

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

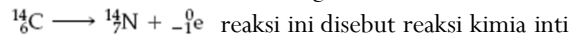
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S



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

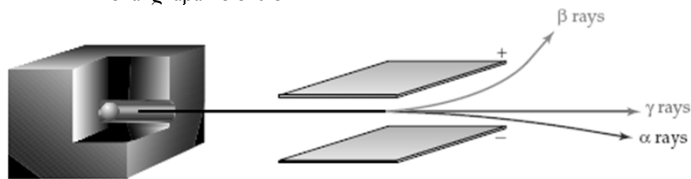
Kimia, PS THP Faperta UNMUL, Prof.Dr.oec.troph.Ir.Krishna Purnawan Candra, M.S



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



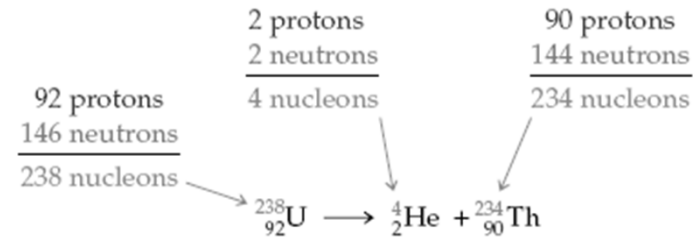
5

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



11/09/2018

Sinar α



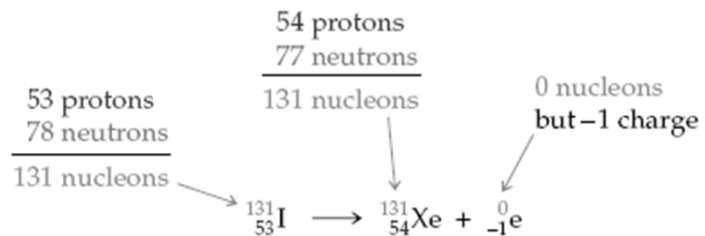
6

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

18 protons
22 neutrons

40 nucleons

0 nucleons
but +1 charge

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

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

Penangkapan Elektron

80 protons
117 neutrons

197 nucleons

Inner-shell
electron

79 protons
118 neutrons

197 nucleons

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

TABLE 22.1 A Summary of Radioactive Decay Processes

| Process | Symbol | Change in Atomic Number | Change in Mass Number | Change in Neutron Number |
|-------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Alpha emission | ${}_{2}^{4}\text{He}$ or α | -2 | -4 | -2 |
| Beta emission | ${}_{-1}^{0}\text{e}$ or β^- | +1 | 0 | -1 |
| Gamma emission | ${}_{0}^{0}\gamma$ 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 Candu, M.S
11/09/2018

Fungsi radioisotop

TABLE 22.2 Half-Lives of Some Useful Radioisotopes

| Radioisotope | Symbol | Radiation | Half-Life | Use |
|----------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| Tritium | ${}_{1}^{3}\text{H}$ | β^- | 12.33 years | Biochemical tracer |
| Carbon-14 | ${}_{6}^{14}\text{C}$ | β^- | 5730 years | Archaeological dating |
| Phosphorus-32 | ${}_{15}^{32}\text{P}$ | β^- | 14.26 days | Leukemia therapy |
| Potassium-40 | ${}_{19}^{40}\text{K}$ | β^- | 1.28×10^9 years | Geological dating |
| Cobalt-60 | ${}_{27}^{60}\text{Co}$ | β^-, γ | 5.27 years | Cancer therapy |
| Technetium-99m | ${}_{43}^{99m}\text{Tc}$ | γ | 6.01 hours | Brain scans |
| Iodine-123 | ${}_{53}^{123}\text{I}$ | γ | 13.27 hours | Thyroid therapy |
| Uranium-235 | ${}_{92}^{235}\text{U}$ | 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: ${}_{96}^{242}\text{Cm} \rightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + ?$
- Beta emission from magnesium-28: ${}_{12}^{28}\text{Mg} \rightarrow {}_{-1}^{0}\text{e} + ?$
- Positron emission from xenon-118: ${}_{54}^{118}\text{Xe} \rightarrow {}_{1}^{0}\text{e} + ?$

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

Kecepatan Luruh Radioaktif

- Misal, untuk ${}_{53}^{131}\text{I} \longrightarrow {}_{54}^{131}\text{Xe} + {}_{-1}^{0}\text{e}$ $t_{1/2} = 8.02$ 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 Candu, 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.

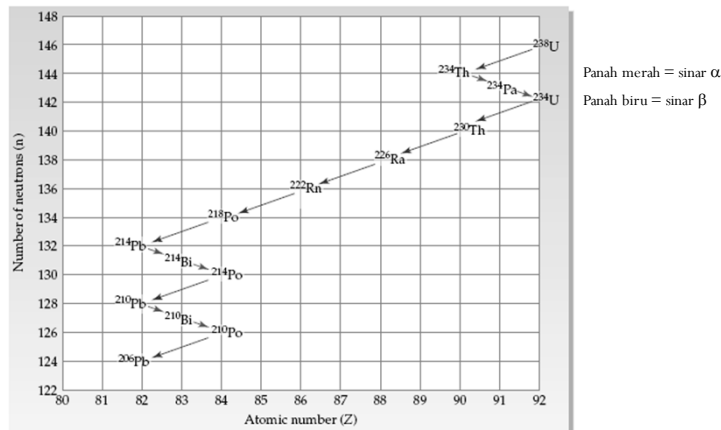
14

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad \text{where } c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$= (3.038 \times 10^{-5} \text{ kg/mol})(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$= 2.73 \times 10^{12} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / (\text{mol} \cdot \text{s}^2)$$

$$= 2.73 \times 10^{12} \text{ J/mol} = 2.73 \times 10^9 \text{ kJ/mol}$$

16

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



11/09/2018

Reaksi Fisi dan Fusi

Reaksi Fisi

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

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

- Reaksi Fusi

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

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

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

$${}_2^3\text{He} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_3^4\text{He} + {}_0^0\text{e}$$

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

Satuan pengukuran untuk radioaktivitas

| TABLE 22.3 Units for Measuring Radiation | | |
|--|--|--|
| 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.oec.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