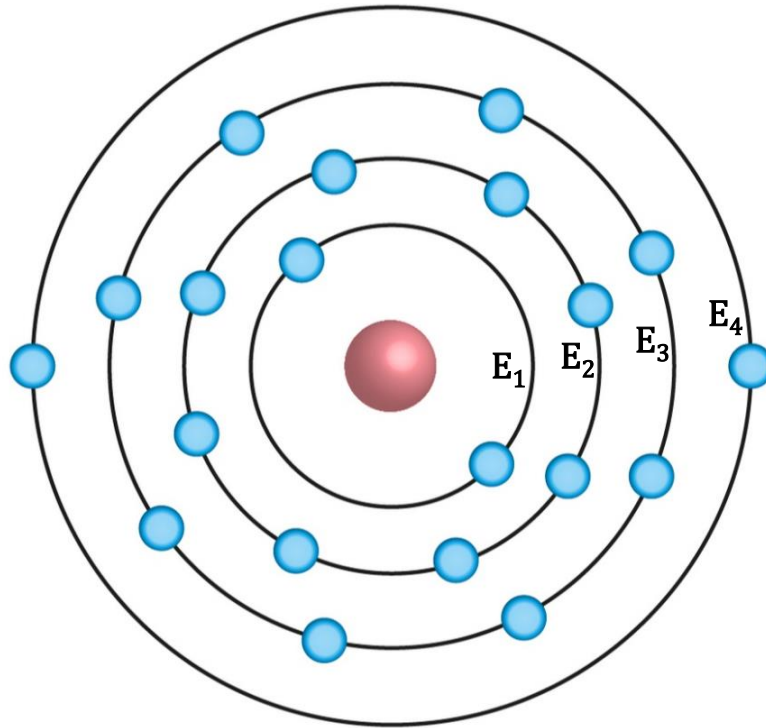
הדומה: הספקטרה של כל האטומים שראינו הם ספקטרה קוויים.

השונה: בספקטרום של כל אטום מספר קוויים שונה, והקוויים מופיעים באורכי גל אחרים.

על פי מודל האטום של בוהר, האלקטרונים מאכלסים רמות אנרגיה מסויימות סביב הגרעין ומסומנות: $E_1, E_2, E_3 \dots$.

ככל שמתרחקים מן הגרעין לרמות האנרגיה יש אנרגיה גדולה יותר:

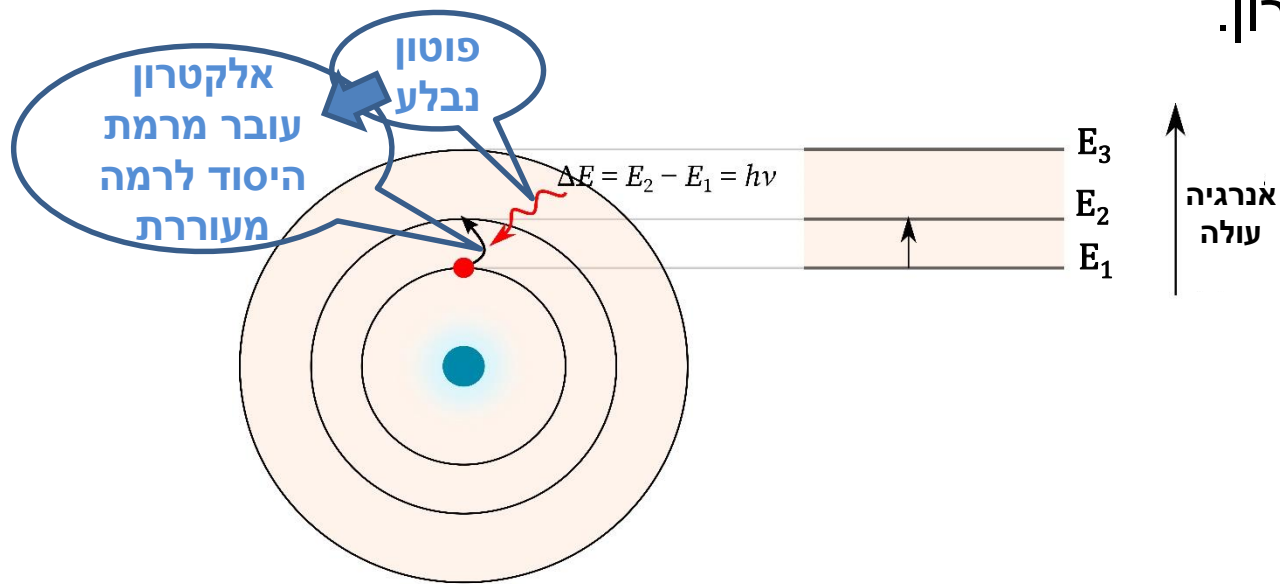
$$E_4 > E_3 > E_2 > E_1$$



עירור אלקטרוני - בליעה

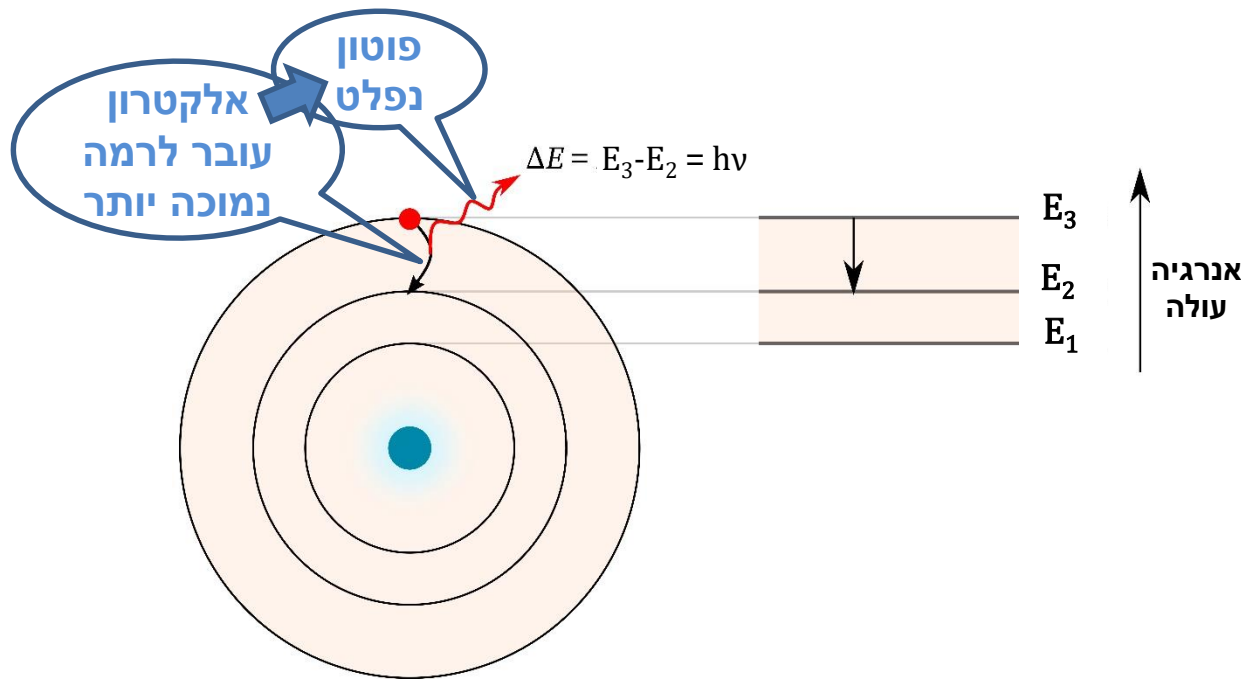
כאשר פוטון בעל אנרגיה מתאימה פוגע באטום, הוא **נבלע** וגורם לעירור **אלקטרוני**: אלקטרון עובר מרמת אנרגיה נמוכה לרמת אנרגיה גבוהה יותר - רמה מעוררת.

אנרגיית הפוטון, $E = h\nu$, שווה בדיוק להפרש האנרגיות בין שתי הרמות שביניהן עבר האלקטרון.



דוגמה לעירור אלקטרוני מרמה 1 לרמה 2

כאשר אלקטרון יורד מרמה מעוררת כלשהי לרמה אחרת הקרובה יותר לגרעין, **נפלט** פוטון בעל אנרגיה השווה בדיוק להפרש האנרגיה בין הרמות שביניהן עבר האלקטרון. תהליך זה נקרא **פליטה ספונטנית**.



דוגמה לפליטה ספונטנית מרמה 3 לרמה 2

הספקטרום שבו מופיעים כל אורכי הגל ה**נבלעים** כאשר אלקטרונים עוברים מרמות אנרגיה נמוכות לגבוהות, נקרא **ספקטרום בליעה**.

הספקטרום שבו מופיעים כל אורכי הגל ה**נפלטים** כאשר אלקטרונים עוברים מרמות אנרגיה גבוהות לנמוכות, נקרא **ספקטרום פליטה**.

ספקטרום בליעה וספקטרום פליטה

דוגמה לספקטרום בליעה:

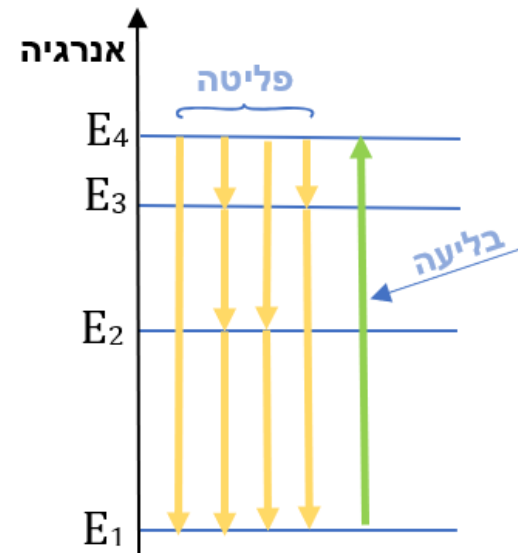
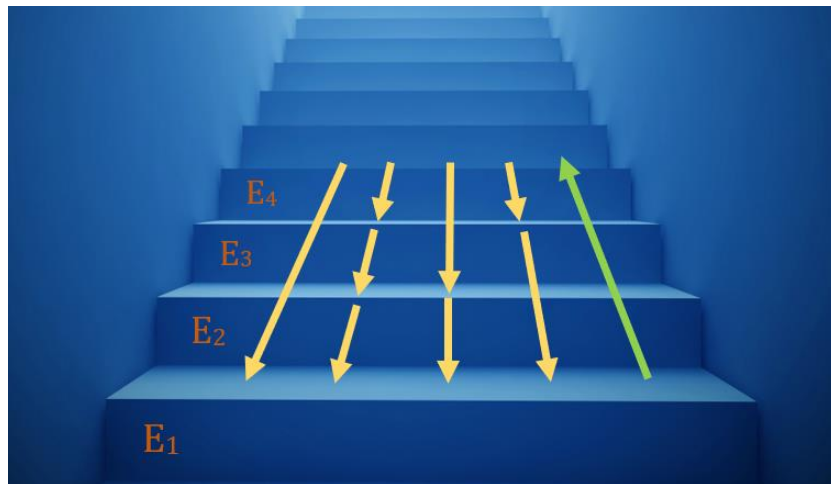
מקרינים דוגמה של אטומי מימן באורך גל אחד מסוים, לדוגמה - אורך גל שגורם לעירור אלקטרוני $E_1 \rightarrow E_4$. מכיוון שנבלע אורך גל אחד בלבד, בספקטרום הבליעה יש קו אחד בלבד.



ספקטרום בליעה וספקטרום פליטה

בכל אטום המעורר לרמה E_4 , האלקטרון יכול לרדת מרמה E_4 לרמה E_1 במספר אופנים - באנלוגיה לירידה במדרגות: אחת אחת או בקפיצות.

דיאגרמת רמות אנרגיה



בחלק מהאטומים יתרחש המעבר $E_4 \rightarrow E_1$, באטומים אחרים
 $E_4 \rightarrow E_2$ $E_2 \rightarrow E_1$, $E_4 \rightarrow E_3$ $E_3 \rightarrow E_2$ $E_2 \rightarrow E_1$
ובאחרים $E_4 \rightarrow E_3$ $E_3 \rightarrow E_1$.

סָפְרוּ: כמה מעברים שונים מתרחשים?

ספקטרום בליעה וספקטרום פליטה

מתרחשים שישה מעברים שונים:

$$E_2 \rightarrow E_1, E_3 \rightarrow E_1, E_3 \rightarrow E_2, E_4 \rightarrow E_3, E_4 \rightarrow E_2, E_4 \rightarrow E_1$$

ולכן בספקטרום הפליטה קיימים שישה קווים.



כל קו הוא באורך
גל המתאים
לאנרגיה של
הפוטונים הנפלטים
כשמרחש אחד
המעברים.

בספקטרום
הפליטה קיימים
תמיד יותר קווים
מאשר בספקטרום
הבליעה.

לפניכם ספקטרה הבליעה והפליטה של אטומי מימן שהוקרנו באורך גל שגורם לעירור $E_1 \rightarrow E_4$.



א. לאיזה מעבר שייך הקו בעל אורך הגל הקצר ביותר בספקטרום הפליטה?



ב. הקו שמופיע בספקטרום הבליעה מופיע גם בספקטרום הפליטה. הסבירו מדוע.

תרגול 1 - תשובה

לפניכם ספקטה הבליעה והפליטה של אטומי מימן שהוקרנו באורך גל שגורם לעירור $E_1 \rightarrow E_4$.

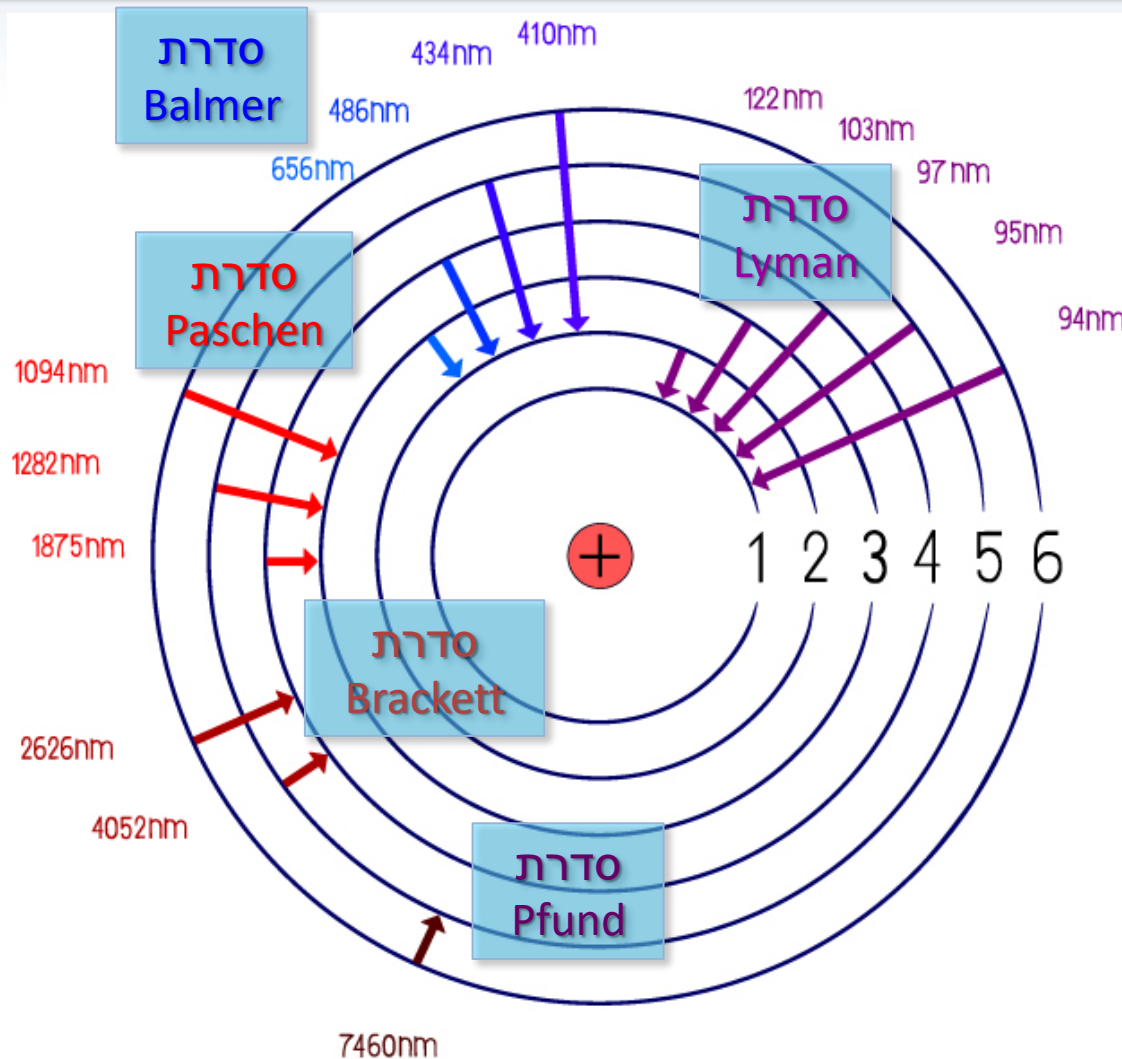


א. לאיזה מעבר שייך הקו בעל אורך הגל הקצר ביותר בספקטרום הפליטה? הקו שייך למעבר $E_4 \rightarrow E_1$. במעבר זה נפלטים הפוטונים בעלי האנרגיה הגדולה ביותר, ולכן מתקבל הקו באורך הגל הקצר ביותר (קיים יחס הפוך בין אורך גל לאנרגיית הפוטון).

ב. הקו שמופיע בספקטרום הבליעה מופיע גם בספקטרום הפליטה. הסבירו מדוע.

אורך גל זה מתאים לאנרגיה הנדרשת למעבר האלקטרון $E_1 \rightarrow E_4$, הזהה לאנרגיה הנפלטת במעבר לכיוון ההפוך $E_4 \rightarrow E_1$. אנרגיה זו היא הפרש האנרגיה בין שתי רמות

ספקטרום הפליטה של אטום המימן



במנורת המימן המתח החשמלי גורם לעירור אלקטרוני: בכל אטום האלקטרון עובר מרמה E_1 לרמה מעוררת שונה כלשהי. לאחר מכן מתרחשת פליטה ספונטנית ומתקבלים בספקטרום קווים רבים, בתחומים שונים של הספקטרום האלקטרומגנטי. רק המעברים הבאים לרמה 2: $E_4 \rightarrow E_2$, $E_5 \rightarrow E_2$, $E_6 \rightarrow E_2$, $E_3 \rightarrow E_2$ פולטים פוטונים בתחום הנראה.

סדרת הקווים הזו בספקטרום - הנוצרת כאשר פוטונים נפלטים במעבר מרמות שונות לרמה 2 - נקראת **סדרת בלמר**.

במנורת מימן, או במנורות של יסודות אחרים, המתח החשמלי מספק את האנרגיה הדרושה לעירור אלקטרוני.

עירור אלקטרוני יכול להתרחש גם באמצעות הקרנה באורך גל מתאים או חימום.



בזיקוקי דינור נמצאים מלחים שונים. חומרים נוספים בזיקוקים נדלקים, ונוצרת להבה המספקת את האנרגיה לעירור אלקטרוני של יוני המתכת במלחים.

כשהאלקטרוני חוזרים לרמות אנרגיה נמוכות יותר, נפלטים אורכי גל בתחום הנראה המקנים לזיקוקים את צבעיהם.

יוני מתכת בלהבה

בצורה דומה
אפשר להכניס
במעבדה מלחים
שונים ללהבת גז.
הלהבה גורמת
לעירור אלקטרוני
של יוני מתכת
במלחים.

אורכי הגל
הנפלטים צובעים
את הלהבה
בצבעים שונים.



מלח ליתיום

מלח נתרן

מלח נחושת

נורות נתרן בתאורת רחוב



במנורות הרחוב הצהובות יש נורות נתרן. הנורות מכילות, בין השאר, נתרן מוצק שעובר אידוי ועירור אלקטרוני בגלל המתח החשמלי. האור הצהוב נפלט כשהאלקטרונים יורדים לרמת אנרגיה נמוכה יותר.

הקרינו דגימה של אטומי מימן עם פוטונים בעלי אנרגיה של $2.09 \cdot 10^{-18}$ J, שגרמו לעירור אלקטרוני מרמה E_1 לרמה המעוררת E_5 .

לאחר העירור, בחלק מהאטומים האלקטרונים חזרו מרמה E_5 ישירות לרמה E_1 .

- א. מהו אורך הגל שנפלט כתוצאה ממעבר זה?
- ב. האם בספקטרום הפליטה נראה את הקרינה הנפלטת כקו צבעוני?

כאשר אלקטרונים חוזרים מרמה E_5 לרמה E_1 , נפלטת אנרגיה זהה לזו של הפוטון שנבלע. אנרגיה זו שווה להפרש האנרגיות בין רמה E_5 לרמה E_1 .
נחשב את אורך הגל הנפלט:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{sec} \times 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}}{2.09 \cdot 10^{-18} \text{J}} = 9.5 \cdot 10^{-8} \text{m} = 95 \text{nm}$$

לא נראה קו צבעוני בספקטרום הפליטה כי אורך גל זה נמצא בתחום העל-סגול ולא בתחום הנראה.

כשמעבירים אור לבן דרך מנסרה מתקבל ספקטרום רציף, וכשמעבירים קרינה הנפלטת ממדגם של אטומים דרך מנסרה מתקבל ספקטרום קווי.

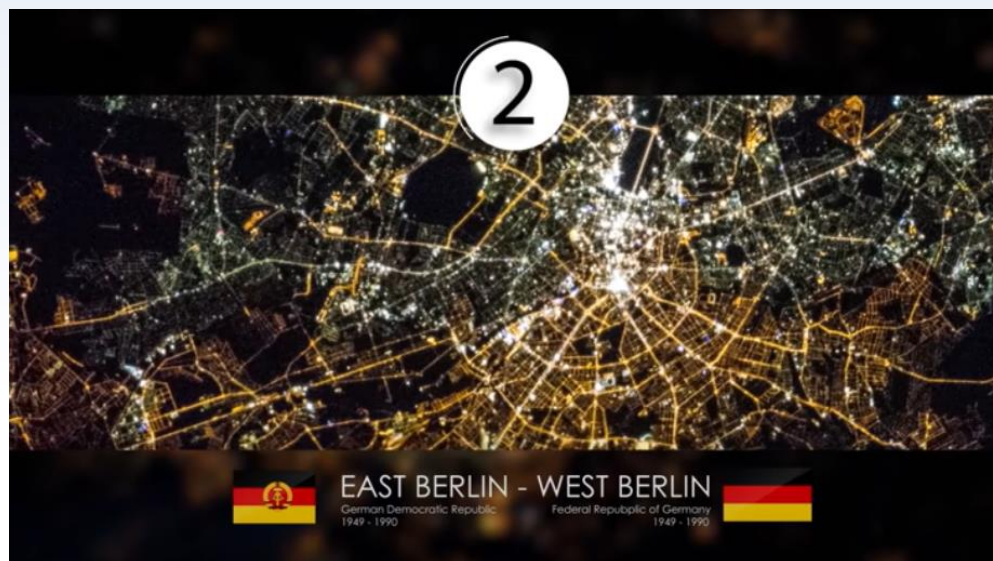
קרינה באורך גל מתאים, מתח חשמלי או חימום יכולים לגרום לעירור אלקטרוני.

בליעה ופליטה ספונטנית הם תהליכים של מעברי אלקטרונים בין הרמות באטום.

לכל אטום ספקטרום קווי אופייני.

צבעיהם של זיקוקי דינור נוצרים מפליטת פוטונים בתחום הנראה על ידי יוני מתכות מעוררים.

נצפה בסרטון



ברלין בלילה מצולמת מתחנת החלל הבינלאומית

https://www.youtube.com/watch?v=qwCkUj6TsEU&ab_channel=SpaceReloaded

לצפות בדקות 6:14 – 5:19 בלבד

מתחנת החלל הבינלאומית רואים בלילה את ההבדל בין ברלין המערבית (תאורה פלואורסצנטית – אור לבן) למזרחית (נורות נתרן – אור צהוב).