

6

REAKSI INTI DAN TEKNOLOGI NUKLIR

Standar Kompetensi

Menunjukkan penerapan konsep inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi

Kompetensi Dasar

- Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi

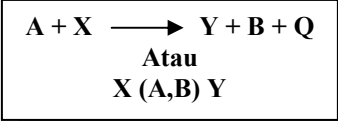
Indikator

- Mengilustrasikan prinsip kerja reactor nuklir
- Membuat ulasan mengenai reaksi fusi nuklir matahari
- Membuat ulasan prinsip kerja bom fisi dan fusi yang memanfaatkan energi ikat inti
- Menunjukkan contoh pemanfaatan radioisotope pada bidang teknologi

Pendalaman Materi

A. REAKSI INTI

Dalam reaksi inti, inti-inti diubah menjadi inti baru, sehingga inti atomnya berubah. Misalkan sebuah partikel A berenergi tinggi ditembakkan pada inti X sehingga menghasilkan inti baru Y dan sebuah partikel B serta membebaskan energi Q, maka reaksi tersebut di tulis :



- Dalam reaksi inti berlaku 4 hukum kekekalan, yaitu :
- hukum kekekalan momentum
 - hukum kekekalan energi
 - hukum kekekalan nomor atom
 - hukum kekekalan nomor massa

Jadi besarnya momentum dan energi sebelum dan sesudah reaksi sama besar. Jumlah nomor atom dan jumlah nomor massa atom-atom yang bereaksi sebelum dan sesudah reaksi jumlahnya sama. Dari hukum tersebut, besarnya energi reaksi bebaskan sebesar :

$$Q = [(m_A + m_X) - (m_B + m_Y)] \times 931 \text{ MeV} / \text{sma}$$

- Q = energi reaksi inti (MeV)
- m_A = massa partikel A (sma)
- m_B = massa partikel B (sma)
- m_X = massa partikel X (sma)
- m_Y = massa partikel Y (sma)

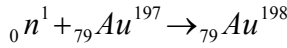
Jika $Q > 0$ reaksinya disebut reaksi eksotermik (reaksi membebaskan energi), jika $Q < 0$ reaksinya disebut reaksi endoterm (reaksi menyerap energi).

Partikel A yang digunakan menembak sinar X harus berenergi tinggi. Partikel ini dapat berupa proton yang dihasilkan oleh siklotron atau beripa neutron yang dihasilkan reactor nuklir. Proton yang memasuki medan magnet secara tegak lurus, maka lintasannya berupa lingkaran dengan jari-jari dan frekuensi putaran sebesar :

$$R = \frac{m.v}{B.q}$$

$$f = \frac{B.q}{2.\pi.m}$$

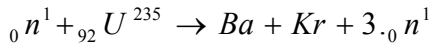
Reaksi inti dapat dimanfaatkan untuk membuat isotop radioaktif, yaitu atom-atom dengan nomor atom sama dan bersifat radioaktif. Pembuatan isotop radioaktif adalah dengan cara menembakkan neutron atau partikel alfa pada isotop stabil (non radioaktif). Contoh :



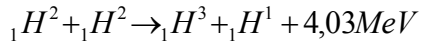
Atom emas ${}_{79}\text{Au}^{197}$ adalah atom stabil (non radioaktif), sedangkan atom ${}_{79}\text{Au}^{198}$ merupakan atom tak stabil (bersifat radioaktif)

Jenis-jenis reaksi inti

- Reaksi inti atom ada dua, yaitu :
- Reaksi fisi, yaitu reaksi pembelahan inti berat menjadi inti-inti yang lebih ringan sambil membebaskan energi. Reaksi fisi terjadi ketika inti berat ditembak partikel (proton cepat) dari siklotron atau menyerap neutron lambat dari reactor nuklir. Contoh reaksi fisi adalah :



- Reaksi Fusi, yaitu reaksi penggabungan inti-inti ringan menjadi inti berat sambil membebaskan energi. Contoh reaksi fusi adalah reaksi inti di matahari dan bintang-bintang. Reaksi fusi disebut juga dengan reaksi termonuklir, karena reaksi dapat berlangsung dalam suhu yang sangat tinggi. Contoh :



B. REAKTOR NUKLIR

Reaktor nuklir adalah alat tempat terjadinya reaksi inti berantai baik fisi maupun fusi yang terkendali. Reaktor nuklir memiliki beberapa komponen penting, yaitu :

1. *Bahan baker*, terletak diteras reactor (tempat bahan baker dan terjadinya reaksi inti). Teras reactor terletak didalam moderator. P umumnya bahan baker berupa uranium-235 yang diperkaya.
2. *Moderator*, berfungsi menurunkan energi neutron dari energi tinggi ke energi termik dengan cara memperlambat kelajuan neutron. Moderator juga berfungsi sebagai pendingin. Moderator dapat berupa air biasa (H₂O), air berat (D₂O), grafit dan berilium.
3. *Batang kendali / control*, berfungsi mengendalikan jumlah populasi neutron. Batang kendali terbuat dari bahan yang memiliki daya serap neutron besar, seperti Boron atau Cadmium.
4. *Pendingin*, terbuat dari cairan atau gas bersifat konduktor, seperti air atau karbon dioksida.
5. *Perisai / wadah*, terbuat dari bahan yang mampu menahan radiasi agar pekerja reactor dapat bekerja dengan aman dari radiasi.

Reaktor fisi merupakan sumber energi yang efisien. Reaktor fisi dikelompokkan menjadi :

1. Reaktor penelitian, berguna untuk penelitian di bidang sains (fisika, kimia, biologi) serta teknologi terapan.
2. Reaktor produksi isotop, berguna memproduksi isotop-isotop radioaktif
3. Reaktor daya, berguna sebagai penyedia sumber tenaga listrik (PLTN).

Di Indonesia terdapat reactor penelitian dan produksi radioisotope, yaitu :

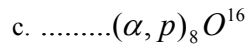
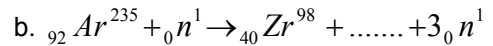
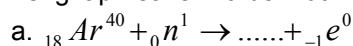
1. MPR 30 (multi purpose reactor), di Serpong, Tangerang dengan daya 30 MW
2. Triga Mark II (Training Research and Isotope Production by General Atomic), di Bandung (daya 1 MW) dan di Yogyakarta (daya 250 kW).
3. BATAN (Badan Tenaga Atom Nasional) di Yogyakarta.

Isotop radioaktif yang dihasilkan oleh reactor nuklir disebut radioisotope buatan. Radioisotope banyak dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, yaitu :

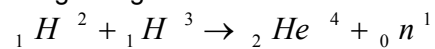
1. mendeteksi kebocoran pipa industri, misalnya radioisotope Sb-124
2. mendeteksi jenis penyakit tertentu (tumor atau tiroid), misalnya radioisotope iodine untuk mengetahui fungsi kelenjar tiroid, radioisotope Co-60 untuk mengontrol pertumbuhan beberapa jenis kanker.
3. mengembangkan jenis tanaman baru unggul.
4. menentukan umur fosil, misalnya ${}^6\text{C}^{14}$.

Uji Kompetensi

1. Lengkapi reaksi inti berikut :



2. Massa isotop neon bermuatan tunggal ${}_{10}^{20}\text{Ne}^+$ adalah $3,3 \times 10^{-26}$ kg. Berkas ion ini memotong tegak lurus medan magnet 0,3 T dan menempuh orbit lingkaran berjari-jari 0,22 m. Berapa :
 - a. kecepatan ion
 - b. beda potensial untuk mempercepat keadaan tersebut (a)
3. Isotop ${}^6_3\text{Li}$ dan ${}^8_3\text{Li}$ dipisahkan oleh spectrometer massa diperoleh lintasan berjari-jari R_1 dan R_2 . Tentukan perbandingan R_1 dan R_2 tersebut !
4. Sebuah siklotron yang didesain untuk mempercepat proton memiliki medan magnet 0,68 T dan jari-jari 1,5 m. Hitunglah :
 - c. frekuensi siklotron
 - d. kelajuan maksimum proton (jika massa proton = $1,7 \times 10^{-27}$ kg dan muatannya $1,6 \times 10^{-19}$ C)
5. Hitung energi reaksi inti berikut :



Jika massa :

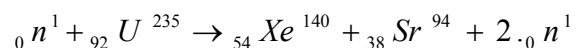
$${}_1\text{H}^2 = 2,014102 \text{ sma}$$

$${}_1\text{H}^3 = 3,016049 \text{ sma}$$

$${}_2\text{He}^4 = 4,002603 \text{ sma}$$

$${}_0n^1 = 1,008665 \text{ sma}$$

6. Berapa energi minimum partikel alfa agar reaksi berikut terjadi :
 ${}^7\text{N}^{14} (\alpha, p) {}^8\text{O}^{17}$
 Jika massa :
 $\text{N} = 14,003074 \text{ sma}$
 $\alpha = 4,002603 \text{ sma}$
 $\text{O} = 16,999131 \text{ sma}$
 $\text{H} = 1,007825 \text{ sma}$
7. Berapa besar energi yang dibebaskan ketika ${}^6\text{C}^{14}$ meluruh secara spontan menjadi ${}^7\text{N}^{14}$ dan memancarkan sinar beta ? (jika masaa $\text{C} = 14,0002242$ dan massa $\text{N} = 14,003074 \text{ sma}$).
8. Berapa energi kinetic maksimum electron yang dipancarkan dalam peluruhan zarah beta dari ${}^4_4\text{Be}^{11}$ menjadi ${}^5_5\text{B}^{11}$? Jika massa $\text{Be} = 11,0216 \text{ sma}$ dan massa $\text{B} = 11,0093 \text{ sma}$.
9. Jika massa inti ${}^2_2\text{He}^4 = 4,0026 \text{ sma}$ dan massa inti ${}^1_1\text{H}^2 = 2,0141 \text{ sma}$, $1 \text{ sma} = 931 \text{ MeV}$, tentukan besar energi minimum untuk memecah He menjadi dua detron !
10. Suatu reaksi fisi diberikan :



Jika massa :

$$n = 1,0087 \text{ sma}$$

$$\text{U} = 235,0439 \text{ sma}$$

$$\text{Xe} = 139,9054 \text{ sma}$$

$$\text{Sr} = 93,9063 \text{ sma}$$

Hitung energi yang dibebaskan bila fisi terjadi pada :

- e. satu atom
- f. 2 kg atom

Evaluasi

1. Bila isotop ${}^3_2\text{He}$ dan ${}^4_2\text{He}$ dipisahkan oleh spectrometer massa diperoleh lintasan berjari-jari R_1 dan R_2 . Perbandingan R_1 dan R_2 tersebut adalah ...
 - a. 5:6
 - b. 3:4
 - c. 2:3
 - d. 1:2
 - e. 2:7
2. Frekuensi putaran siklotron untuk sebuah proton dalam medan magnet 5,1 T adalah ... MHz
 - a. 38
 - b. 57
 - c. 76
 - d. 95
 - e. 114
3. Suatu proses fisi ${}_{92}\text{U}^{235}$ mengikuti persamaan :

$${}_0n^1 + {}_{92}\text{U}^{235} \rightarrow \text{Ba} + \text{Kr} + 3 \cdot {}_0n^1$$
 Jika proses fisi ini dibebaskan energi 200 MeV, massa $n = 1,009$ sma, massa $\text{U} = 235,04$ sma dan $1 \text{ sma} = 931 \text{ MeV}$, maka massa inti ($\text{Ba} + \text{Kr}$) adalahsma
 - a. 231,80
 - b. 232,80
 - c. 233,89
 - d. 234,03
 - e. 234,89
4. Suatu inti nitrogen ${}^14_7\text{N}$ yang ditembak dengan partikel alfa akan menghasilkan ${}^{17}_8\text{O}$ dan
 - a. proton
 - b. neutron
 - c. electron
 - d. positron
 - e. deuteron
5. Jika neutron dalam suatu inti berubah menjadi proton, maka inti itu memancarkan ...
 - a. partikel alfa
 - b. partikel beta
 - c. partikel gamma
 - d. proton
 - e. deuteron
6. ${}^{221}_{87}\text{Fr}$ berubah menjadi ${}^{209}_{83}\text{Bi}$ dengan memancarkan beberapa partikel. Partikel yang dipancarkan adalah ...
 - a. 2α dan 2γ
 - b. 4α dan 4γ
 - c. 3α dan β
 - d. 3α dan 2β
 - e. 2α dan 2β
7. Atom ${}^{14}_7\text{N}$ ditembaki partikel alfa dan membebaskan sebuah proton. Reaksi termaksud menghasilkan ...
 - a. ${}^{14}_7\text{N}$
 - b. ${}^{17}_8\text{O}$
 - c. ${}^{16}_8\text{O}$
 - d. ${}^{17}_8\text{F}$
 - e. ${}^{17}_{10}\text{Ne}$
8. Dalam reactor nuklir ...
 - 1) terjadi reaksi berantai
 - 2) terjadi pengubahan massa menjadi energi
 - 3) dihasilkan neutron bebas
 - 4) terjadi reaksi fusi
 Pernyataan yang benar adalah ...
 - b. 1,2,3
 - c. 1,3
 - d. 2,4
 - e. 4
9. Ba-137 melepaskan foton sinar gamma 0,66 MeV dalam transisi internalnya. Energi kinetic pentalan atom tersebut adalah ... eV
 - a. 0,6
 - b. 1,7
 - c. 2,6
 - d. 3,3
 - e. 4,8
10. Diketahui reaksi berikut :

$${}_3\text{Li}^7 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_4\text{Be}^7 + {}_0n^1$$
 Jika massa :
 $\text{Li} = 7,0160$ sma
 $\text{H} = 1,0078$
 $\text{Be} = 7,0169$ sma
 $\text{N} = 1,0086$ sma
 $1 \text{ sma} = 931 \text{ MeV}$
 Besarnya energi agar terjadi reaksi tersebut adalah ... MeV
 - a. 1,6
 - b. 2,4
 - c. 3,2
 - d. 4,8
 - e. 6,4