

5

INTI ATOM DAN RADIOAKTIVITAS

Standar Kompetensi

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

Kompetensi Dasar

- Menganalisis karakteristik inti atom dan radioaktivitas
- Mendeskripsikan pemanfaatan radioaktif dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi

Indikator

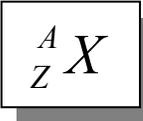
- Mengidentifikasi karakteristik kestabilan inti atom
- Membuat ulasan tentang mekanisme peluruhan radioaktif
- Memformulasikan secara kuantitatif peluruhan radioaktif
- Menerapkan konsep waktu paro
- Mengaplikasikan gejala defek massa untuk menentukan energi ikat inti
- Mengilustrasikan prinsip kerja 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. INTI ATOM

Inti atom terdiri dari dua partikel pembangun yang disebut nucleon atau nuklida yaitu proton dan neutron. Proton bermuatan positif dan neutron tidak bermuatan. Nukleon-nukleon mengalami 3 buah gaya, yaitu gaya elektrostatis, gaya gravitasi dan gaya inti. Gaya inti lebih kuat dari gaya lain, sehingga nucleon tetap terikat dalam inti. Gaya inti bekerja pada kisaran jarak sangat pendek, artinya nuklida berinteraksi hanya dengan nuklida terdekatnya. Gaya inti bekerja diantara dua proton, dua neutron atau antara proton dan neutron.

Atom diberi symbol :



X = nama atom
 Z = nomor atom = jumlah proton = jumlah electron
 A = nomor massa = jumlah nucleon (proton dan netron)

Defek Massa

Defek massa merupakan selisih massa antara jumlah massa nucleon-nukleon dengan massa inti. Massa inti lebih kecil dari pada jumlah massa nucleon (massa proton + netron), karena diubah menjadi energi ikat ini. Energi yang terjadi dalam inti atom disebut energi ikat inti. Hubungan antara defek massa dengan energi ikat inti adalah :

$$E_i = Z.m_p + (A - Z).m_n - m_i$$

$$E_i = \Delta m.c^2$$

E_i = energi ikat inti (J)
 Δm = defek massa (kg)
 c = kecepatan cahaya = 3.10^8 m/s
 Z = nomor atom
 A = nomor massa
 m_p = massa proton (kg)
 m_n = massa neutron (kg)
 m_i = massa inti (kg)

Massa inti atom adalah massa atom netral dikurangi massa total electron yang mengelilingi inti.

$$m_{inti} = massa\ atom - Z.m_{elektron}$$

Biasanya defek massa dinyatakan dalam satuan sma (satuan massa atom), dan energi ikat inti dinyatakan dalam satuan MeV (Mega electron volt), dengan kesetaraan 1 sma = 931,5 MeV, dan 1 MeV = $1,6 \times 10^{-13}$ J, sehingga persamaan energi ikat inti dapat ditulis dalam satuan sma berikut :

$$E_i = [Z.m_p + (A - Z).m_n - m_i] \times 931,5 MeV$$

$$E_i = (\Delta m) \times 931,5 MeV$$

Semakin besar energi ikat per nukelon, semakin tinggi stabilitas intinya. Besarnya energi ikat per nucleon adalah :

$$E = \frac{E_i}{A}$$

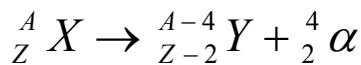
B. RADIOAKTIVITAS

Radioaktivitas (peluruhan radioaktif) merupakan gejala pancaran sinar radioaktif secara spontan oleh inti yang tidak stabil untuk membentuk inti stabil. Sinar radioaktif yang

dipancarkan oleh inti radioaktif adalah sinar alfa, sinar beta dan sinar gamma.

1. Sifat sinar Alfa (α)

- Sinar α merupakan inti atom Helium
- Dapat menghitamkan plat film
- Pancarannya berupa garis lurus
- Daya tembusnya paling lemah dari sinar beta dan gamma
- Daya ionisasinya paling kuat
- Bermuatan positif, sinar α dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet
- Inti induk radioaktif yang memancarkan sinar α , menghasilkan inti anak yang nomor atomnya berkurang 2 dan nomor massanya berkurang 4.



Peluruhan dengan pemancaran sinar alfa melibatkan energi reaksi, yang besarnya :

$$Q = (m_X - m_Y - m_\alpha) \times 931,5 \text{ MeV / sma}$$

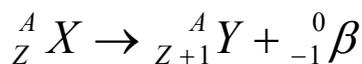
$$Q = EK_Y + EK_\alpha$$

$$EK_\alpha = \frac{(A-4) \cdot Q}{A}$$

- Q = energi reaksi (MeV)
- m_X = massa partikel X (sma)
- m_Y = massa partikel Y (sma)
- m_α = massa partikel alfa (sma)
- EK_Y = energi kinetic inti anak Y
- EK_α = energi kinetic partikel α
- A = nomor massa inti induk X

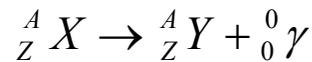
2. Sifat Sinar Beta (β)

- Sinar β merupakan inti elektron
- Dapat menghitamkan plat film
- Jejak partikel β berkelok-kelok
- Daya tembusnya lebih besar dari sinar alfa
- Daya ionisasinya lebih lemah dari sinar alfa
- Bermuatan negatif, sinar β dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet lebih kuat dari sinar alfa
- Inti induk radioaktif yang memancarkan sinar β , menghasilkan inti anak yang nomor atomnya bertambah 1 dan nomor massanya tetap



3. Sifat Sinar Gamma (γ)

- Sinar γ merupakan gelombang elektromagnetik
- tidak menghitamkan plat film
- kecepatan pancarannya = 3×10^8 m/s
- Daya tembusnya paling besar dari sinar alfa dan beta
- Daya ionisasinya paling lemah dari sinar alfa dan beta
- Tidak bermuatan, sehingga sinar γ tidak dibelokkan oleh medan listrik dan medan magnet
- Inti induk radioaktif yang memancarkan sinar γ , menghasilkan inti anak yang nomor atom dan nomor massanya tetap



Aktivitas dan Deret Radioaktif

Aktivitas radioaktif adalah laju peluruhan radioaktif dalam suatu bahan radioaktif. Tahapan peluruhan mengikuti deret radioaktif, yaitu deret thorium, deret neptunium, deret uranium dan deret actinium.

DERET	INTI INDUK	RUMUS DERET	INTI STABIL AKHIR
Uranium	${}_{92}\text{U}^{238}$	4n+2	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
Aktinium	${}_{92}\text{U}^{235}$	4n+3	${}_{82}\text{Pb}^{207}$
Thorium	${}_{90}\text{Th}^{232}$	4n	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
Neptunium	${}_{93}\text{Np}^{237}$	4n+1	${}_{82}\text{Bi}^{209}$

Hubungan antara aktivitas radioaktif dengan jumlah partikel peluruhan dituliskan :

$$A = \lambda \cdot N = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$$

$$N = \text{mol} \cdot N_A = \frac{m \cdot N_A}{Mr}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$$

$$T = \frac{0,693}{\lambda}$$

A = aktivitas peluruhan saat t (partikel/s = Bq)

1 Curie (1 Ci) = $3,7 \times 10^{10}$ Bequerel (Bq)

A_0 = aktivitas mula-mula

λ = konstanta peluruhan (/s)

N = jumlah partikel pada saat tertentu

N_0 = jumlah partikel awal

t = lamanya waktu peluruhan (s)

T = waktu paro (s)

e = bilangan natural (=2,718)

m = massa (gram)

N_A = bilangan Avogadro (=6,02.10²³ atom/mol)

Mr = massa relatif

Waktu paro adalah waktu yang diperlukan untuk peluruhan sehingga jumlah inti setelah peluruhan tinggal setengah dari jumlah inti mula-mula.

C. MANFAAT DAN BAHAYA RADIASI

Ada dua jenis radiasi, yaitu radiasi alam dan radiasi buatan. Radiasi alam berupa radiasi kosmis, yaitu radiasi yang berasal dari luar angkasa ke bumi, serta radiasi bahan radioaktif. Radiasi buatan adalah radiasi hasil rekayasa manusia. Jika radiasi mengionisasi dan dosisnya cukup maka akan merusak sel-sel makhluk hidup dan memutuskan zat kimia sel yang menyebabkan kanker dan tumor. Kerusakan zat kimia DNA sel, menyebabkan pembelahan sel tidak wajar. Selain itu juga menyebabkan janin menjadi abnormal.

Selain bahaya, radiasi juga bermanfaat dalam kehidupan di bidang kedokteran, pertanian dan industri.

Dosis serapan radiasi adalah besarnya energi radiasi pengion yang diserap materi tiap satuan massa. Jadi :

$$D = \frac{E}{m}$$

D = dosis serap (J/kg)
 E = energi radiasi (J)
 m = massa yang menyerap energi (kg)

D. ALAT DETEKSI RADIOAKTIF

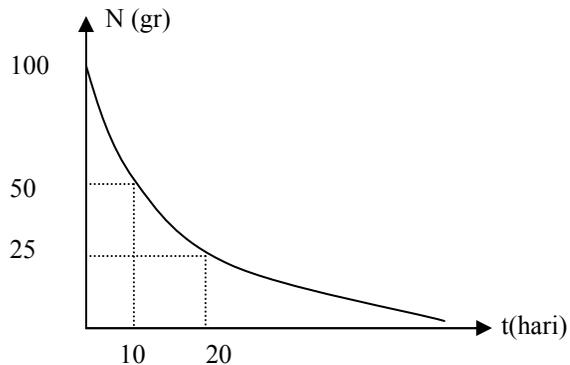
Peluruhan radioaktif tidak dapat dideteksi secara langsung oleh indera mata, maka diperlukan alat deteksi (detector), yaitu :

1. Geiger Counter (tabung Geiger)
2. Detektor sintilasi
3. Detektor kamar kabut
4. Detektor kamar gelembung
5. Detektor percikan
6. Detektor zat padat (detector semikonduktor)

Uji Kompetensi

1. Atom ${}_{28}\text{Ni}^{60}$ massanya 59,930 sma. Massa proton, netron dan electron masing-masing 1,0073 sma ; 1,0087 sma ; 0,000549 sma. Tentukan :
 - a. massa intinya
 - b. energi ikat inti
 - c. energi ikat per nukleonnya
2. Inti uranium ${}_{92}\text{U}^{238}$ memiliki massa 238,05076 sma. Jika diketahui massa netron dan proton 1,00867 sma dan 1,00728 sma, tentukan :
 - a. defek massa
 - b. energi ikat inti
 - c. energi ikat per nukleon
3. Peluruhan spontan terjadi pada atom ${}_{92}\text{U}^{234}$ menghasilkan sinar α . Jika massa U = 234,04 sma dan massa ${}_{92}\text{Th}^{230} = 230,03$ sma, serta massa α 4,0026 sma, hitung :
 - a. energi yang dibebaskan dalam reaksi
 - b. energi kinetic partikel α yang dipancarkan
4. Peluruhan ${}_{6}\text{C}^{14}$ menghasilkan pemancaran partikel beta secara spontan. Jika diketahui massa ${}_{6}\text{C}^{14}$, ${}_{7}\text{N}^{14}$ dan electron masing-masing 14,003842 sma, 14,003074 dan 0,000557 sma, hitunglah energi yang dibebaskan dalam reaksi tersebut !
5. Suatu unsure radioaktif waktu paronya 80 tahun. Tentukan waktu yang dibutuhkan agar aktivitasnya tinggal 25% dari aktivitas awalnya !
6. Waktu paroh Yodium-131 adalah 8 hari. P awalnya terdapat 4×10^{14} inti atom Yodium. Berapa :
 - a. konstanta peluruhan
 - b. aktivitas inti radioaktif Yodium
 - c. jumlah inti sisa Yodium setelah 1 hari
7. Sumber radiasi memiliki aktivitas awal 10 mCi dan waktu paro 28 tahun. Berapa banyak aktivitas peluruhan yang dapat diamati setelah 84 tahun ?
8. Unsur Radioaktif waktu paronya 20 hari. Berapa bagiankah dari jumlah asalnya zat radioaktif yang belum meluruh setelah 60 hari ?

9. Diketahui grafik peluruhan berikut :



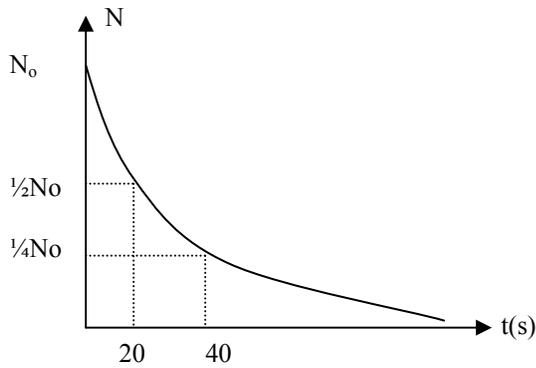
Dari grafik tentukan :

- a. tetapan peluruhan
- b. massa zat yang tinggal setelah 30 hari
10. Aktivitas nuklida radioaktif turun dari 10^{11} Bq menjadi $2,5 \times 10^{10}$ Bq dalam waktu 10 jam. Hitung waktu paro nuklida tersebut !
11. Hitung aktivitas dari 2 μg dari ${}_{29}\text{Cu}^{64}$, jika waktu paronya 13 jam dan tetapan Avogadro 6×10^{23} /mol !
12. Sampel radioaktif Cesium-137 aktivitasnya $1,5 \times 10^{14}$ Bq digunakan untuk memberikan daya pada generator. Jika waktu paro cesium 30 tahun dan tiap peluruhan radioaktif memancarkan partikel beta dengan energi rata-rata 0,5 MeV, tentukan :
 - a. daya keluaran maksimum mula-mula
 - b. hitung daya keluaran setelah 10 tahun ($1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$)
 - c.
13. Dua sumber radioaktif A dan B mula-mula mengandung jumlah atom sama. Sumber A waktu paronya 1 jam, sumber B 2 jam. Berapa nilai perbandingan laju peluruhan sumber A terhadap sumber B !

Evaluasi

1. Urutan daya ionisasi dari sinar radioaktif mulai yang paling kuat adalah ...
 - a. alfa, beta, gamma
 - b. gamma, beta, alfa
 - c. beta, gamma, alfa
 - d. gamma, alfa, beta
 - e. alfa, gamma, beta
2. Massa inti ${}_{3}\text{Li}^7$ adalah 7,0160 sma. Bila massa proton 1,0078 sma, massa netron 1,0086 sma, $1 \text{ sma} = 931 \text{ MeV}$, maka energi ikat inti Lithium adalah ... MeV
 - a. 0,039
 - b. 0,041
 - c. 0,389
 - d. 3,892
 - e. 38,92
3. Massa inti karbon ${}_{6}\text{C}^{12} = 12,000$ sma. Massa proton dan netron 1,0078 sma dan 1,0086 sma, defek massa dalam pembentukan inti karbon adalah ... sma
 - a. 24,0984
 - b. 12,0984
 - c. 6,0516
 - d. 6,0468
 - e. 0,0984

4. Diketahui grafik peluruhan sebagai berikut :



Besarnya konstanta peluruhan adalah .../s

- a. 0,017
 - b. 0,035
 - c. 0,35
 - d. 1,390
 - e. 2,770
5. Bila waktu paro unsure radioaktif T, maka setelah 4T detik unsure tersebut tinggal ...bagian
- a. 0,5
 - b. 0,25
 - c. 0,125
 - d. 0,0625
 - e. tetap
6. Zat radioaktif meluruh dengan waktu paro 20 hari. Agar zat radioaktif tinggal $\frac{1}{8}$ bagiannya, maka lamanya terjadinya peluruhan adalah ...hari
- a. 27,5
 - b. 30
 - c. 40
 - d. 60
 - e. 160
7. Sesudah 2 jam, seperenambelas dari unsure mula-mula radioaktif tetap tinggal, waktu paro unsure radioaktif tersebut adalah ...menit
- a. 15
 - b. 30
 - c. 45
 - d. 60
 - e. 120
8. Torium 234 bermassa 12,8 mg. Jika 48 hari kemudian penimbangan menunjukkan massa torium 3,2 mg, maka waktu paro torium adalah ... hari
- a. 6
 - b. 12
 - c. 24
 - d. 48
 - e. 96
9. Unsur radioaktif waktu paronya 100 detik. Bila massa mula-mula bahan radioaktif 1 gram, maka setelah 5 menit massanya tinggal ...gram
- a. $\frac{1}{3}$
 - b. $\frac{1}{4}$
 - c. $\frac{1}{5}$
 - d. $\frac{1}{6}$
 - e. $\frac{1}{8}$
10. Unsur radioaktif meluruh dan tinggal 25% dari jumlah semula setelah 20 menit. Bila massa mula-mula massa unsure 120 gram, maka setelah 0,5 jam meluruh, massa unsure yang belum meluruh tinggal ...gram
- a. 60
 - b. 40
 - c. 30
 - d. 15
 - e. 10
11. Zat radioaktif waktu paronya 8 tahun. P suatu saat tujuh per delapan bagian zat itu telah meluruh. Hal ini terjadi setelahtahun
- a. 8
 - b. 16
 - c. 24
 - d. 32
 - e. 40
12. Dalam waktu 48 hari $\frac{63}{64}$ bagian unsure radioaktif meluruh. Waktu paro unsure radioaktif adalah ... hari
- a. 8
 - b. 16
 - c. 24
 - d. 32
 - e. 36
13. 1 kg ${}_{84}\text{Po}^{218}$ memancarkan partikel radioaktif dengan waktu paro 3 menit menjadi ${}_{82}\text{Pb}^{214}$. Dalam waktu 1 jam massa Po tinggal sekitar ... gram
- a. 1000
 - b. 500
 - c. 250
 - d. 1
 - e. 0,001
14. Setelah 60 hari, zat radioaktif belum berdisintegrasi masih seperdelapan bagian dari jumlah asal. Waktu paro zat radioaktif ... hari
- a. 20
 - b. 25
 - c. 30
 - d. 50
 - e. 180
15. Suatu bahan radioaktif memiliki konstanta peluruhan 1,386/hari. Jika aktivitas awalnya 400 Ci, maka aktivitas setelah 2 hari dalam satuan μCi adalah ...
- a. 25
 - b. 50
 - c. 75
 - d. 100
 - e. 200