



תלמידי כיתות י'-י"ב ממריאים להצלחה
בלימודי פיזיקה ומתמטיקה לבגרות עם

חנה קדמי
(א.א.)
לומדים בכיתה מהבית

קורסי הכנה לבגרות און-ליין

להצטרפות- חייגו או שלחו הודעה

חנה קדמי: 052-576-0117

הסיכום נכתב על ידי אלרואי לוי

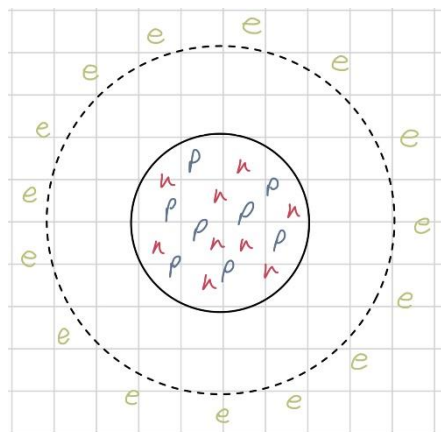
 סוכם על ידי-
אלרואי לוי

סוכם על ידי: אלרואי לוי

הערכה חלופית קרינה וחומר:

שיעור 1: מבנה האטום והגרעין:

האטום בנוי מפרוטונים, נויטרונים ואלקטרונים. הפרוטונים והנויטרונים נמצאים בתוך גרעין האטום והאלקטרונים מסתובבים סביב גרעין האטום. מטען הפרוטון הוא חיובי ומטען האלקטרון הוא שלילי. מטען הפרוטון שווה בדיוק למטען האלקטרון רק בסימן הפוך.



האפס לאחר ה-6 מראה דיוק
ושאין עוד ספרות לאחר ה-6.

$$q_p = +1.60 \cdot 10^{-19} [C]$$

$$q_e = -1.60 \cdot 10^{-19} [C]$$

$$q_n = 0$$

$$|q_p| = |q_e|$$

נויטרון: n

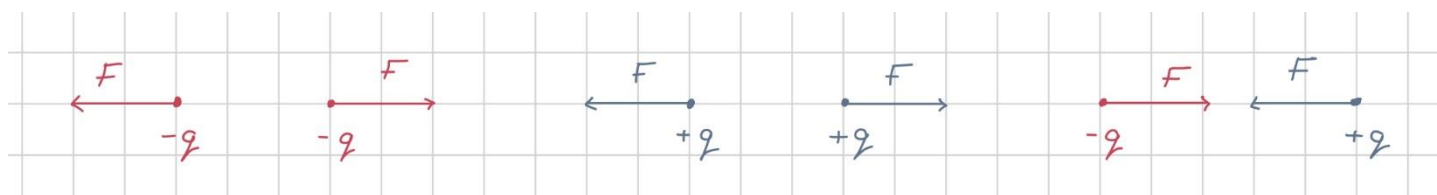
פרוטון: p

אלקטרון: e

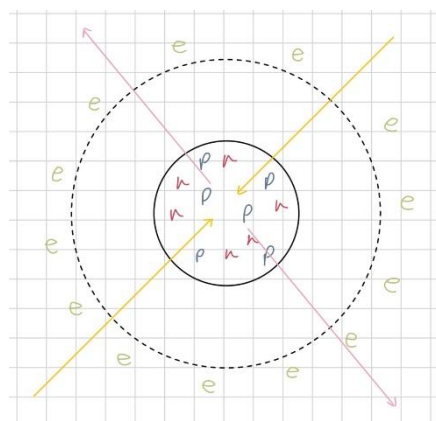
מטען מסומן כ- q

קולון- יחידת המידה של המטען המסומנת כ- [C]

מטענים שוי סימן דוחים זה את זה בכוח חשמלי, ומטענים שוני סימן נמשכים זה לזה בכוח חשמלי.



שאלה: הפרוטונים שבתוך גרעין האטום שוי סימן ולכן הם דוחים זה את זה בגלל הכוח החשמלי. אבל בכל זאת הפרוטונים בתוך הגרעין, איך זה יכול להיות?



כאשר מדובר במרחקים קטנים מאוד בסדר גודל של רדיוס של גרעין אטום, אז הכוח הגרעיני החזק מאוד משמעותי. כוח גרעיני חזק הוא הכוח שמחזיק את הפרוטונים והנויטרונים ביחד בתוך גרעין האטום והוא כוח משיכה חזק בין הנוקליאונים שבתוך הגרעין (נוקליאון הוא פרוטון או נויטרון), פרוטון נמשך לפרוטון, נויטרון נמשך לנויטרון ופרוטון נמשך לנויטרון. הכוח הזה מונע מגרעין האטום להתפרק בגלל הכוח החשמלי.

← כוח גרעיני חזק
← כוח חשמלי

$$\frac{1}{10^{15}} [m] \text{ רדיוס של גרעין אטום הוא בערך}$$

$$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot q_p \cdot q_p}{r^2} \sim \frac{1}{r^2} = \frac{1}{(10^{-15})^2}$$

$$F \sim \frac{1}{r^6} = \frac{1}{(10^{-15})^6}$$

כאשר הרדיוס הוא לא מאוד קטן כמו רדיוס של גרעין אטום אז: F גרעיני חזק $> F$ חשמלי ולכן במרחקים הגדולים מרדיוס של גרעין אטום הכוח שמשפיע הוא החשמלי והכוח הגרעיני החזק שואף לאפס- כלומר, אינו מורגש.

חמשת הכוחות היסודיים בטבע:

- כוח הכבידה: הוא כוח משיכה הפועל על שתי מסות מעצם היותן מסות. כוח הכבידה הוא הכוח הכי קטן ביקום והוא מורגש רק כאשר מדובר במסות ענקיות בסדר גודל של כוכבי לכת או כוכבים.

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (G = 6.67 \cdot 10^{-11})$$

- כוח אלקטרומגנטי:
 - כוח חשמלי.
 - כוח מגנטי.
- כוח גרעיני חזק: פועל בתוך גרעין האטום ואחראי על לכידות הגרעין.
- כוח גרעיני חלש: אחראי על פירוק ספונטני של הגרעין – הוא "מסכסך" בין הנוקלאונים לאורך זמן.

ממה בנויה מסת האטום:

$$m_p \sim m_n = 1.67 \cdot 10^{-27} [kg]$$
$$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} [kg]$$

מסת הפרוטון והנויטרון גדולה כמעט פי 1,833 ממסת האלקטרון, זה אומר שרוב מסת האטום נמצאת בגרעין האטום והאלקטרונים כמעט ולא משפיעים על מסת האטום.

האלקטרונים נמשכים לגרעין האטום משום שגרעין האטום חיובי והאלקטרונים שליליים אז על מופעל עליהם כוח חשמלי שמושך אותם כלפי גרעין האטום, אז איך למרות זאת האלקטרונים ממשיכים להסתובב מחוץ לגרעין ולא מגיעים אל גרעין האטום (אסור לאלקטרון להיות בתוך הגרעין)?

בגלל שלאלקטרונים יש מהירות סיבוב מסביב לגרעין המאונכת לכוח החשמלי לכן הם מבצעים תנועה מעגלית מסביב לגרעין האטום, כך שהאלקטרונים רוצים "לעוף מהמעגל" בגלל התנועה המעגלית אבל הם לא עפים בגלל הכוח החשמלי. הדבר דומה למערכת השמש- לכוכבי הלכת יש כוח כבידה כלפי השמש אבל הם לא מגיעים אל השמש בגלל התנועה המעגלית שלהם סביבה.

נשים לב, שבין הנוקליאונים (פרוטונים ונויטרונים) בתוך הגרעין יש ריק וגם בין האלקטרונים לבין הגרעין יש ריק ובין אטום לאטום יש ריק.

רדיוס של גרעין אטום הוא סדר גודל של $10^{-15} [m]$ (קטן מאוד מאוד מאוד) והרדיוס הסיבוב של האלקטרונים המסתובבים מסביב לגרעין האטום הוא סדר גודל של $10^{-10} [m]$, זה אומר שהרדיוס של האלקטרון מסביב לאטום הוא גדול בערך פי 100,000 מהרדיוס של גרעין אטום, זה אומר שהאלקטרונים מאוד רחוקים מהגרעינים שלהם. האטום מורכב מגרעין האטום ואלקטרונים המסתובבים סביבו, זה אומר שהאטום חלול ברובו כי בין האלקטרונים לגרעין יש ריק- יש כלום. הדבר דומה לכדור כדורגל המדמה גרעין אטום שנמצא במרכז אצטדיון כדורגל והאלקטרונים נמצאים בספסלים האחרונים של האצטדיון כאשר יש ריק בין הכדורגל (האטום) לאלקטרונים. בנוסף, מסת האלקטרונים קטנה פי 1833 ממסת הפרוטונים והנויטרונים, זה אומר שהאלקטרונים הם כמו יתושים קטנים המסתובבים מסביב לכדורגל המדמה את גרעין האטום. גם בין אטום לאטום יש מרווח גדול שיש בו ריק.

שאלה: אם כך איך אנחנו רואים חומר אם רובו ריק (חלול)?

שיעור 2: מבנה האטום והגרעין:

תשובה 1: החומר עשוי משכבות של אטומים שנמצאים אחד אחרי השני, כלומר- שכבה אחרי שכבה. בכל שכבה יש אטומים הרחוקים מאוד זה מזה, לכן אם נסתכל על שכבה אחת של אטומים אנחנו לא נראה כלום כי: האטומים חלולים וגם המרחקים בין האטומים גדולים מאוד, אבל החומר מורכב משכבות על שכבות על שכבות ... , מיליארדי שכבות, ולכן בכל מקום שנסתכל נראה אטומים.

תשובה 2: אנו רואים אור שפוגע בחומר וחוזר אלינו לעיניים, האור לא חייב לפגוע בחומר אלא הוא יכול רק לעשות אינטראקציה עם החומר- לעשות אינטראקציה עם האלקטרונים ולחזור אלינו לעיניים ואז אנו נראה גוף.

תשובה 3: כמו מאוורר שזז- אנו רואים כאילו חלל מלא, אותו הדבר לגבי האטומים הם זזים מהר מאוד והמוח לא יכול לעבד את זה נכון זה נראה לעין האנושית כאילו החלל הריק הוא כאילו מלא.

- מה שקובע את סוג החומר זה אך ורק מספר הפרוטונים שבו – לא מספר הניוטונים/ אלקטרונים שבו, הוספה או הוצאה של פרוטון משנה לגמרי את סוג החומר.
- הוספה או הוצאה של נוקליאון (פרוטון או ניוטרון) לאטום לוקח פי מיליון יותר אנרגיה מאשר להוציא או להוסיף אלקטרון.

שאלה: הכוח החשמלי הרבה יותר חזק מכוח הכבידה, אז מדוע כוח הכבידה הוא זה שמורגש ביקום ולא הכוח החשמלי?

בממוצע ביקום, מספר האלקטרונים שווה למספר הפרוטונים זה אומר שבממוצע המטען ביקום הוא ניטרלי- אפס, זה אומר שבממוצע הכוח החשמלי פחות מורגש, ולכן כוח הכבידה יותר מורגש.

התפרקויות:

זמן מחצית חיים הוא הזמן שלוקח לחומר להתפרק למחצית מערכו:

- אורניום: 238 נוקליאונים- בערך עשר מיליארד שנה $T_{\frac{1}{2}}$
- נתון: 24 נוקליאונים- 15 דקות $T_{\frac{1}{2}}$
- כסף: 110 נוקליאונים- 282 ימים $T_{\frac{1}{2}}$
- פחמן: 14 נוקליאונים- 5000 שנה $T_{\frac{1}{2}}$

דוגמה: נתון חומר עם 20,000 חלקיקים של פחמן 14. כמה חלקיקים יישארו לאחר 20,000 שנה?
(4 פעמים זמן מחצית חיים)?

נתון: $T_{\frac{1}{2}} = 5000$ שנה

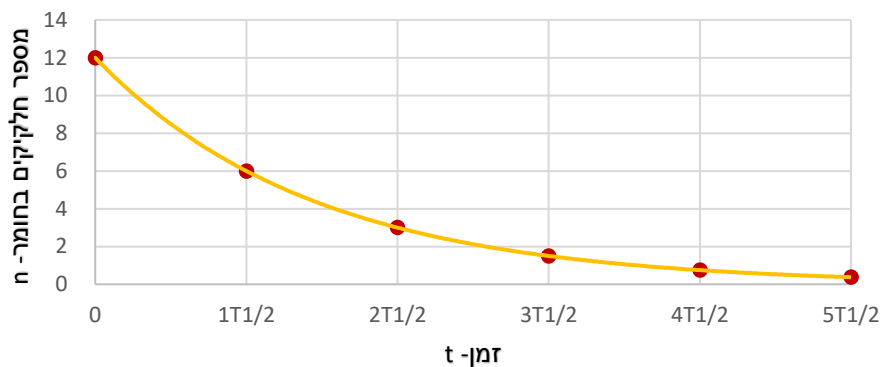
$$t = 0 \Rightarrow n_{\text{מספר חלקיקים}} = 20,000$$

$$t = T_{\frac{1}{2}} = 5,000 \text{ שנה} \Rightarrow n_{\text{מספר חלקיקים}} = 10,000$$

$$t = 2T_{\frac{1}{2}} = 10,000 \text{ שנה} \Rightarrow n_{\text{מספר חלקיקים}} = 5,000$$

$$t = 3T_{\frac{1}{2}} = 15,000 \text{ שנה} \Rightarrow n_{\text{מספר חלקיקים}} = 2,500$$

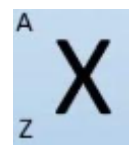
$$t = 4T_{\frac{1}{2}} = 20,000 \text{ שנה} \Rightarrow n_{\text{מספר חלקיקים}} = 1,250$$



בכל התפרקות נשמרים כמה חוקי יסוד:

1. חוק שימור אנרגיה - מסה.
2. חוק שימור תנע (קווי ו- זוויתי).
3. חוק שימור מטען: המטען הכולל לפני ההתפרקות חייב להיות שווה למטען הכולל לאחר ההתפרקות.
4. חוק שימור מספר נוקליאונים: מספר נוקליאונים לפני ההתפרקות צריך להיות שווה למספר נוקליאונים לאחר ההתפרקות.

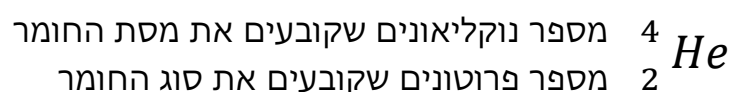
סימון אטום:



- X - שם היסוד.
- A - מספר נוקליאונים - מספר מסה (מספר פרוטונים + מספר אלקטרונים).
- Z - מספר פרוטונים.

נראה לדוגמה - אטום של הליום:

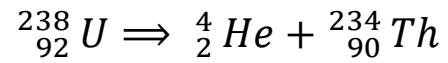
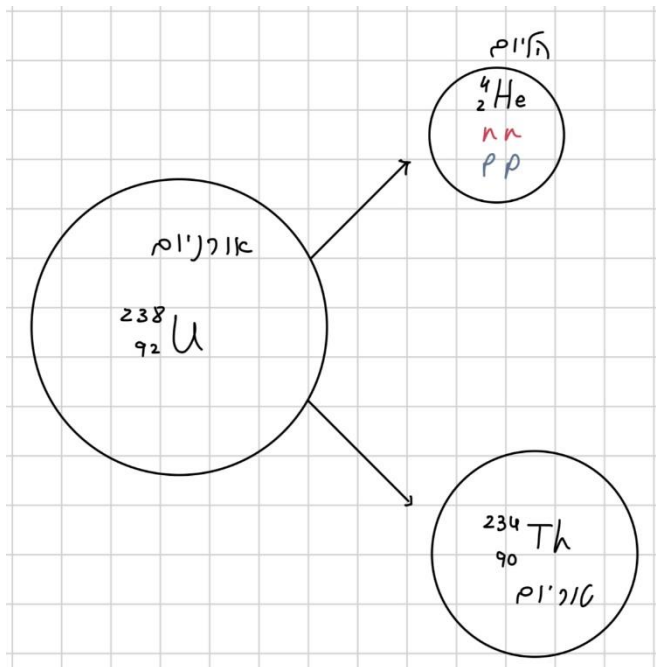
אטום הליום - 2 פרוטונים ו-2 נויטרונים בגרעין ושני אלקטרונים.



סוכם על ידי: אלרואי לוי

כמה סוגי התפרקויות:

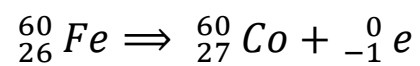
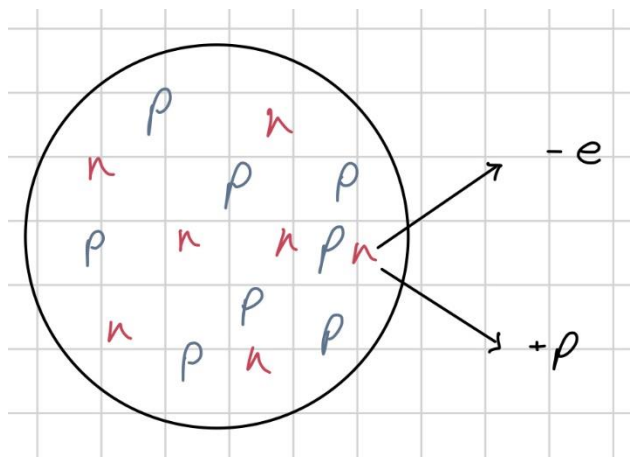
התפרקות α (התפרקות הליום) - יציאה של חלקיק הליום מאטום גדול יותר:



אורניום

שיעור 3: התפרקויות:

התפרקות β - (בטא מינוס): מתרחשת כאשר אחד הנויטרונים שבגרעין מחליט להתפרק לפרוטון שנשאר בגרעין ולאלקטרון שלילי הנפלט ממנו:



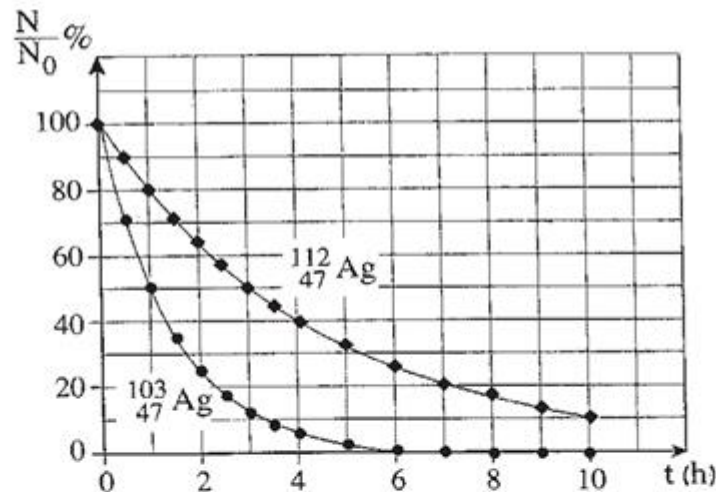
ברזל

5. הגרעין $^{107}_{47}\text{Ag}$ קולט נויטרון והופך לגרעין חדש, $^{108}_{47}\text{Ag}$, שהוא רדיואקטיבי. הגרעין $^{108}_{47}\text{Ag}$ מתפרק ופולט חלקיק β^- . מתהליך ההתפרקות מתקבל גרעין X.

- א. כמה פרוטונים וכמה נויטרונים יש בגרעין $^{107}_{47}\text{Ag}$: $(3\frac{1}{3}$ נקודות)
 ב. האם הגרעין X הוא איזוטופ של היסוד Ag ? הסבר. (6 נקודות)
 ג. (1) רשום את המשוואות של שני התהליכים הגרעיניים המתוארים (קליטת הנויטרון ופליטת החלקיק β^-).

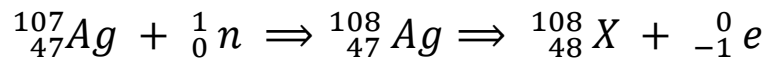
- (2) ציין שני חוקי שימור שהשתמשת בהם בכתיבת המשוואות. (8 נקודות)

- בתרשים שלפניך מוצגים שני גרפים: $\frac{N}{N_0}$ (באחוזים) כפונקציה של זמן, t, המתארים את תהליך התפרקות של האיזוטופים $^{103}_{47}\text{Ag}$ ו- $^{112}_{47}\text{Ag}$. N_0 – מספר גרעיני האב ברגע $t = 0$, N – מספר גרעיני האב ברגע t.

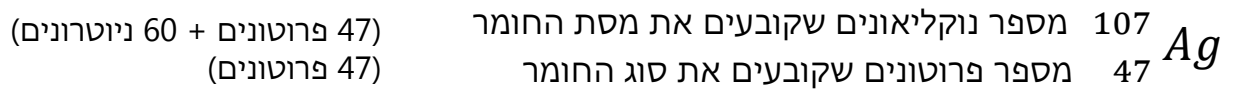


- ד. נמצא שברגע $t = 3\text{h}$, במדגם של איזוטופ $^{103}_{47}\text{Ag}$, נשאר $N = 4 \cdot 10^{28}$ גרעיני אב. חשב את מספר גרעיני האב N_0 במדגם זה ברגע $t = 0$. (8 נקודות)
- ה. במעבדה הכינו מדגמים של שני איזוטופים: $^{103}_{47}\text{Ag}$ ו- $^{112}_{47}\text{Ag}$. פעילות (מספר ההתפרקויות בשנייה) של שני המדגמים ברגע $t = 0$ שווה. חשב את היחס בין מספר גרעיני האב בשני המדגמים ברגע $t = 0$. (8 נקודות)

5.



א.



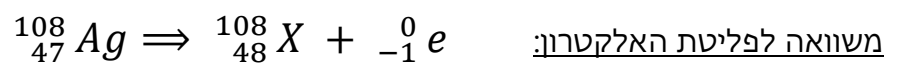
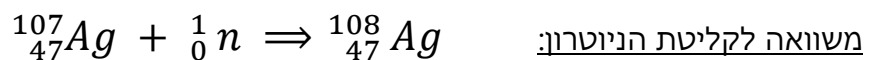
ב.

מהו איזוטופ?

לאיזוטופים שונים יש את אותה הכמות פרוטונים כי זה אותו החומר אבל מספר ניוטרונים שונה. ולכן, הגרעין X הוא לא איזוטופ של היסוד Ag כי יש להם מספר פרוטונים שונה- הם לא אותו סוג חומר.

ג.

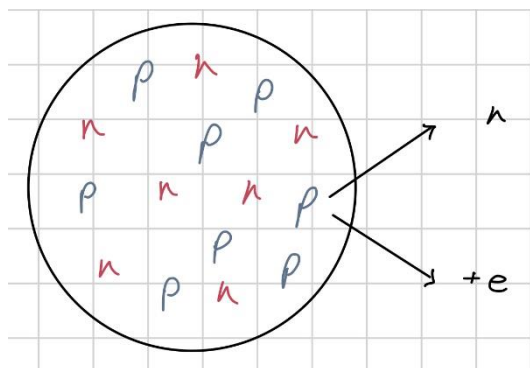
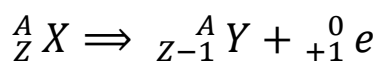
1)



2)

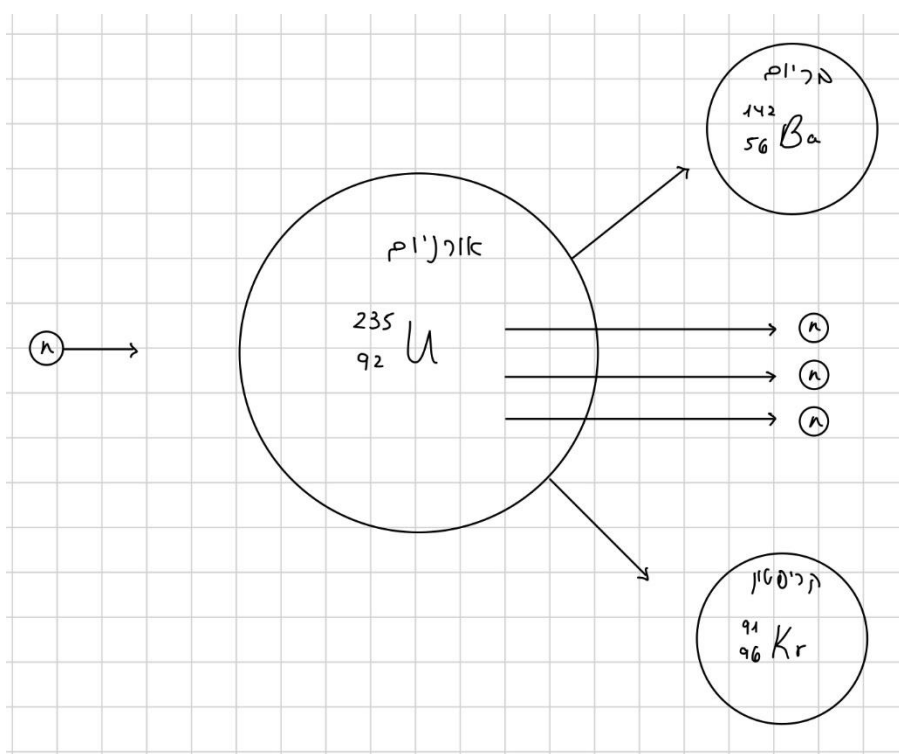
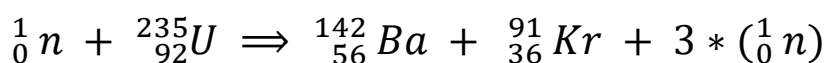
חוק שימור מטען וחוק שימור מספר נוקליאונים.

התפרקות β (בטא פלוס): מתרחשת כאשר אחד הפרוטונים שבגרעין מתפרק לניוטון הנשאר בגרעין ולאלקטרון חיובי הנפלט מהגרעין. אלקטרון חיובי נקרא גם פוזיטרון.



התפרקות γ (גאמא מינוס) וקרינת γ : בכל התפרקות נפלט אור, ולאור יש אנרגיה כלומר נפלטת אנרגיה. בדרך כלל, בהתפרקויות של גרעין אטום נפלטת אנרגיה עצומה שהיא קרינת גאמא. קרינת גאמא היא קרינה מסרטנת שאורך הגל שלה קצר מאוד והיא קרינה אנרגטית ביותר- היא יכולה לחדור את כל גוף האדם ולעבור דרכו. כאשר היא פוגעת בתאי הגוף הקרינה הזו משנה את הדנ"א של התא והופכת אותו לתא אחר שיועד להתרבות בצורה לא מבוקרת- זהו סרטן. ולכן לאחר פצצת אטום יש קרינה רדיואקטיבית מטורפת שנפלטת והקרינה הזו שלא רואים אותה בכלל- מסרטנת.

ביקוע גרעיני:



שיעור 4: מהו אור, ומאיץ חלקיקים:

מהו אור?

- אור זה גל, ניסוי יאנג (ניסוי החריצים) הוכיח שהאור הוא גל- הוא גל אלקטרומגנטי שמתקדם במרחב. ניסוי יאנג מוסבר רק על ידי כך שהאור הוא גל.
- אור הוא חלקיק בשם פוטון שמתקדם במרחב במהירות האור. פוטון הוא קוונט של אנרגיה- מנה בדידה (שלא ניתנת להפרדה) של אנרגיה שמתקדמת במרחב, הפוטון חסר מסה ובעל אנרגיה. הניסוי שהוכיח שהאור הוא חלקיק ולא גל הוא האפקט הפוטו-אלקטרי שאיינשטיין הסביר אותו ולכן זכה בפרס נובל.

תיאוריית הפשרה: האור הוא חלקיק פוטון- חלקיק שנע בגל.

האנרגיה של האור:

מהירות האור:

$$c = 3 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right] = 300,000 \left[\frac{km}{s} \right]$$

מהירות האור בריק- שוות ערך להקפה של 7 פעמים של כדה"א בפחות משנייה אחת

$$c = 2.33 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]$$

מהירות האור במים

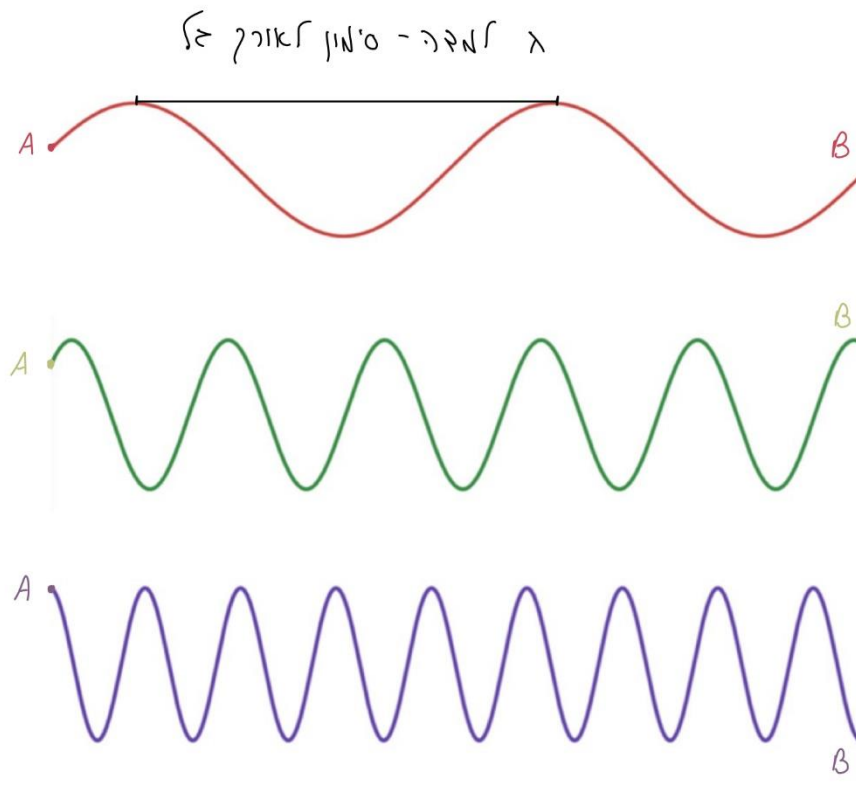
$$c = 2 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]$$

מהירות האור בזכוכית

$$c = 1.5 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]$$

מהירות האור ביהלום

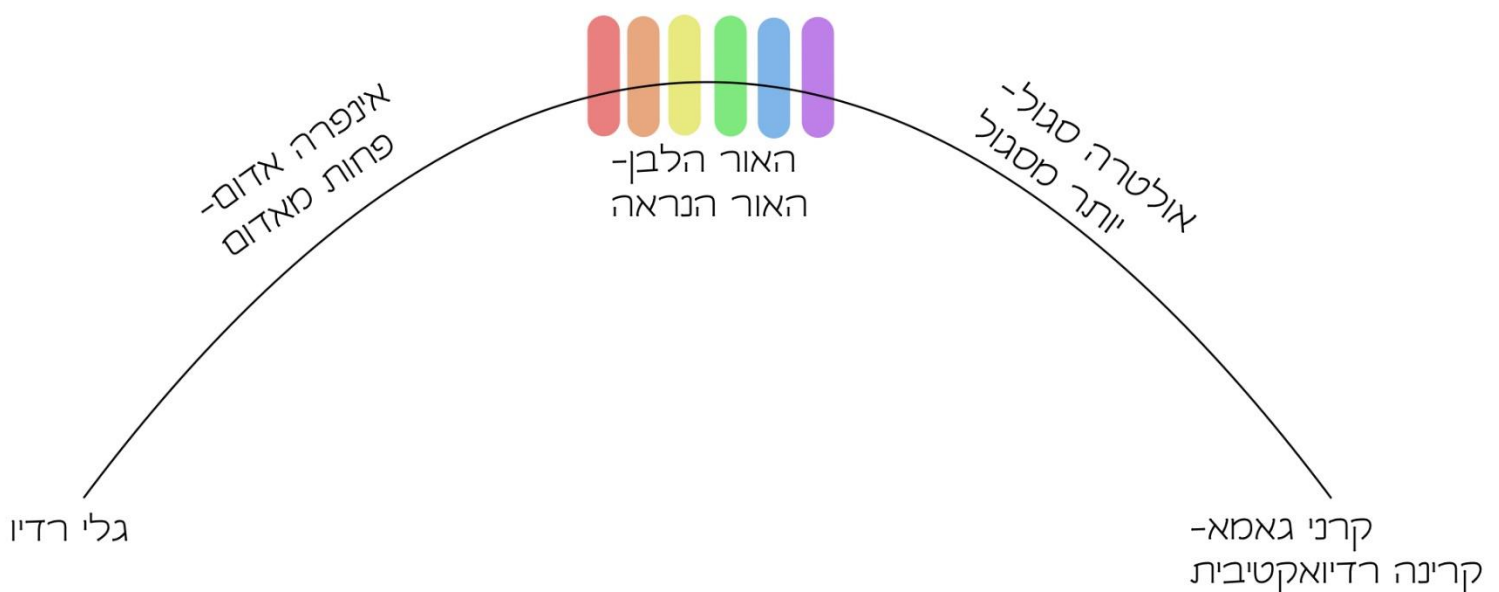
- ככל שהחומר קשיח יותר כך מהירות האור בו קטנה יותר.
- עבור אותו חומר מהירות האור זהה.



מסקנות:

- באותו החומר, מהירות כל הצבעים שבעולם שווה. כלומר באותו חומר, לאור האדום והסגול יש את אותה המהירות.
- באורך גל גדול התדירות f קטנה.
- ככל שאורך הגל קצר והתדירות גדולה יותר כך האנרגיה של הגל-האור תהיה גדולה יותר.

ספקטרום הגל האלקטרומגנטי - ספקטרום האור:



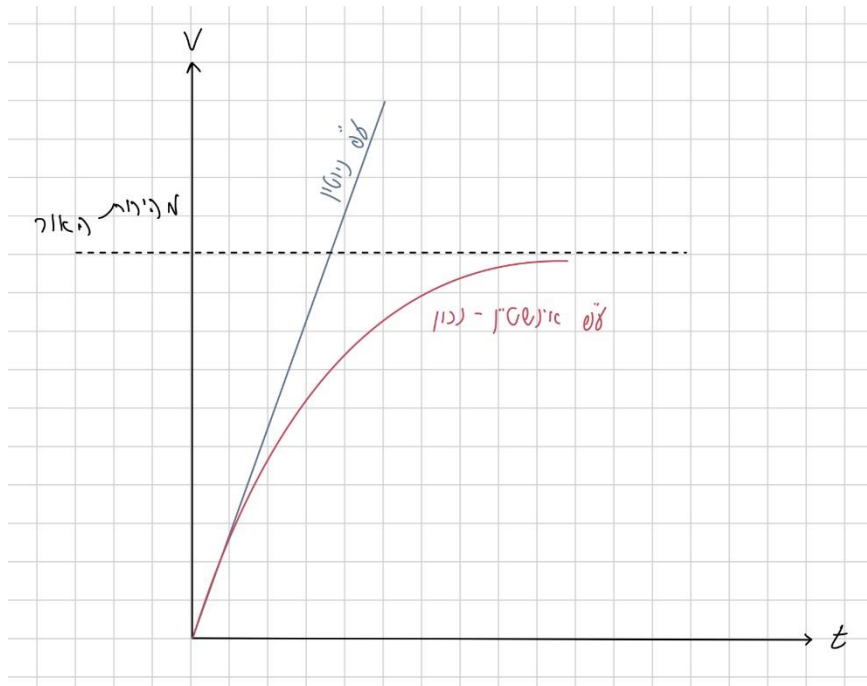
סוכם על ידי: אלרואי לוי

שאלה: האם ניתן לעקוף את מהירות האור?

ככל שאנו נעים מהר יותר כך הזמן הולך ומתארך- אנו מזדקנים לאט יותר. לא ניתן לעקוף את מהירות האור!

נשאלת השאלה: אם לא ניתן לעקוף את מהירות האור, אז אם תיאורטית הפעלתי כוח על גוף לאורך זמן רב, הגוף חייב להגדיל את מהירותו לפי חוק שני של ניוטון: אם יש כוח-יש תאוצה. ולכן על פי ניוטון אם יש תאוצה לאורך הרבה זמן באיזה שהוא שלב נגיע למהירות האור. אז אם לא ניתן להגיע למהירות האור, לאן האנרגיה שהשקענו (כוח לאורך דרך) הולכת?

$V = V_0 + at$ לפי נוסחה זו, אם יש כוח-יש תאוצה. ולכן לאורך הרבה זמן אנו אמורים להגיע למהירות האור.



כאשר אנו מגיעים למהירות שקרובה למהירות האור אז תוספת האנרגיה שניתנת למסה הופכת לתוספת מסה, מסת החלקיק גדלה והאנרגיה הפכה למסה. $\frac{f}{m} = a$, מסה גדלה ולכן התאוצה קטנה. כאשר אנו מתקרבים למהירות האור מסתנו גדלה, ותיאורטית כאשר נגיע למהירות האור מסתנו תהיה אינסופית ואז התאוצה שלנו תהיה אפס ולכן המהירות לא תגדל.

מאיץ חלקיקים:

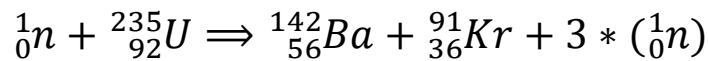
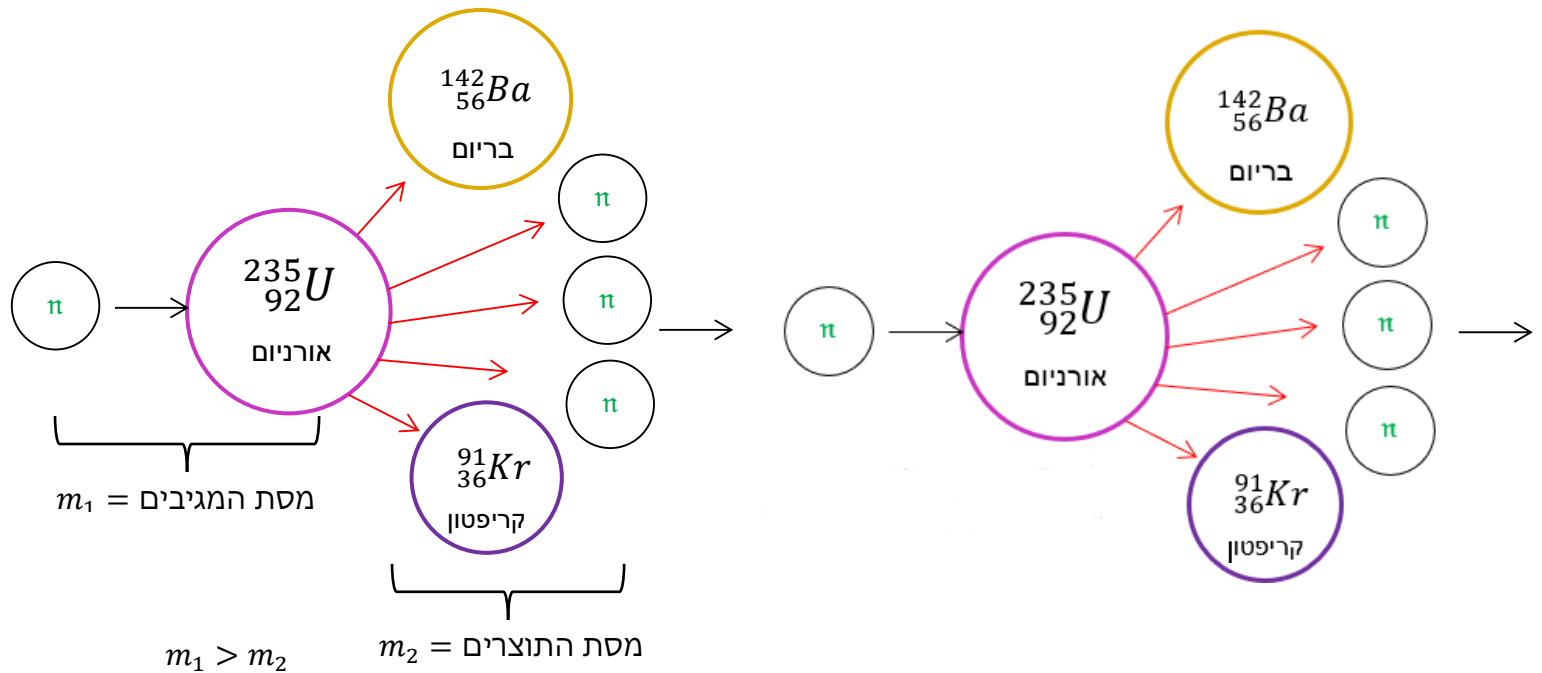
מאיץ החלקיקים הגדול ביותר בעולם נמצא בסרן שבשווייץ, הוא נמצא עמוק מתחת לפני האדמה ומשתרע לאורך של קילומטרים. במאיץ החלקיקים, אנו לוקחים חלקיקים ומאיצים את מהירותם- מגדילים את מהירותם כדי שהם יוכלו להתנגש בחלקיקים אחרים, לפוצץ אותם, להפריד אותם למרכיביהם וכך נוכל ללמוד על תכונות החומר. מאיצי החלקיקים לוקחים בדרך כלל פרוטון שמסתו גדולה ב- 1,800 ממסת האלקטרון, מאיצים אותו למהירות שהיא 99.99999 ממהירות האור ומסתו של הפרוטון גדלה פי 4,000 ממסתו המקורית. אלומה של פרוטונים אנרגטיים כאלה מתנגשת בחלקיקים אחרים ואז היא פשוט מפוצצת אותם וכך עושים כל מיני מחקרים למיניהם.

שאלה: מדוע מאיץ החלקיקים נמצא עמוק מתחת לאדמה?

כי בכל התפרקות נפלטות קרני גאמא מסוכנות וכדי שהן לא יפגעו בתושבי הסביבה, נשים את מאיץ החלקיקים בתוך האדמה כך שעד שהקרנה תעלה לאדמה שכבות האדמה המרובות יבלעו אותה ואז הקרנה לא תפגע באנשים.

שיעור 5: אנרגיה גרעינית- פצצות אטום:

ביקוע גרעיני- פצצת אורניום:



• קיים חוק שימור מטען וחוק שימור נוקליאונים.

• הפרש המסה מומר לאנרגיה לפי:

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

אנרגיה שמשחררת
בעקבות פחת המסה

מהירות האור
 $3 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]$

לניוטון הרבה יותר קל לפגוע בגרעיני אטום ולבקע אותם כי גרעין האטום הוא חיובי והניוטון הוא ניטרלי, לכן אין כוחות דחייה בין הניוטון לגרעין האטום. הסיכוי שפרוטון יפגע בגרעין אורניום הוא נמוך מאוד כי לפרוטון יש מטען חיובי והוא נדחה מגרעין האורניום שהוא גם חיובי. ברגע שניוטון פוגע באורניום הוא מבקע אותו לשניים והוא הופך לקריפטון, בריום ושלושה נייטרונים שונים. אם נמדוד את מסת המגיבים לפני הביקוע הגרעיני שהיא מסת הניוטון והאורניום הפציץ אז נראה שהמסה גדולה ממסת התוצרים שהיא מסת הקריפטון, הבריום ושלושת הניוטונים.

שאלה: להיכן נעלמה המסה?

המסה הפכה לאנרגיה: אנרגיה קינטית של התוצרים שהם המהירויות של הקריפטון, בריום ושלוש הנויטרונים, ועוד אנרגיית חום, ועוד אנרגיית קרינה- אור רדיואקטיבית ועוד אנרגיית קול וכו'. בדרך כלל המקור של אנרגיה רדיואקטיבית הוא בגרעין האטום כי כאשר גרעין האטום מתפרק הוא משחרר הרבה אנרגיה גרעינית על ידי אנרגיית קרינה חזקה מאוד. את רוב רובה של האנרגיה הגרעינית אנו בכלל לא רואים כי היא מחוץ לאור נראה ולכן היא אפילו יותר מסוכנת. לכן, הרבה אנשים שהגיעו למקום שעבר פיצוץ גרעיני, נחשפו לקרינה רדיואקטיבית שהם לא ידעו בכלל שקיימת, קיבלו סרטן ומתו. הקרינה הזו נקראת קרינת גאמא שיכולה לחדור קירות ובוודאי יכולה לחדור את גוף האדם. כאשר הקרינה הזאת פוגעת בתא של גוף האדם היא משנה את ההרכב הכימי שלו וזה בדיוק סרטן שגורם לתא להתרבות בצורה בלתי מבוקרת.

שאלה: מדוע כל כך הרבה אנרגיה מתפרצת מפצצת אטום של 20 ק"ג בסך הכל?

על פי נוסחת איינשטיין: $\Delta E = \Delta m * c^2$ פחת המסה הופכת לאנרגיה עצומה שמשתחררת כי מספיק פחת מסה קטן שמוכפל במהירות האור בריבוע זאת אנרגיה ענקית שיכולה לפוצץ עיר שלמה.

שאלה: נויטרונים שפוגעים באורניום באופן טבעי יש בשפע, אז למה אין פצצת אורניום בטבע?

האורניום בטבע נמצא בתוך סלעים של אורניום כאשר סלע מורכב מ- 99% אורניום לא פציץ ורק 1% אורניום פציץ. לכן, כדי שאנרגיה אדירה תתבקע בכמה שניות אנו צריכים תגובת שרשרת. כך שמבחינה סטטיסטית צריך שלפחות נויטרון אחד בממוצע שיצא מהאורניום שהתבקע, יפגע באורניום פציץ אחר ויבקע גם אותו, וגם נויטרון אחד בממוצע מהנויטרונים שיצאו מהאורניום הפציץ השני יפגע באורניום פציץ אחר וכן הלאה, וכך תיווצר תגובת שרשרת. הבעיה ליצור תגובת שרשרת היא כאשר האורניום הפציץ נמצא עם הלא פציץ ביחד ויש הרבה יותר לא פציץ מאשר פציץ, לכן הסיכוי שנויטרון יפגע בפציץ הוא מאוד נמוך ורוב הסיכויים שהנויטרונים יפגעו בלא פציץ ויאבדו את האנרגיה שלהם, ובכך לא תיווצר תגובת שרשרת.

שיעור 6: אנרגיה גרעינית- פצצות אטום:

פתרון:

לכן, אנו נרצה שיהיה יותר אורניום פציץ מאשר לא פציץ כדי שיהיה יותר סיכוי לנויטרונים לפגוע באורניום פציץ ובכך לקבל תגובת שרשרת. לכן, צריך להעשיר אורניום: להפריד את האורניום הפציץ מהאורניום הלא פציץ כדי שיהיו הרבה חלקיקי אורניום פציץ ביחד ואז יהיה יותר סיכוי לתגובת שרשרת- פיצוץ גרעיני. כדי שתהיה תגובת שרשרת אנו צריכים שמבחינה סטטיסטית לפחות אחד מהנויטרונים שמשתחררים באורניום יפגע באורניום פציץ אחר ובכך תיווצר תגובת שרשרת. כדי שסיכוי כזה יתרחש המסה של סלע האורניום צריכה להיות גדולה יותר ממסה קריטית.

מסה קריטית היא המסה המינימלית עם אחוז העשרה מינימלי כדי שתיווצר תגובת שרשרת. מסה קריטית- לדוגמה: בערך 20 ק"ג אורניום עם רמת העשרה של 80%. ככל שיש יותר אחוזים של אורניום פציץ כך צריך פחות ק"ג כי יש יותר סיכוי שנויטרון ימצא אורניום פציץ אחר לפגוע בו. אנו צריכים מספיק מסה כדי שהנויטרונים יפגעו באורניום פציץ ולא יתנדפו לסביבה.

איך מעשירים אורניום?

על ידי צנטריפוגה- מתקן שמסתובב מהר מאוד ובכך המסות הקטנות והגדולות נפרדות זו מזו. השוני של האורניום הפציץ מלא פציץ הוא רק עוד שלושה נויטרונים ולכן מסת האורניום הלא פציץ גדולה בשלושה נויטרונים ממסת האורניום הפציץ וכשהמתקן מסתובב האורניום הפציץ והלא פציץ נפרדים.

כיצד אנו מפעילים את מנגנון הפצצה?

אנו לוקחים מסה תת-קריטית, נגיד 12 ק"ג, ששם אין תגובת שרשרת ומחברים אותם עם מסה תת-קריטית נוספת וביחד נוצרת מסה על-קריטית שהיא גדולה יותר מהמסה הקריטית ולכן תיווצר תגובת שרשרת. ניוטרונים באוויר קיימים בשפע ולכן התחלת הפיצוץ של ניוטרון הפוגע באורניום אחד קורית מעצמה.

- * 5% רמת העשרה משמשת לאנרגיה גרעינית שמייצרת חשמל לבתים.
- * כ- 20% מאספקת האנרגיה לעולם היא אנרגיה גרעינית ורצוי אף יותר.
- * 15% רמת העשרה מיועדת למחקרים רפואיים. מעבר לכך זה לקראת פצצת אטום.

שאלה: למה אחרי פיצוץ גרעיני לא מומלץ לבוא למקום הפיצוץ?, הרי האנרגיה הרדיואקטיבית שנפלטת מהאורניום כאשר הוא הפך לבריום וקריפטון כבר נעלמה במהירות האור.

כאשר אורניום מתפרק לקריפטון ובריום אז יש הרבה נשורת גרעינית כי יש הרבה קריפטון ובריום שעפים לסביבה ומשתרעים על גבי קילומטרים. לקריפטון ובריום יש בערך זמן מחצית חיים של שנה אחת. כלומר, בשנה הראשונה הקריפטון והבריום פולטים הרבה אנרגיית קרינה כי הם מתרפקים לחומרים אחרים ובכל התפרקות כזו משתחררות קרני גאמא שהן מסרטנות, זה אומר שכאשר הם מתפרקים בשנה הראשונה, נפלטת המון קרינה. בשנה השנייה רק חצי מהחומר של הקריפטון והבריום נשאר ולכן הקרינה קטנה פי 2 ולאחר עוד שנה היא קטנה פי 4 ואחרי עוד שנה היא קטנה פי 8 וכו'... כך שלאחר כ-7 שנים אפשר לחזור למקום כי הנשורת הגרעינית (הזבל הגרעיני) כמעט נגמרה.

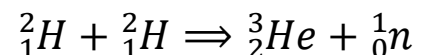
שיעור 7: אנרגיה גרעינית- פצצת מימן:

אנרגיה גרעינית:

- התפרקות גרעינית-פצצת אורניום/ פלוטוניום: חלקיק אחד גדול ממתפרק לחלקיקים קטנים ואז משתחררת אנרגיה כי יש פחת מסה בין המגיבים לתוצרים לפי $\Delta E = \Delta m \times c^2$.
- היתוך גרעיני- פצצת מימן: שני גרעינים קטנים מתאחדים לגרעין גדול.

למימן H יש פרוטון אחד. אך יש גם איזוטופים של מימן, סוגים שונים של מימן- מספר הפרוטונים שווה אך מספר הנויטרונים שונה. להליום He יש 2 פרוטונים.

פצצת מימן:



אנרגיה גרעינית מתפרצת כאשר מסת התוצרים קטנה ממסת המגיבים, לדוגמה- בפצצת מימן שני מימנים שהופכים להליום ויש פחת מסה שהיא גדולה יותר מפחת המסה באורניום ולכן, כאשר פחת המסה הזו מוכפלת במהירות האור בריבוע זאת אנרגיה אדירה שמתפרצת.

אם כך מה הבעיה ליצור פצצת מימן? הרי יש מלא מימן בכדור הארץ.

כדי ששני המימנים- שני פרוטונים יתמזגו ויהפכו להליום צריך שיהיה לשני הפרוטונים האלו מהירות מטורפת כדי שינועו זה לקראת זה ויתגברו על כוח הדחייה החשמלי ויגיעו למרחק קצר מאוד שהוא קטן יותר מרדיוס גרעין האטום שהוא בסדר גודל של $10^{-15} [m]$. במרחק כזה יתגבר הכוח הגרעיני החזק שמלכד את הנוקליאונים זה עם זה וגורם להיווצרות של אטום ההליום. כדי להקנות מהירות כה גבוהה לפרוטונים, צריך להיות רק על ידי טמפרטורה של מיליוני מעלות כי ככל שהטמפרטורה גבוהה יותר כך האנרגיה של החלקיקים גדולה יותר. טמפרטורה של מיליוני מעלות יכולה להיות רק בליבת כוכב, כי שם יש לחץ כבידה גדול מאוד והלחץ יוצר טמפרטורה גבוהה.

חומר אפל / אנרגיה אפלה:

כדור הארץ סובב סביב השמש בגלל כוח המשיכה ובגלל המהירות המאונכת (בערך) לכוח הכבידה מהשמש. מצד אחד, כדור הארץ רוצה לעוף מהמעגל החוצה בגלל מהירותו הגדולה, אך מצד שני יש כוח משיכה של השמש על כדור הארץ, ולכן, כדור הארץ ממשיך במסלולו, כי יש איזון בין המהירות לכוח. במהירות גדולה יותר, כדור הארץ יעוף מהמעגל ויצא ממערכת השמש. המהירות של כדור הארץ סביב השמש מתואמת בדיוק, אבל, בדקו כוכבים שונים בגלקסיות שונות ויצא שמהירות הכוכבים הרבה יותר גדולה ממה שהיא הייתה אמורה להיות אילו רק המסה הנראית והידועה של הגלקסיה היו מושכות את הכוכב. לכן, מניחים כי כנראה קיימת מסה נוספת בגלקסיות שאיננו יודעים מהי, אך משערים שהיא קיימת, כי אחרת הכוכבים של הגלקסיות היו עלולים לעוף מהגלקסיה ולהתפרק בגלל מהירותם הגדולה, אך זה לא קורה. המסה הנוספת הזו נקראת חומר אפל או אנרגיה אפלה או "Dark Matter".

בנוסף, אנו יודעים שאור נמשך למסות גדולות ולכן הוא סוטה לעברן, האור נמשך מאוד אל הגלקסיה וסוטה ממש לעברה הרבה יותר משהוא אמור להימשך על פי חישובים של מסה רגילה בתוך הגלקסיה, מה שנקרא "עידוש כבידתי" (כמו עדשה שגורמת לאור להתרכז ולסטות, להתכנס), כך הגלקסיה אמורה להסיט את אור הכוכבים אבל היא מסיטה יותר. לכן משערים שכ- 80% מהיקום עשוי מחומר אפל שאנו לא מצליחים לראות אותו אבל מנחשים שהוא קיים. המסה שאנו יודעים שהיא קיימת היא רק 20% מהמסה שביקום ו- 80% זה חומר אפל.

