

BAB 6 PELURUHAN BETA

Terdapat 3 proses yang disebut sebagai peluruhan beta : (1) Inti meluruh dengan emisi elektron, atau emisi negatron, disimbulkan dengan β^- , (2) Inti meluruh dengan emisi positron disimbulkan dengan β^+ dan (3) Penangkapan sebuah elektron yang terdapat pada lintasan terluar atom oleh inti atom, disebut tangkapan elektron atau electron capture (EC).

6.1 Energetika Peluruhan Beta

6.1.1 Emisi Elektron

Proses emisi elektron dapat ditulis sebagai



Dalam peluruhan beta negatif ini berlaku Hukum Kekekalan Energi.

Energi sistem sebelum dan sesudah peluruhan adalah

$$E_i = E_f \quad (6.2)$$

$$M_p c^2 = M_d c^2 + K_d + m_e c^2 + K_e \quad (6.3)$$

Energi disintegrasi, Q dalam peluruhan beta ini adalah

$$Q = K_d + K_e = (M_p - M_d - m_e)c^2 \quad (6.4)$$

Jika dinyatakan dalam massa atom nilai Q adalah

$$Q = [M(Z) - M(Z + 1)]c^2 \quad (6.5)$$

Dimana

$$M(Z) = M_p + m_e Z$$

$$M(Z+1) = M_d + m_e(Z + 1)$$

Peluruhan beta negatif akan terjadi bilamana massa inti induk lebih besar dari massa inti anak.

6.1.2 Emisi positron

Proses emisi positron dapat ditulis sebagai



Dalam peluruhan beta positif ini berlaku Hukum Kekekalan Energi.

Energi sistem sebelum dan sesudah peluruhan adalah

$$E_i = E_f \quad (6.7)$$

$$M_p c^2 = M_d c^2 + K_d + m_e c^2 + K_e \quad (6.8)$$

Energi disintegrasi, Q dalam peluruhan beta ini adalah

$$Q = K_d + K_e = (M_p - M_d - m_e)c^2 \quad (6.9)$$

Jika dinyatakan dalam massa atom nilai Q adalah

$$Q = [M(Z) - M(Z - 1) - 2m_e]c^2$$

Dimana

$$M(Z) = M_p + m_e Z$$

$$M(Z-1) = M_d + m_e(Z-1)$$

Peluruhan beta positif akan terjadi bilamana massa inti induk lebih besar dari massa inti anak. Di tambah dengan 2 kali massa diam elektron.

6.1.3 Electron capture

Pada proses electron capture berlaku persamaan



Jika dinyatakan dalam massa atom nilai Q adalah

$$Q = [M(Z) - M(Z - 1)]c^2 \quad (6.11)$$

Peluruhan tangkapan elektron akan terjadi bilamana massa inti induk lebih besar dari massa inti anak.

6.2. Pengukuran Energi

Pengukuran energi melibatkan dua jenis elektron. Pertama, elektron yang dipancarkan dari peluruhan beta selalu memiliki distribusi energi yang kontinu yang memiliki energi maksimum. Kedua, elektron konversi yang monoenergetik yang dipancarkan dari proses berikut : pada proses peluruhan gamma, yang biasanya mengikuti peluruhan beta, inti yang berada dalam keadaan eksitasi memberikan energinya ke elektron orbital dari pada

memancarkan sinar gamma. Elektron ini disebut elektron konversi. Pengukuran dari energi dan spektrum sinar beta menggunakan spektrometer magnetik

6.2.1 Spektrometer Magnetik

Analisis pertama terhadap spektrum sinar beta dilakukan oleh L. Baeyer dan O. Hahn pada tahun 1910. Elektron disimpangkan oleh suatu medan magnetik dan direkam dengan metoda fotografik. Sumber dari partikel beta ditempatkan pada sebuah kawat yang panjangnya beberapa millimeter dan diameternya kurang dari satu millimeter. Seberkas sinar beta diseleksi dengan celah dan masuk tegak lurus pada medan magnetik. Gerak partikel ini memenuhi persamaan

$$Bev = \frac{mv^2}{\rho} \quad (6.12)$$

dimana m adalah massa relativistik $\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

Momentum relativistik p dapat dihitung

$$p = eB\rho \quad (6.13)$$

Dengan mengetahui momentum maka energi kinetik dapat ditentukan

$$Ke = mc^2 - m_0c^2 = E - E_0$$

dimana

$$E = \sqrt{p^2c^2 + m_0^2c^4} - m_0c^2$$

6.2.2 Spektrometer Elektrostatik

Spektrometer elektrostatik dibuat untuk elektron energi rendah. Hasil yang diperoleh untuk elektron energi rendah cukup bagus, tetapi untuk energi yang lebih tinggi (>1,5 Mev) menghasilkan pemusatan yang tidak bagus. Karena itu penggunaan instrument ini bersifat terbatas dan tidak banyak perbaikan yang dilakukan untuk meningkatkan penggunaannya.

6.2.3 Metoda Lain.

Metoda lain yang digunakan untuk mengukur energi sinar beta adalah pencacah sintilasi, detector zat padat, metoda absorpsi, dan kamar kabut. Metoda ini tidak dapat dibandingkan

ketepatannya dengan spektrometer magnetik. tapi sedikit pengorbanan dalam akurasi pengukuran, pengukuran menjadi lebih sederhana.

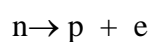
6.3. Interaksi Zarah Beta Dengan Materi

Proses dimana elektron kehilangan energinya dalam bahan lebih kompleks dibandingkan kehilangan energi partikel berat bermuatan. Hal ini disebabkan :

- (1) Karena massa yang kecil dan kecepatan yang besar dari elektron menyebabkan timbulnya efek relativistik dari elektron.
- (2) Berbeda dengan partikel berat bermuatan, elektron akan kehilangan sebagian besar energinya pada suatu tumbukan tunggal. Hal ini akan membuat sulit membedakan antara elektron datang dan elektron target. Disepakati bahwa elektron yang memiliki energi lebih tinggi adalah elektron datang (primer).
- (3) Tumbukan antara elektron dan atom, dimana elektron disimpangkan tanpa kehilangan energi (tumbukan elastik) sering terjadi.
- (4) Pada kecepatan yang sangat tinggi kehilangan energi adalah radiasi. Pada kecepatan yang luar biasa tinggi, kehilangan energi oleh ionisasi dan eksitasi dapat diabaikan dibandingkan radiasi.
- (5) Elektron yang dipancarkan pada proses peluruhan beta tidak memiliki suatu energi yang homogen, tetapi memiliki distribusi energi yang kontinu antara nol dan suatu maksimum.

6.4. Spektrum Zarah β Dan Neutrino

Elektron yang dipancarkan pada peluruhan beta memiliki distribusi energi yang kontinu yaitu dari nilai nol sampai suatu harga maksimum yang merupakan karakteristik nuklidanya. Misalnya spektrum elektron yang dipancarkan dalam peluruhan beta dari $^{210}_{83}\text{Bi}$ memiliki $K_{\text{maks}} = 1,17 \text{ Mev}$. Tetapi sangat jarang elektron terpancar dengan energi K_{maks} . Selain itu juga ditemukan bahwa momentum liner dan momentum sudut tidak kekal dalam peluruhan beta. Dalam peluruhan beta ternyata arah elektron yang terpancar dengan arah inti anak tidak tepat berlawanan. Ketidakekalan momentum sudut diturunkan dari spin $\frac{1}{2}$ dari elektron, proton dan neutron. Peluruhan beta tidak lain adalah transformasi sebuah neutron menjadi proton dan elektron



Karena spin dari masing-masing partikel adalah $\frac{1}{2}$ berarti momentum sudut tidak kekal dalam peluruhan beta.

Pada tahun 1930, Pauli mengusulkan jika sebuah partikel bermuatan dengan massa sangat kecil atau nol dan spin $\frac{1}{2}$ dipancarkan bersama-sama dengan elektron ketika terjadi peluruhan beta maka ketidakkekalan energi, momentum linier dan momentum sudut dapat diatasi. Partikel ini kemudian diberi nama neutrino.

6.5. Teori Peluruhan β

Sesuai dengan hipotesis neutrino Pauli, transformasi dasar yang terjadi dalam peluruhan β adalah

$$\begin{aligned}n &\rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu} \\p &\rightarrow n + \beta^+ + \nu \\p &\rightarrow {}_{-1}e^0 + \beta^+ + \nu\end{aligned}$$

Teori atau hipotesis peluruhan beta kemudian harus mengikuti teori Fermi tentang peluruhan beta :

- (1) Karena elektron dan neutrino tidak dapat berada dalam inti pada waktu yang sama, maka kedua dihasilkan pada waktu peluruhan.
- (2) Interaksinya sangat lemah dan memiliki jangkauan sangat pendek.

PERTANYAAN DAN SOAL-SOAL

1. Berapa besar massa atom nuklida induk harus melebihi nuklida anak bila
 - (a) elektron dipancarkan
 - (b) positron dipancarkan
 - (c) elektron ditangkap
2. Tentukanlah inti mana diantara inti-inti berikut ini yang akan meluruh dengan (a) Beta negatif, (b) Beta positif dan (c) Tangkapan elektron : Co^{60} , O^{15} , Na^{22} , P^{32} , A^{37} , Cu^{64} .
3. Hitung energi maksimum elektron yang dipancarkan dalam peluruhan ${}^{12}_5\text{B}$.
4. Inti ${}^{80}_{35}\text{Br}$ dapat mengalami peluruhan beta negatif, beta positif dan tangkapan elektron. Apakah nuklida anak pada masing-masing kasus dan berapa energi yang dipancarkannya.
5. Nuklida ${}^7_4\text{Be}$ tak mantap dan meluruh menjadi ${}^7_3\text{Li}$ melalui penangkapan elektron. Mengapa nuklida ini tidak meluruh melalui pemancaran positron.