

Fisika Umum (MA 301)

Topik hari ini

➤ Fisika Atom & Inti



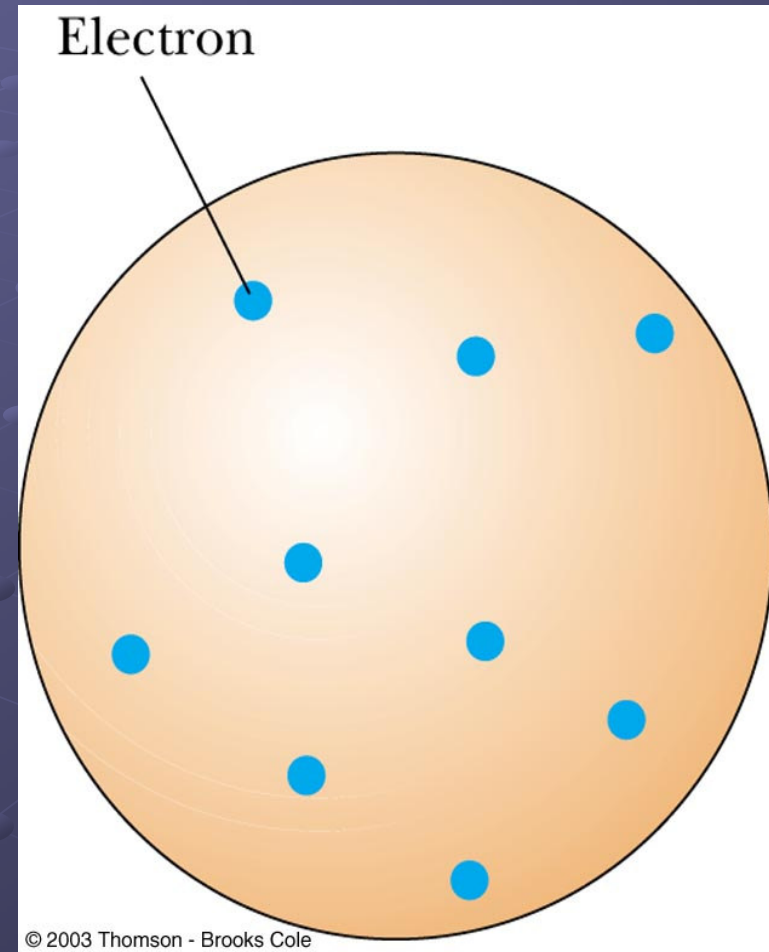


Fisika Atom

Model Awal Atom

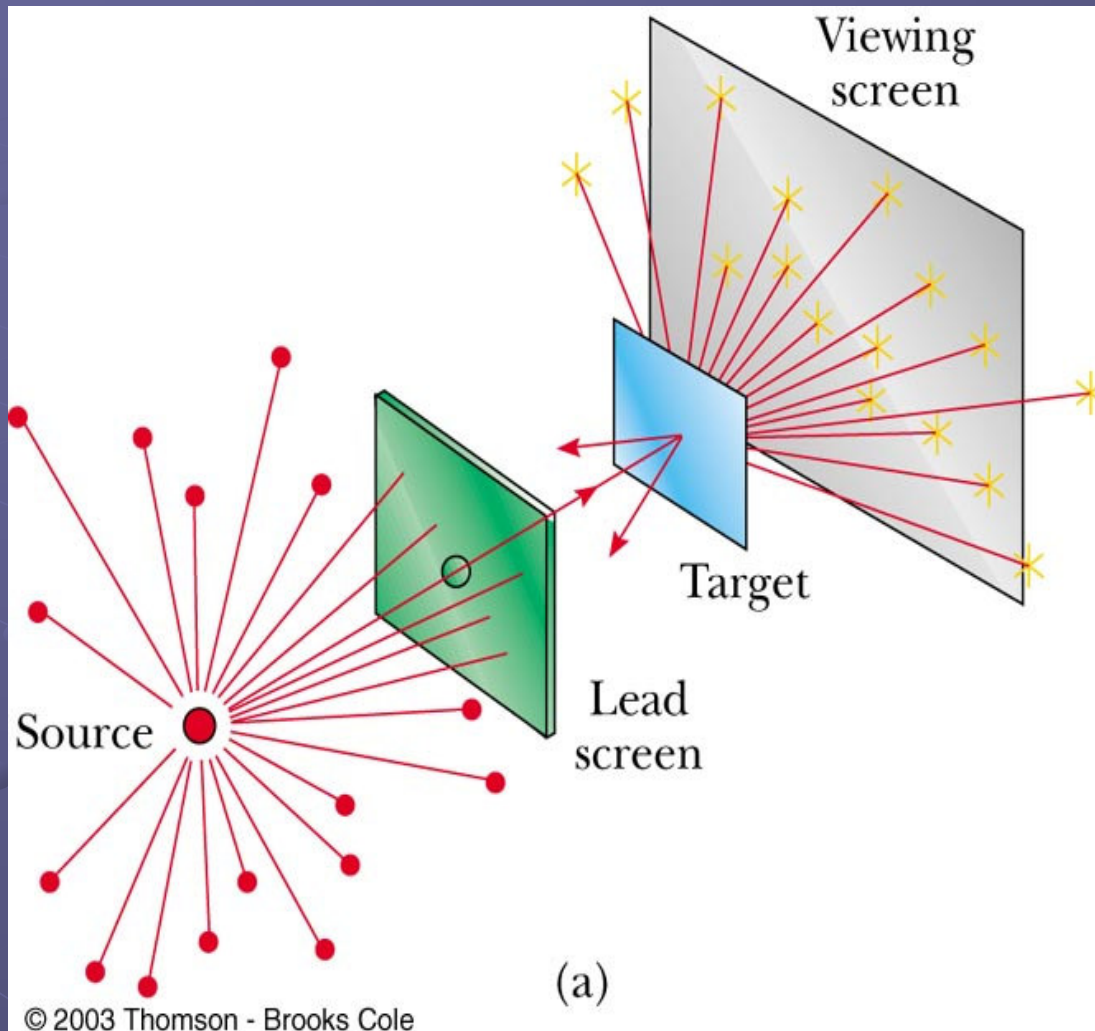
Model atom J.J. Thomson

- Bola bermuatan positif
- Muatan-muatan negatif (elektron) yang sama banyak-nya menempel pada bola tersebut



Model "watermelon"

Uji Eksperimental



Harapan:

1. Sebagian besar terhambur dengan sudut kecil
2. **Tidak** terjadi hamburan yang terpantul

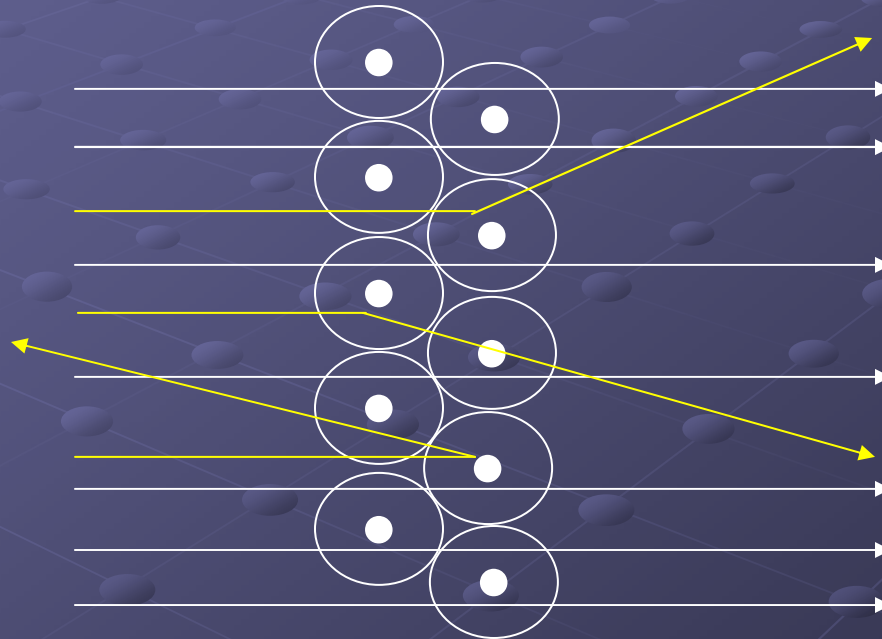
Hasil:

1. Terhambur dengan sudut kecil dan besar
2. **Terjadi** hamburan yang terpantul!!!

Uji Eksperimental

Berkas
partikel
alfa

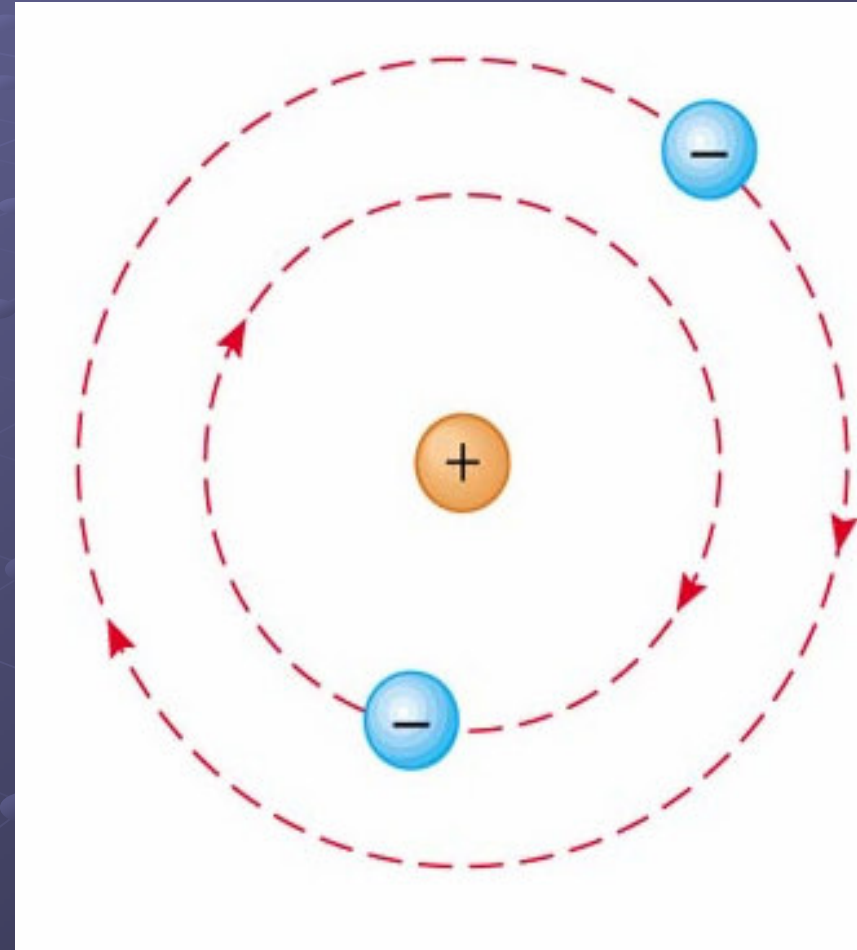
Lapisan
tipis emas



Model Atom

● Model Rutherford

- Model Planet
- Berdasarkan hasil eksperimen lapisan emas tipis yang ditumbuk berkas alfa
- Muatan positif terkonsentrasi di pusat atom, dinamakan *nukleus*
- Electron mengorbit nukleus seperti planet mengorbit matahari

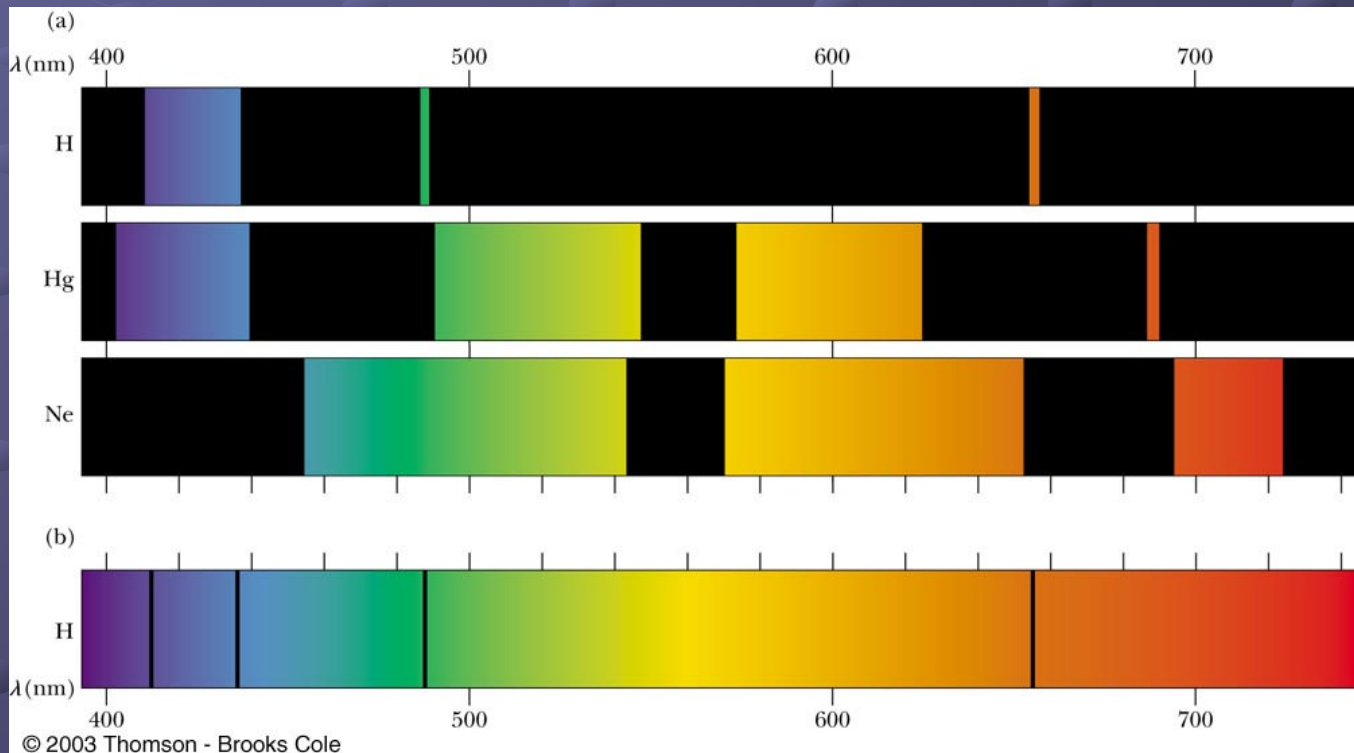


Kelemahan Model Rutherford

- Atom mememisi radiasi elektromagnetik dengan frekuensi karakteristik tertentu
 - Model Rutherford tidak bisa menjelaskan fenomena ini
 - Elektron Rutherford mengalami percepatan sentripetal sehingga meradiasikan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang sama
 - Ini berarti elektron akan kehilangan energi
 - Radius elektron mengelilingi nukleus akan semakin mengecil
 - Elektron akhirnya akan jatuh ke nukleus dengan lintasan spiral
- Tidak terjadi!!!

Spektrum Emisi

- Gas bertekanan rendah diberikan beda potensial (dieksitasi)
- Gas akan mengemisikan cahaya karakteristiknya
- Ketika cahaya hasil emisi dilewatkan pada spektrometer, deretan garis cahaya tampak teramati
 - Setiap garis memiliki panjang gelombang dan warna yang berbeda
 - Deretan garis ini dinamakan **spektrum emisi**



Spektrum Emisi Hidrogen

- J. J. Balmer memformulasikan spektrum garis Hidrogen

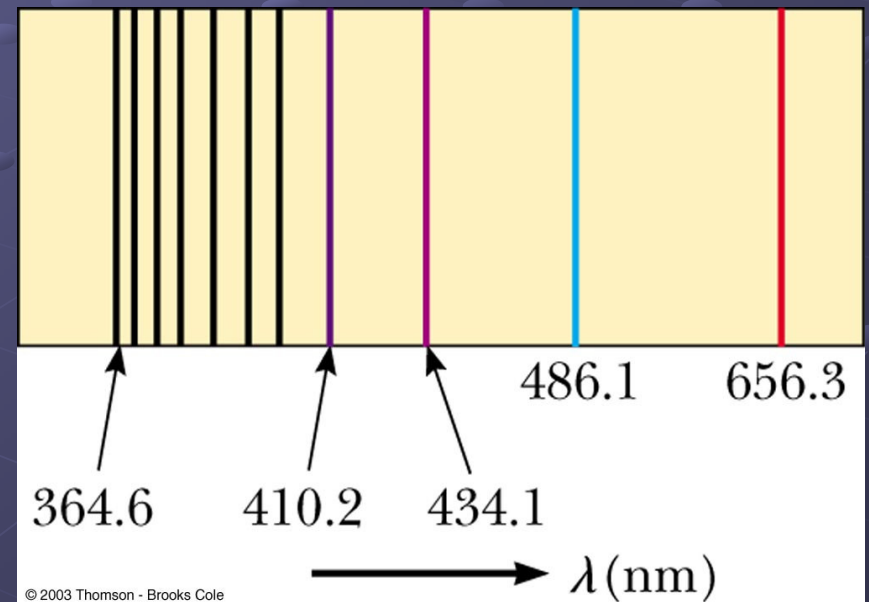
$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

- R_H adalah konstanta *Rydberg*
 - $R_H = 1.0973732 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
- n integer, $n = 1, 2, 3, \dots$
- Garis spektral berkaitan dengan nilai n tertentu

- Dikenal dengan *Deret Balmer*

- Contoh garis spektral

- $n = 3, \lambda = 656.3 \text{ nm}$
- $n = 4, \lambda = 486.1 \text{ nm}$

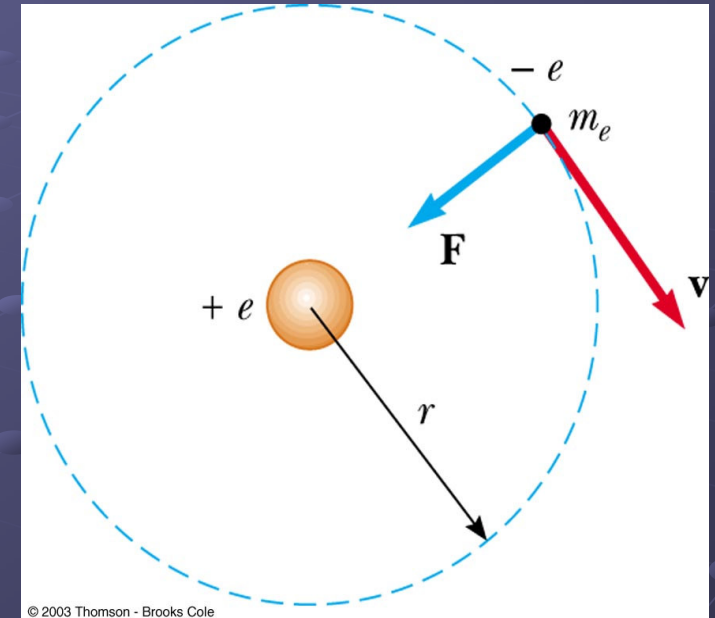


Teori Bohr Tentang Atom

- Pada tahun 1913 Bohr memberikan penjelasan tentang spektrum atom
- Model atom yang diajukan menjelaskan mengapa atom stabil

Asumsi Bohr tentang Atom

- Elektron bergerak melingkar mengelilingi inti karena pengaruh gaya Coulomb
 - Gaya Coulomb menghasilkan percepatan sentripetal
- Hanya orbit elektron tertentu yang stabil
 - Pada orbit-orbit ini atom tidak mengemisikan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik
 - Sehingga energi atom tetap dan mekanika klasik dapat digunakan untuk menjelaskan gerak elektron
- Radiasi diemisikan oleh atom apabila “loncat” dari keadaan yang energinya lebih tinggi ke keadaan yang energinya lebih rendah
 - Proses “loncat” tidak dapat dijelaskan secara klasik



$$E_i - E_f = hf$$

Asumsi Bohr Lanjutan

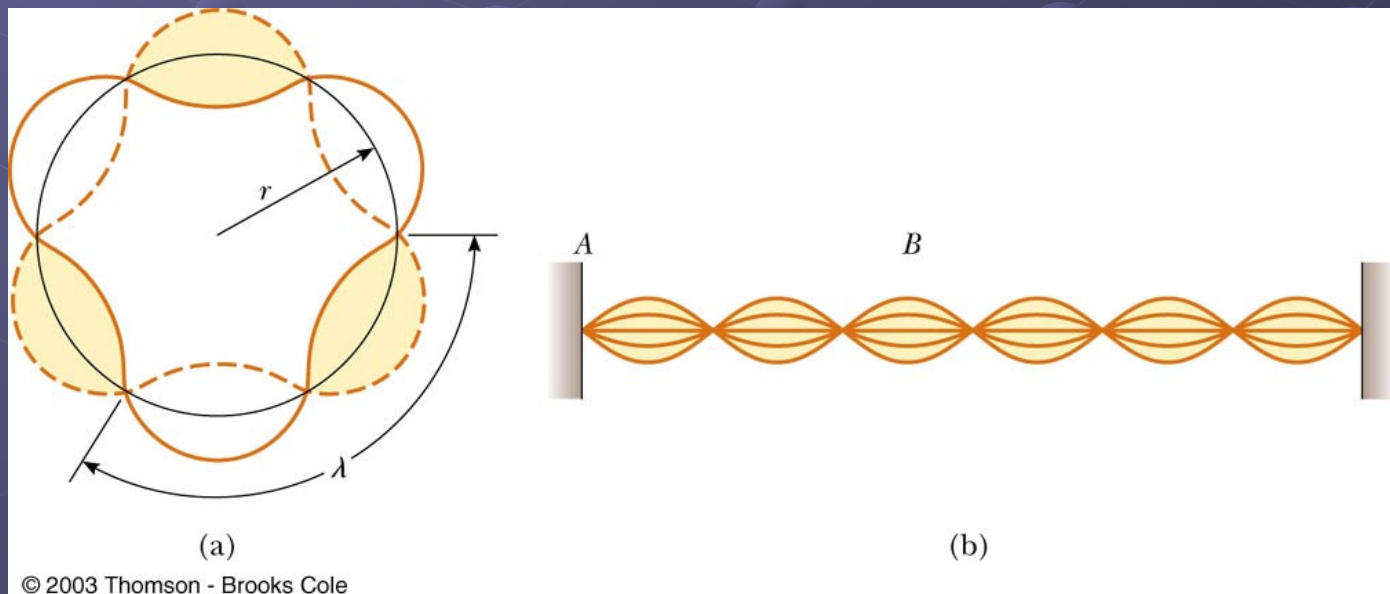
● Tentang elektron yang “loncat”:

- **Frekuensi** yang diemisikan dalam proses “loncat” berkaitan dengan perubahan energi atom
- Secara umum, frekuensi yang diemisikan **tidak sama** dengan frekuensi elektron mengorbit

$$E_i - E_f = hf$$

Gelombang de Broglie

- Salah satu postulat Bohr adalah momentum sudut elektron adalah terkuantisasi, **tapi tidak ada penjelasan mengapa pembatasan tersebut terjadi**
- de Broglie mengasumsikan bahwa elektron orbit akan stabil hanya jika **kelilingnya sama dengan bilangan integer kali panjang gelombang**



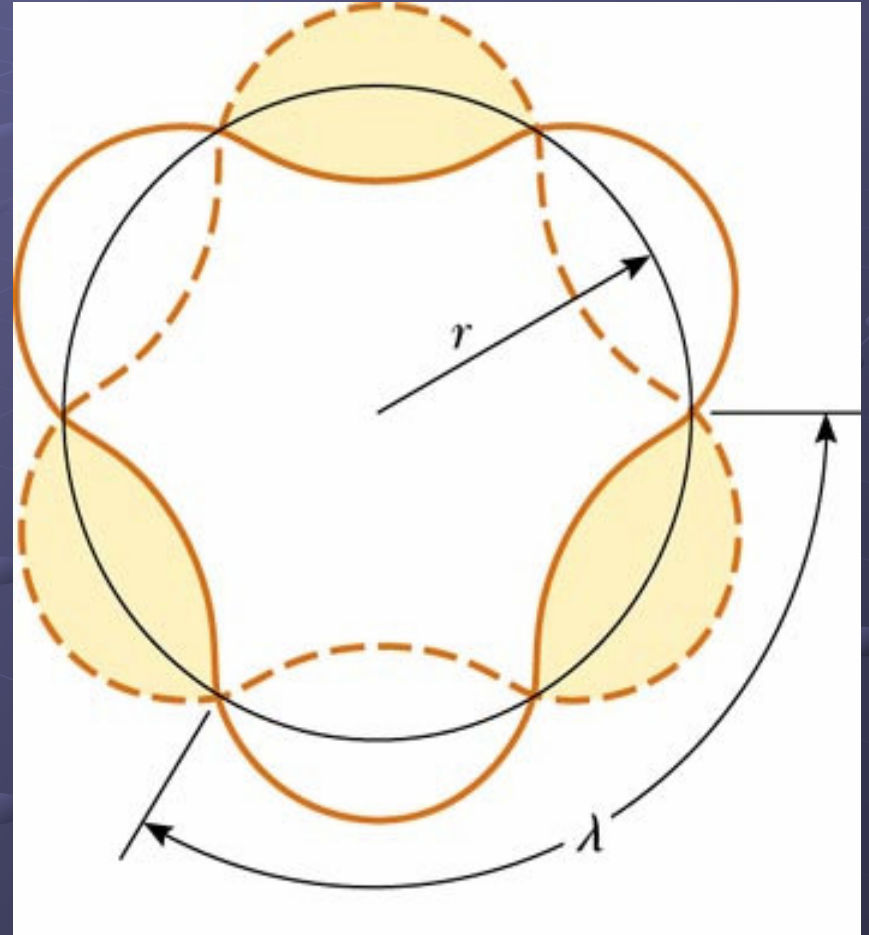
Gelombang de Broglie dalam Atom Hidrogen

- Dalam contoh ini, tiga panjang gelombang bersesuaian dengan keliling orbit
- Secara umum, keliling harus sama dengan bilangan integer kali panjang gelombang

$$2\pi r = n\lambda, \quad \lambda = 1, 2, 3, \dots$$

tapi $\lambda = \frac{h}{m_e v}$, sehingga

$$m_e v r = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$



Prinsip Korespondensi Bohr

- *Prinsip Korrespondensi* Bohr menyatakan bahwa mekanika kuantum cocok dengan fisika klasik ketika perbedaan energi antara tingkat-tingkat terkuantisasi sangat kecil
 - Serupa dengan Mekanika Newton yang merupakan kasus khusus dari Mekanika Relativistik ketika $v \ll c$

Sifat Atom

- Semua atom tersusun atas inti dan elektron yang mengorbit inti
- **Nomor atom**, Z , menyatakan jumlah proton dalam inti, pada atom netral, jumlah elektron sama dengan jumlah proton
- **Nomor neutron**, N , menyatakan jumlah neutron dalam inti
- **Nomor massa**, A , menyatakan jumlah nukleon dalam inti
 - $A = Z + N$
 - Nukleon adalah nama untuk proton dan neutron penyusun inti
 - Nomor massa tidak sama dengan massa

• Notasi $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$ Dimana X adalah simbol kimia dari unsur

• Contoh: $\begin{matrix} 27 \\ 13 \end{matrix} \text{Al}$

• Nomor massa 27

• Nomor atom 13

• Terdiri dari 13 proton, 14 ($27 - 13$) neutron dan 13 elektron (atom netral)

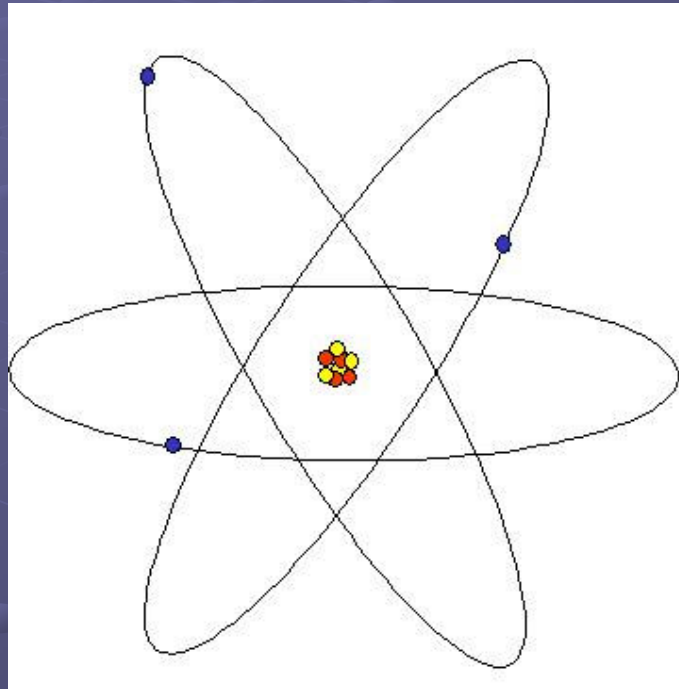


Fisika Inti

Fisika Inti; Sejarah

- **1896** – Lahirnya fisika inti
 - Becquerel menemukan radioaktivitas dalam uranium
- Rutherford menunjukkan tiga tipe radiasi
 - Alfa (Inti He)
 - Beta (elektron)
 - Gama (foton berenergi tinggi)
- **1911** Rutherford, Geiger dan Marsden melakukan eksperimen hamburan
 - Memperoleh informasi tentang muatan inti
 - *Gaya Nuklir* merupakan gaya jenis baru
- **1919** Rutherford dan coworkers mengamati reaksi inti pertama kali
- **1932** Cockcroft dan Walton pertamakali menggunakan pemercepat proton untuk menghasilkan reaksi inti
- **1932** Chadwick menemukan neutron
- **1933** Curie menemukan radioaktif buatan
- **1938** Hahn dan Strassman menemukan fisi nuklir
- **1942** Fermi membuat reaktor fisi inti yang pertama yang dapat dikontrol

Atom



Mari kita lihat ada apa di dalamnya!

Inti Atom

Bermuatan Positif, **Apakah hanya ada Proton dalam Inti?**

- Th 1930, W Bothe dan Becker menembaki berilium dg partikel alpha → ternyata ada pancaran radiasi netral yang bisa memukul keluar proton dg energi 5.7 MeV.
- Kayanya sinar gamma neh... tapi energi sinar gamm~55 MeV (ga mungkin...). Jadi radiasi netral itu apa sebenarnya?
- 1932 Chadwick menyatakan pancaran radiasi netral = pancaran partikel netral yang disebut (neutron) yang massanya~massa proton
- Sifat-sifat neutron
 - Meluruh jika diluar inti, $\tau = 15,5$ menit
 - $m_n = 1,0086654u = 1,6748 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_n > m_p$
 - Spin $\frac{1}{2}$
 - Bermuatan netralso,... inti atom terdiri dari **proton dan neutron**



Sifat Inti

- Semua inti tersusun atas proton dan neutron
 - Pengecualian inti atom hidrogen
- **Nomor atom**, Z , menyatakan jumlah proton dalam inti
- **Nomor neutron**, N , menyatakan jumlah neutron dalam inti
- **Nomor massa**, A , menyatakan jumlah nukleon dalam inti
 - $A = Z + N$
 - Nukleon adalah nama untuk proton dan neutron penyusun inti
 - Nomor massa tidak sama dengan massa

• Notation $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$ Dimana X adalah simbol kimia dari unsur

• Contoh: $\begin{matrix} 27 \\ 13 \end{matrix} \text{Al}$

- Nomor massa 27
- Nomor atom 13
- Terdiri dari 13 proton dan
- 14 ($27 - 13$) neutron

Muatan dan massa

Muatan:

- Elektron mempunyai muatan negatif tunggal, $-e$ ($e = 1.60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- Proton mempunyai muatan positif tunggal, $+e$
 - Sehingga, muatan dari inti adalah Ze
- Neutron tidak bermuatan
 - Membuatnya sulit dideteksi

Massa:

- Menggunakan *atomic mass units*, u , untuk menyatakan massa
 - $1 u = 1.660559 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 - Berdasarkan definisi bahwa **massa satu C-12 adalah tepat 12 u**
- Massa juga dapat dinyatakan dalam MeV/c^2
 - Dari $E_R = m c^2$
 - $1 u = 931.494 \text{ MeV}/c^2$

Ringkasan Massa

	Massa		
<i>Partikel</i>	<i>kg</i>	<i>u</i>	<i>MeV/c²</i>
Proton	1.6726×10^{-27}	1.007276	938.28
Neutron	1.6750×10^{-27}	1.008665	939.57
Electron	9.101×10^{-31}	5.486×10^{-4}	0.511

Quick problem: protons in your body

What is the order of magnitude of the number of protons in your body? Of the number of neutrons? Of the number of electrons? Take your mass approximately equal to 70 kg.

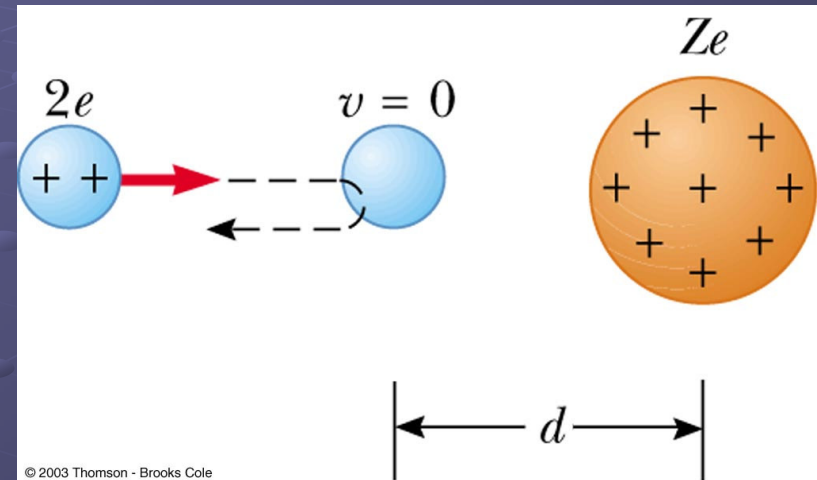
An iron nucleus (in hemoglobin) has a few more neutrons than protons, but in a typical water molecule there are eight neutrons and ten protons. So protons and neutrons are nearly equally numerous in your body, each contributing 35 kg out of a total body mass of 70 kg.

$$N = 35\text{kg} \left(\frac{1 \text{ nucleon}}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}} \right) \approx 10^{28} \text{ protons}$$

Same amount of neutrons and electrons.

Ukuran Inti

- Diselidiki pertama kali oleh Rutherford pada percobaan hamburan
- Diperoleh pernyataan seberapa dekat partikel alfa bergerak mendekati inti sebelum berbalik arah karena gaya tolak Coulomb
- EK partikel diubah menjadi EP



$$\frac{1}{2}mv^2 = k_e \frac{q_1 q_2}{r} = k_e \frac{(2e)(Ze)}{d}$$

atau

$$d = \frac{4k_e Ze^2}{mv^2}$$

- Untuk emas: $d = 3.2 \times 10^{-14} \text{ m}$, dan untuk perak: $d = 2 \times 10^{-14} \text{ m}$
Biasa dinyatakan dalam *femtometers* dimana $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$
(juga dinamakan satu fermi)

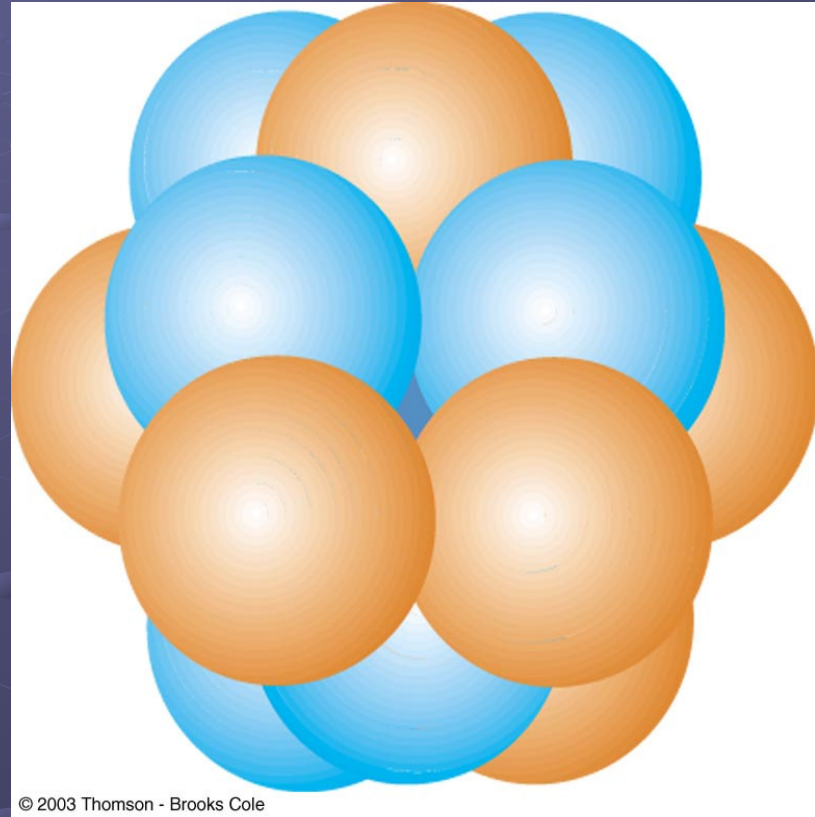
Ukuran Inti

- Sejak eksperimen yang dilakukan oleh Rutherford, banyak eksperimen lain yang menyimpulkan sebagai berikut

- Kebanyakan inti hampir bulat
- Jejari reratanya

$$r = r_0 A^{1/3}$$

- $r_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$



© 2003 Thomson - Brooks Cole

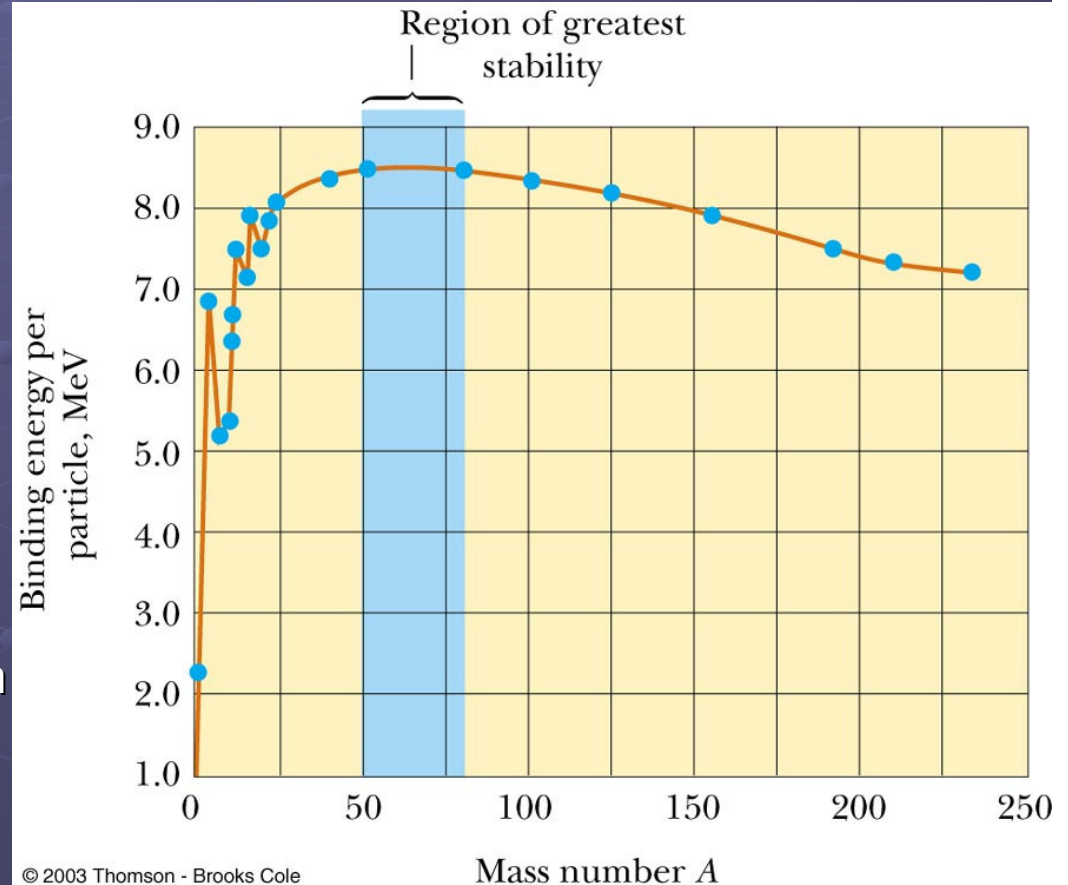
Kerapatan Inti

- Volume dari inti (asumsinya bola) sebanding dengan jumlah total nukleon
- Ini memberikan bahwa semua inti memiliki kerapatan yang sama ρ
- $\rho = R_0 A^{1/3}$ dimana $R_0 = 1.2 \text{ fm}$
- $\rho_{\text{atom}} \sim 10^3 \text{ kg/m}^3$
 $\rho_{\text{nucleus}} \sim 10^{17} \text{ kg/m}^3$

Energi Ikat

● Energi total dari sistem terikat (inti) adalah lebih kecil dari energi kombinasi penyusun nukleon

- Perbedaan energi ini dinamakan energi ikat inti
 - Dapat juga dinyatakan sebagai sejumlah energi yang diperlukan untuk memecah inti menjadi proton dan neutron



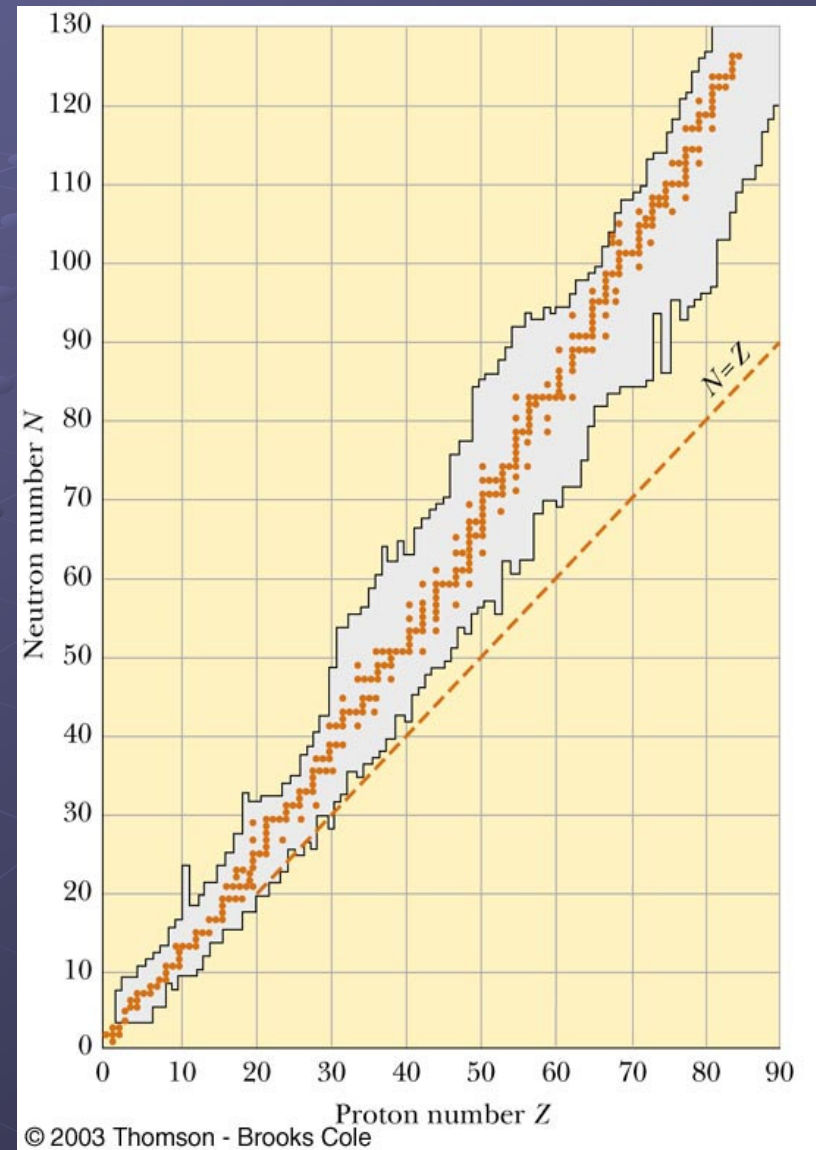
Energi ikat per nukleon

Kesetabilan Inti

- Terdapat **gaya tolak elektrostatis** yang sangat besar antar sesama proton dalam inti
 - Gaya ini dapat menyebabkan inti hancur
- Inti tetap stabil karena adanya gaya yang lain, gaya berjangkauan pendek, dinamakan **gaya inti (atau kuat)**
 - Gaya ini merupakan **gaya tarik** yang bekerja pada semua partikel inti
 - Gaya tarik inti lebih kuat dari pada gaya tolak Coulomb pada jarak dekat dalam inti

Grafik Kesetabilan Inti

- Inti ringan stabil jika $N = Z$
- Inti berat sangat stabil ketika $N > Z$
 - Semakin besar jumlah proton, gaya tolak Coulomb semakin besar akibatnya diperlukan lebih banyak nukleon agar inti tetap stabil
- Tidak ada inti stabil ketika $Z > 83$



Isotop

- Inti dari berbagai atom dapat memiliki jumlah proton yang sama
- Meskipun memiliki jumlah neutron yang bervariasi
 - *Isotope* adalah sebuah unsur yang memiliki Z sama tetapi nilai N dan A berbeda
 - Contoh: ${}_{6}^{11}\text{C}$ ${}_{6}^{12}\text{C}$ ${}_{6}^{13}\text{C}$ ${}_{6}^{14}\text{C}$