



מודל האטום של רתרפורד דף עבודה מלווה הדמיות ברשת שולמית קפון

חלק ראשון: מודל תומסון למודל רתרפורד

היכנסו לאחד משני הקישורים המצורפים:

א. מבנה האטום - מודל תומסון למודל רתרפורד 1

<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/ruther14.swf>

זוהי הדמיית פלש מלווה בהסברים קוליים באנגלית (קצר ומתומצת). הקשיבו להוראות ולהסברים. אם אינכם מרגישים נוח עם הסברים באנגלית, תוכלו לעבוד עם קישור מס' 2.

מקור: אתר הספר Essential Chemistry, 2/e, by Raymond Chang.

ב. מבנה האטום - מודל תומסון למודל רתרפורד 2

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/chem2000/807/home2.html>

זוהי מצגת פלש אנטראקטיבית בעברית ללא קול. קראו את המצגת בעיון ועקבו אחרי ההוראות.
מקור: רות בן צבי, מתוך האתר כימיה במנהרת הזמן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

תוך כדי צפייה עצרו וענו על השאלות הבאות:

1. תארו את המודל שהציע תומסון לתיאור האטום

2. מהי התכונה של האטום אותה המודל מצליח להסביר?

3. מה היה מערך הניסוי שהציע רתרפורד? הוסיפו סרטוט סכמטי של מערכת הניסוי.



4. מה היו השערות של רתרפורד לגבי תוצאות הניסוי בהתאם להנחה הרווחת באותה תקופה על מבנה האטום (מודל תומסון)?

5. מה היו התוצאות שנמדדו בפועל?

6. מדוע הפתיעו התוצאות הללו את רתרפורד?

7. מה היה המודל שהציע רתרפורד למבנה האטום?



חלק שני: ההסבר של רתרפורד לתוצאות הניסוי

1. הסבירו בעזרת החוקים, המושגים והעובדות שבמסגרת למטה את ההנחות הבאות של רתרפורד:

א. בין חלקיקי ה- α והאלקטרונים שבאטום פועל כוח דחייה/משיכה חשמלית (מחקו את המיותר).
הסבר:

רשמו ביטוי לכוח זה:

ב. לאינטראקציה בין חלקיקי ה- α והאלקטרון השפעה זניחה על תנועת חלקיקי ה- α .
הסבר:

רשמו ביטוי לכוח זה:

ג. בין חלקיקי ה- α וגרעין אטום הזהב פועל כוח דחייה/משיכה חשמלית (מחקו את המיותר).
הסבר:

רשמו ביטוי לכוח זה:

ד. רק התנע של חלקיקי ה- α משתנה כתוצאה מההתנגשות באטום הזהב. אפשר להזניח את רתיעת גרעין אטום הזהב כתוצאה מההתנגשות.
הסבר:

עובדות:

- מסת גרעין אטום הזהב גדולה בערך פי 50 ממסת חלקיקי ה- α .
- מסת אלקטרון קטנה בערך פי 8000 ממסת חלקיקי ה- α .
- המטען החשמלי של האלקטרון שלילי ושווה ל- $-e$.
- חלקיקי ה- α מורכב משני נאוטרונים ושני פרוטונים.
- המטען החשמלי של פרוטון חיובי ושווה ל- e .
- המטען החשמלי של גרעין הזהב חיובי. בגרעין יש Z פרוטונים. לפיכך מטען הגרעין שווה ל- Ze (בזהב $Z=79$).

מושגים וחוקים רלוונטיים אותם למדתם בשנתיים האחרונות:

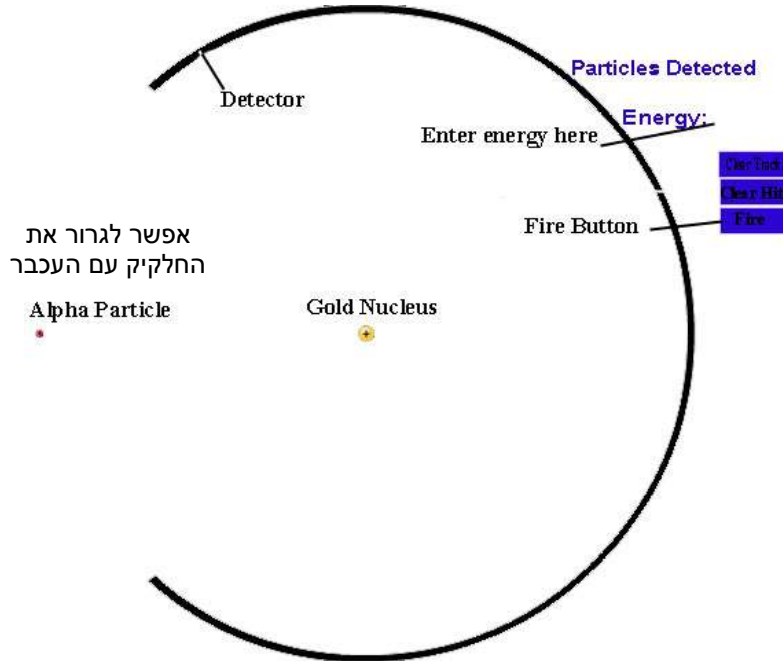
- חוק קולון
- החוק השני של ניוטון
- מתקף ותנע



2. היכנסו להדמיה של התנגשות חלקיק α בודד בגרעין של אטום זהב
<http://www.waowen.screaming.net/revision/nuclear/rsanim.htm>

המקור להדמיה: לא ידוע, אבל היא יפה...

הפעלת ההדמיה:



א. הפעילו את ההדמיה ובדקו מה קורה לחלקיק ה α המתנגש התנגשות מצחית בגרעין הזהב בשני מקרים: (1) לחלקיק ה α אנרגיה קינטית של 10MeV (2) לחלקיק ה α אנרגיה קינטית של 15MeV. באיזה מקרה הצליח החלקיק להתקרב יותר לאטום הזהב? מדוע?

ב. הראו שאם לחלקיק α הנמצא במרחק גדול מגרעין אטום הזהב, יש אנרגיה קינטית E_K

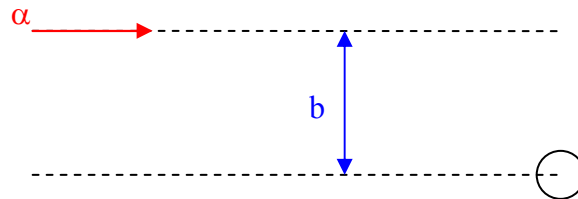
אז המרחק המינימלי מהגרעין שאליו יוכל החלקיק להגיע יהיה:
$$r_0 = \frac{2KZe^2}{E_K}$$

ג. רתרפורד קיבל בעזרת חישוב זה חסם עליון לרדיוס של הגרעין. חשבו גבול עליון לרדיוס גרעין הזהב אם נניח שהאנרגיה הקינטית הגבוהה ביותר של חלקיק ה α בניסוי שווה ל 15MeV.

מכיוון שממדי האטום הם מסדר גודל של 10^{-10} m תוכלו להבין שהגרעין קטן בערך פי 10,000 מהאטום.



נגדיר גודל הנקרא **פרמטר הפגיעה** ונסמן אותו באות **b**. פרמטר הפגיעה מתאר את המרחק בין גרעין אטום הזהב לבין כיוון התנועה המקורי של חלקיק α (ראו תרשים)



היכנסו שנית להדמיה.

<http://www.waowen.screaming.net/revision/nuclear/rsanim.htm>

קבעו את האנרגיה הקינטית של חלקיק α ל 15MeV . ניתן לגרור את חלקיק α עם העכבר למקום הרצוי. הריצו את ההדמיה מספר פעמים והגדילו בהדרגה את פרמטר הפגיעה.

ד. השלימו את המשפט:

ככל שפרמטר הפגיעה קטן יותר זווית ההסחה _____ (גדולה/קטנה) יותר.
כשפרמטר הפגיעה _____ (גדול/קטן) מאד כמעט ואין הסחה.

ה. בשני הסעיפים הקודמים (ג, ד) ראיתם שמימדי הגרעין קטנים בערך פי 10,000 ממדי האטום. ראיתם גם שחלקיק α מוסח בצורה משמעותית ממסלולו רק אם פרמטר הפגיעה שלו קטן. הסבירו בעזרת מידע זה את תוצאות הניסוי של רתרפורד:
(1) היו חלקיקי α שהוסחו בצורה מאד חזקה מהמסלול שלהם.
הסבר:

(2) התופעה הנ"ל נצפתה רק **לחלק זעום** מכלל חלקיקי α . רוב החלקיקים פגעו במסך כמעט ללא הסחה או בהסחה בזוויות קטנות מאד.
הסבר:



חלק שלישי: מודל רתרפורד – מודל פלנטארי של האטום

רתרפורד היה צריך להסביר מספר היקשים הנובעים מהמודל שלו:
אם:

- רדיוס הגרעין קטן פי כ 10,000 ממימדי האטום
 - מימדי האטום נקבעים על פי המרחק המקסימאלי של האלקטרון מהגרעין
 - בין האלקטרון והגרעין קיימת משיכה חשמלית
- כיצד האלקטרון נשאר "רחוק" מהגרעין??

רתרפורד הציע אנלוגיה בין האטום ומערכת השמש. כפי שכוכי הלכת נופלים כלפי השמש אולם אף פעם לא מגיעים אליה, שכן הם סובבים אותה במסלול סגור, כך האלקטרון נע במסלול סגור סביב הגרעין, ולכן נופל אל הגרעין אולם אף פעם לא מגיע אליו...

1. אטום המימן מורכב מגרעין המכיל פרוטון אחד בלבד אותו מקיף אלקטרון בודד. אם נניח שהמסלול הסגור של האלקטרון סביב הגרעין הוא מעגל ברדיוס r , הוכיח

$$E = -\frac{Ke^2}{2r}$$

שהאנרגיה הכוללת של האטום במצב זה שווה ל

2. נתון שאנרגיית היינון של המימן (האנרגיה המינימאלית שיש להשקיע כדי לעקור אלקטרון מהאטום) שווה ל 13.6eV. חשבו את רדיוס אטום המימן.

3. למדתם בחשמל ומגנטיות שחלקיק טעון שמאיץ קורן. מדוע עובדה זו מצביעה על בעיה במודל הפלנטארי של רתרפורד?

4. אטומים הקולטים אנרגיה ממקור חיצוני, כמו בחימום או בהתפרקות חשמלית מעוררים. אטומים אלה קורנים אור. כשבודקים את ספקטרום האור המתקבל מסתבר שהספקטרום מכיל מספר בדיד של אורכי גל. מדוע תופעה זו מצביעה על בעיה במודל הפלנטארי של רתרפורד?

מקורות:

1. נושאים בפיזיקה של פיזיקה של המאה העשרים – רפי כהן, אורי גניאל, יורם קירש
2. Rutherford Scattering, <http://www.waowen.screaming.net/revision/nuclear/rssim.htm>