

03035307 KIMIA (2-1)

Prof.Dr. oec.troph. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S.

Kuliah ke-4

Kimia inti

Bahan kuliah ini disarikan dari "Chemistry" 4th ed. McMurray and Fay"



Kimia Inti

- Pembentukan/penguraian senyawa atau reaksi kimia sangat bergantung pada elektron terluar dari suatu atom, dengan kata lain hanya jenis ikatannya yang berubah. Hal tersebut tidak mengubah karakteristik suatu atom, misalnya:

Pembakaran metana (CH₄) menjadi CO₂ dan H₂O



- Reaksi lain yang dikenal adalah reaksi kimia inti. Reaksi kimia inti ini dapat menyebabkan perubahan karakteristik suatu atom, dengan kata lain suatu atom dapat berubah menjadi atom lain

2

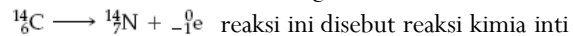
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr. oec.troph. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S



11/09/2018

Isotop

- Isotop** adalah atom dengan nomor yang sama tetapi mempunyai massa yang berbeda. Inti atom dari isotop tertentu dinamakan **nuklida**.
- Dikenal 13 isotop untuk atom C, 2 diantaranya yang stabil adalah ¹²C dan ¹³C. ¹⁴C terbentuk di atmosfer bagian atas dari aksi neutron sinar kosmik terhadap ¹⁴N. Terdapat 10 isotop lainnya yang merupakan isotop buatan yang tidak stabil.
- ¹⁴C tidak stabil dan secara perlahan terurai menjadi ¹⁴N plus satu buah elektron, ditulis sebagai



3

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr. oec.troph. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S



11/09/2018

Reaksi kimia inti

- Reaksi kimia inti menyebabkan perubahan pada inti atom, biasanya menghasilkan unsur yang berbeda.
- Isotop yang berbeda memberikan karakteristik yang sama pada reaksi kimia biasa, tetapi dapat berbeda pada reaksi kimia inti.
- Laju reaksi kimia inti tidak dipengaruhi oleh tekanan, suhu, ataupun katalis.
- Reaksi kimia inti suatu atom adalah sama, baik sebagai senyawa kimia maupun sebagai unsur.
- Energi yang menyertai reaksi kimia inti jauh lebih besar dibanding reaksi kimia biasa, misal
 - Reaksi kimia inti dari Uranium-235 (²³⁵U) menghasilkan 8,2x10⁷ kJ/gram
 - Reaksi kimia biasa dari gas metana (CH₄) menghasilkan 56 kJ/gram

4

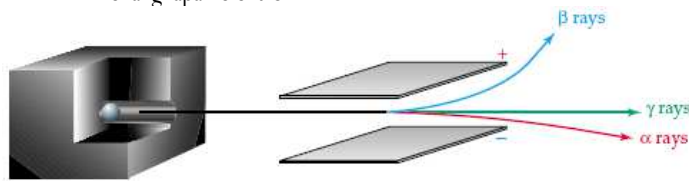
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr. oec.troph. Ir. Krishna Purnawan Candra, M.S



11/09/2018

Reaksi Inti dan Radioaktivitas

- Pada tahun 1897, Ernest Rutherford (ahli fisika dari New Zealand) mengemukakan bahwa ada tiga tipe radiasi, yaitu:
 - Alpha (α), bermuatan $2+$ (${}^4_2\text{He}$)
 - Beta (β), bermuatan $1-$ (${}^0_{-1}\text{e}$)
 - Gamma (γ), bermuatan netral (${}^0_0\gamma$)
 - Positron (${}^0_1\text{e}$) atau β^{+1}
 - Penangkapan elektron



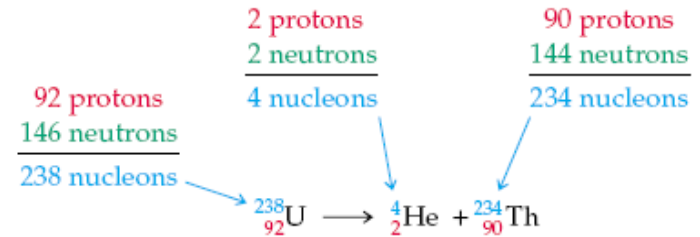
5

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Sinar α



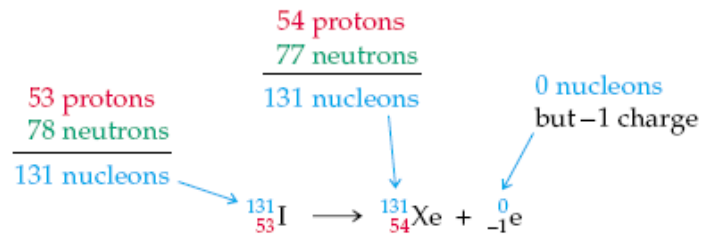
6

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Sinar β



7

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Sinar γ

- Sinar γ , biasanya tidak ditulis dalam persamaan reaksi ini karena tidak ada perubahan pada nomor massa ataupun nomor atom. Sinar γ ini hampir selalu mengiringi radiasi sinar α dan β dalam mekanismenya menghasilkan energi. Sinar γ mengandung energi foton yang sangat besar ($\lambda = 10^{-11} - 10^{-14} \text{ m}$)

8

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Positron

19 protons
21 neutrons
40 nucleons

${}_{19}^{40}\text{K}$

18 protons
22 neutrons
40 nucleons

${}_{18}^{40}\text{Ar}$

0 nucleons
but +1 charge

${}_{1}^{0}\text{e}$

${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{18}^{40}\text{Ar} + {}_{1}^{0}\text{e}$

9
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S
11/09/2018

Penangkapan Elektron

80 protons
117 neutrons
197 nucleons

${}_{80}^{197}\text{Hg}$

Inner-shell
electron

${}_{-1}^0\text{e}$

79 protons
118 neutrons
197 nucleons

${}_{79}^{197}\text{Au}$

${}_{80}^{197}\text{Hg} + {}_{-1}^0\text{e} \rightarrow {}_{79}^{197}\text{Au}$

Process	Symbol	Change in Atomic Number	Change in Mass Number	Change in Neutron Number
Alpha emission	${}^4_2\text{He}$ or α	-2	-4	-2
Beta emission	${}_{-1}^0\text{e}$ or β^-	+1	0	-1
Gamma emission	γ or γ	0	0	0
Positron emission	${}_{1}^0\text{e}$ or β^+	-1	0	+1
Electron capture	E. C.	-1	0	+1

10
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S
11/09/2018

Fungsi radioisotop

Radioisotope	Symbol	Radiation	Half-Life	Use
Tritium	${}^3_1\text{H}$	β^-	12.33 years	Biochemical tracer
Carbon-14	${}^{14}_6\text{C}$	β^-	5730 years	Archaeological dating
Phosphorus-32	${}^{32}_{15}\text{P}$	β^-	14.26 days	Leukemia therapy
Potassium-40	${}^{40}_{19}\text{K}$	β^-	1.28×10^9 years	Geological dating
Cobalt-60	${}^{60}_{27}\text{Co}$	β^-, γ	5.27 years	Cancer therapy
Technetium-99m	${}^{99m}_{43}\text{Tc}$	γ	6.01 hours	Brain scans
Iodine-123	${}^{123}_{53}\text{I}$	γ	13.27 hours	Thyroid therapy
Uranium-235	${}^{235}_{92}\text{U}$	α, γ	7.04×10^8 years	Nuclear reactors

*The m in technetium-99m stands for metastable, meaning that it undergoes γ emission but does not change its mass number or atomic number.

Contoh soal:

- Alpha emission from curium-242: ${}^{242}_{96}\text{Cm} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$
- Beta emission from magnesium-28: ${}^{28}_{12}\text{Mg} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + ?$
- Positron emission from xenon-118: ${}^{118}_{54}\text{Xe} \rightarrow {}_{1}^0\text{e} + ?$

11
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S
11/09/2018

Kecepatan Luruh Radioaktif

- Misal, untuk ${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$ $t_{1/2} = 8.02$ days, yang digunakan pada test thyroid. Bila hari ini jumlahnya 1,000 g, maka setelah:
 - 8,02 hari, jumlahnya menjadi 0,5 g
 - 16,04 hari, jumlahnya menjadi 0,25 g
 - 24,06 hari, jumlahnya menjadi 0,125 g
 - dst

12
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S
11/09/2018

Secara matematika dinyatakan

- Laju reaksi = $k \times N$, karena mengikuti kecepatan reaksi ordo 1, maka dapat ditulis sebagai:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kt$$

- Bila $N = \frac{1}{2} N_0$, maka $\ln\left(\frac{\frac{1}{2}N_0}{N_0}\right) = -kt_{1/2}$

$$\ln\frac{1}{2} = -\ln 2 = -kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

- Karena $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kt$ dan $k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ maka $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = (-\ln 2)\left(\frac{t}{t_{1/2}}\right)$

13

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Contoh soal

- Fosfor-32, radioisotop yang digunakan pada terapi leukemia mempunyai waktu paruh 14,26 hari. Hitung berapa persen Fosfor-32 yang tersisa setelah 35 hari.

- Jawab: Substituting values for t and for $t_{1/2}$ into the equation gives

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -0.693\left(\frac{35.0 \text{ days}}{14.26 \text{ days}}\right) = -1.70$$

Taking the natural antilog of -1.70 then gives the ratio N/N_0 :

$$\frac{N}{N_0} = \text{antiln}(-1.70) = 0.183$$

Since the initial amount of ^{32}P was 100%, we can set $N_0 = 100\%$ and solve for N :

$$\frac{N}{100\%} = 0.183 \quad \text{so} \quad N = 0.183 \times 100\% = 18.3\%$$

After 35.0 days, 18.3% of a ^{32}P sample remains, and $100\% - 18.3\% = 81.7\%$ has decayed.

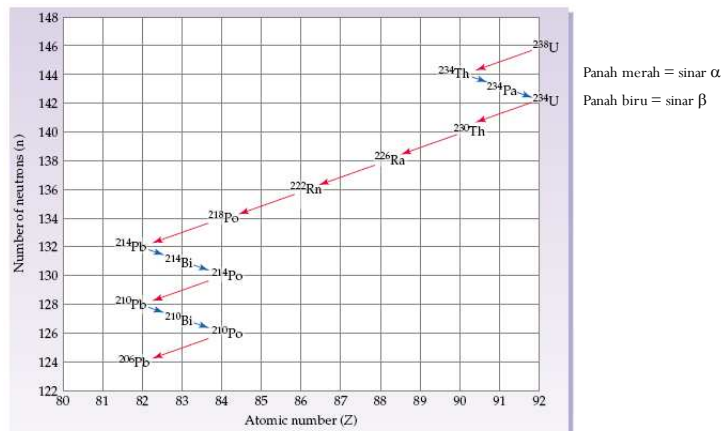
14

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Kestabilan radioisotop dan perubahan energi pada reaksi kimia inti



15

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

- Pada reaksi kimia inti $2\text{}^1_1\text{H} + 2\text{}^1_0\text{n} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} \quad \Delta E = ?$

- Maka perhitungannya adalah sbb:

$$\text{Mass of 2 neutrons} = (2)(1.00866 \text{ amu}) = 2.01732 \text{ amu}$$

$$\text{Mass of 2 protons} = (2)(1.00728 \text{ amu}) = 2.01456 \text{ amu}$$

$$\text{Total mass of 2 n + 2 p} = 4.03188 \text{ amu} \quad \text{Sebelum reaksi}$$

$$\text{Mass of helium-4 atom} = 4.00260 \text{ amu}$$

$$-\text{Mass of 2 electrons} = -(2)(5.486 \times 10^{-4} \text{ amu}) = -0.00110 \text{ amu}$$

$$\text{Mass of helium-4 nucleus} = 4.00150 \text{ amu} \quad \text{Setelah reaksi}$$

$$\text{Mass of 2 n + 2 p} = 4.03188 \text{ amu}$$

$$-\text{Mass of } ^4\text{He nucleus} = -4.00150 \text{ amu}$$

$$\text{Mass difference} = 0.03038 \text{ amu} \quad (\text{or } 0.03038 \text{ g/mol})$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta mc^2 \quad \text{where } c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s} \\ &= (3.038 \times 10^{-5} \text{ kg/mol})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \\ &= 2.73 \times 10^{12} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{mol} \cdot \text{s}^2) \\ &= 2.73 \times 10^{12} \text{ J/mol} = 2.73 \times 10^9 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

16

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Reaksi Fisi dan Fusi

Neutron

$${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{142}\text{Ba} + {}_{36}^{91}\text{Kr} + 3{}_0^1n$$

Reaksi Fisi

17 Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S 11/09/2018

Reaksi Fusi

- Reaksi Fusi

$${}_1^1\text{H} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_1^2\text{H} + {}_0^0\text{e}$$

$${}_1^1\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He}$$

$${}_2^3\text{He} + {}_2^3\text{He} \rightarrow {}_4^4\text{He} + 2{}_1^1\text{H}$$

$${}_2^3\text{He} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_4^4\text{He} + {}_0^0\text{e}$$

18 Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S 11/09/2018

Deteksi dan pengukuran radioaktif

- Cara mudah untuk mendeteksi radiasi pada orang yang sehari-hari atau sering bekerja dengan radioaktif adalah dengan menggunakan tag film fotografi
- Cara pengukurannya dengan menggunakan Geiger Counter (tabung berisi gas argon yang mempunyai dua elektroda)

19 Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S 11/09/2018

Satuan pengukuran untuk radioaktivitas

Unit	Quantity Measured	Description
Becquerel (Bq)	Decay events	Amount of sample that undergoes 1 disintegration/s
Curie (Ci)	Decay events	Amount of sample that undergoes 3.7×10^{10} disintegrations/s
Gray (Gy)	Energy absorbed per kilogram of tissue	1 Gy = 1 J/kg tissue
Rad	Energy absorbed per kilogram of tissue	1 rad = 0.01 Gy
Sievert (Sv)	Tissue damage	1 Sv = 1 J/kg
Rem	Tissue damage	1 rem = 0.01 Sv

20 Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S 11/09/2018

Karakteristik radiasi dan berbagai tipe radiasi

TABLE 22.4 Some Properties of Ionizing Radiation

Type of Radiation	Energy Range	Penetrating Distance in Water*
α	3–9 MeV	0.02–0.04 mm
β	0–3 MeV	0–4 mm
X	100 eV–10 keV	0.01–1 cm
γ	10 keV–10 MeV	1–20 cm

*Distances at which one-half of the radiation has been stopped

TABLE 22.5 Biological Effects of Short-Term Radiation on Humans

Dose (rem)	Biological Effects
0–25	No detectable effects
25–100	Temporary decrease in white blood cell count
100–200	Nausea, vomiting, longer-term decrease in white blood cells
200–300	Vomiting, diarrhea, loss of appetite, listlessness
300–600	Vomiting, diarrhea, hemorrhaging, eventual death in some cases
Above 600	Eventual death in nearly all cases

21

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Aplikasi Reaksi Kimia Inti

- Bidang arkeologi: menduga umur suatu benda prasejarah.
- Bidang kesehatan:
 - In vivo prosedur, pengukuran volume darah dengan menggunakan ^{51}Cr .
 - Prosedur pengobatan/terapi:
 - sinar β dan γ dari ^{60}Co atau sinar β dari ^{131}I , digunakan untuk membunuh jaringan yang terkena penyakit (tumor).
 - Sinar β dari ^{32}P , digunakan untuk terapi leukemia.
 - Sinar γ dari ^{125}I , digunakan untuk terapi thyroid.
 - Pengambilan gambar: untuk mendiagnosa kanker atau kondisi patologi lainnya.
 - Biasa menggunakan technetium-99 (Tc-99m), mempunyai waktu paruh 6.01 jam sehingga efek radiasi dapat diminimalkan.
 - Cara lain adalah dengan MRI (*Magnetic Resonance Imaging*), tidak menggunakan radioaktif, tetapi menggunakan prinsip yang hampir sama yaitu memberikan stimulasi inti atom, biasanya hidrogen dalam molekul air).

22

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018

Aplikasi Reaksi Kimia Inti

- Bidang pertanian:
 - Sebagai sumber untuk mendapatkan keragaman genetik (mutasi DNA) dalam proses desain tanaman unggul.
 - Sebagai alat sterilisasi bahan pangan sehingga dapat memperpanjang masa simpannya. Biasanya dengan menggunakan sinar γ .
- Bidang Biokimia: sinar β dari tritium (^3H) sebagai tracer
- Bidang Geologi: sinar β dari ^{40}K untuk menentukan umur geologi
- Bidang energi: radiasi α dan γ dari ^{235}U pada reaktor nuklir

23

Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.occ.troph.Ir.Krishna Purnawan Candia, M.S



11/09/2018