



מודל האטום של בוהר (Bohr)

בוהר דימה את האטום למערכת שמש קטנה בה הגרעין הוא ה"שמש" והאלקטרון משמש כ"כוכב לכת". בשונה ממערכת השמש, בה הכוח הגורם למסלול הכוכבים הוא גרביטציוני, במודל של בוהר הכוח הוא כוח חשמלי. הכוח בין גרעין המימן - פרוטון בעל מטען יחיד - והאלקטרון - שוב מטען יחיד - הוא $\frac{ke^2}{r^2}$ (k הוא קבוע קולון, e הוא מטען האלקטרון או הפרוטון ו r הוא המרחק ביניהם).

1. רשום את הביטוי האלגברי לכוח הצנטריפטלי הדרוש על מנת שגוף אחד יסתובב סביב גוף אחר.

2. הסבר מדוע הקשר הבא הוא קשר נכון?

$$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

3. כפול כל אגף ב $\frac{1}{2}r$ כדי לקבל

$$\frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} = \frac{1}{2} mv^2$$

4. האגף הימני של המשוואה וודאי מוכר לך. מה מייצג $\frac{1}{2} mv^2$? רשום את המשוואה שבסעיף 3 מחדש כשבאגף הימני תרשום את ש $\frac{1}{2} mv^2$ מייצג.

5. אתה וודאי זוכר מלימודי החשמל שהאנרגיה הפוטנציאלית של אלקטרון המצוי בקרבת מטען חיובי

שמטענו כשל מטען האלקטרון היא $E_{elec} = \frac{-ke^2}{r}$. כשנשווה ביטוי זה עם הביטוי לאנרגיה הקינטית

שבסעיף 4 נקבל ש $E_k = -\frac{1}{2} E_{elec}$. הסבר את משמעות הסימן השלילי.

6. רשום ביטוי אלגברי לאנרגיה הכוללת של האלקטרון הסובב את הפרוטון ע"י חישוב הסכום של האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית שלו כפי שהן באו לידי ביטוי בסעיף 5.

7. הביטוי שאליו היית אמור להגיע בסעיף הקודם מראה שהאנרגיה הכוללת של האלקטרון היא שלילית. מה המשמעות של אנרגיה אלקטרון כוללת שלילית?

יש לנו עתה משוואות עבור אלקטרון הסובב פרוטון. יחד עם זאת עלינו להיזהר מלהתייחס לתמונה

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.



זו כפשוטה. למשל, מודל זה מציע סיבוב במישור, אך אטום המימן נראה מתנהג ככדור. בנוסף, מודל זה אינו מספק שום הצעות לרמות אנרגיה מסוימות.

כדי להמשיך, עלינו לשאול רעיון מ Louis de Broglie. תנע האור נמצא שווה לקבוע פלנק חלקי אורך הגל; de Broglie קבע שביטוי זה יהיה טוב גם לחומר. ניסויים הראו שאלקטרונים המוחזרים מגבישים אכן מספקים תבנית התאבכות, תופעה המחזקת את הרעיון שלחומר יש תכונות הדומות לתכונות שיש לגלים. לעצמים גדולים כמו גולה שמסתה 20 גרם הנעה במהירות של 1 cm/sec, אורך הגל קטן פי ביליוני פעמים מרוחב האטום. בכל זאת, לעצמים קטנים כמו האלקטרון, אורך הגל ארוך דיו כדי להעניק לו חשיבות.

נעזר במשוואות התנע והאנרגיה הקינטית ונקבל ש $p^2 = 2mE_k$, נציב את הקשר של de Broglie, $p = \frac{h}{\lambda}$,

$$\text{ונקבל ש } \frac{h^2}{\lambda^2} = 2mE_k \text{ או } h^2 = 2mE_k \lambda^2$$

לכאורה מה שקיבלנו לא נראה כהתקדמות, אך מבט נוסף ב λ יועיל לנו.

8. קח "סרגל גלים" (סרגל שקוף גמיש שעליו מצויר גל סינוס) וכופף אותו למעגל. גרום לתבנית הגל "להתאים" (כלומר שמספר שלם של אורכי גל ייכנס בהיקף המעגל). הקטן את המעגל ושוב "התאים" את הגל. מהו היקף המעגל שעדיין "יתאים" לאותו אורך גל?

9. מהו היקף המעגל הגדול יותר הבא שעדיין "יתאים"?

10. רשום קשר מתמטי כללי שיקשור את המספר השלם של אורכי הגל המתאימים, n , לרדיוס המעגל.

נציב את הביטוי שקיבלת בסעיף מסעיף 10 לתוך הביטוי $h^2 = 2mE_k \lambda^2$ כדי ש λ לא יופיע ונקבל

$$h^2 = 2mE_k \frac{4\pi^2 r^2}{n^2}$$

מסעיף 4 נוכל לקבל ביטוי עבור הרדיוס $r = \frac{1}{2} \frac{ke^2}{E_k}$, וכשנציב אותו בביטוי הקודם נקבל

$$E_k = -E_t, \text{ ונזכור ש } E_k = \frac{2m\pi^2 k^2 e^4}{h^2 n^2} \text{ נחלץ את האנרגיה הקינטית } h^2 = 2mE_k \frac{4\pi^2 \frac{1}{4} k^2 e^4}{E_k n^2} = \frac{2m\pi^2 k^2 e^4}{E_k n^2}$$

$$E_t = -\frac{2m\pi^2 k^2 e^4}{h^2 n^2} \text{ , נקבל שהאנרגיה הכוללת היא}$$

נציב את ערכי הקבועים ונקבל:

$$E_t = -13.6 \text{ eV}/n^2$$

קובץ זה נועד אך ורק לשימוש האישי של מורי הפיזיקה ולהוראה בכיתותיהם. אין לעשות שימוש כלשהו בקובץ זה לכל מטרה אחרת ובכלל זה שימוש מסחרי, פרסום באתר אחר (למעט אתר בית הספר בו מלמד המורה), העמדה לרשות הציבור או הפצה בדרך אחרת כלשהי של קובץ זה או כל חלק ממנו.



הדבר המדהים לגבי ביטוי זה הוא שזמן רב לפני כל החישובים הללו, מישהו צפה בספקטרום המימן וקבע באופן ניסיוני את המשוואה למציאת רמות האנרגיה במימן:

$$E_n = -13.6 \text{ eV}/n^2$$

11. לרמת האנרגיה הנמוכה ביותר במימן קוראים רמת היסוד והיא מתאימה ל $n = 1$. מהי כמות האנרגיה ברמת היסוד עבור המימן?