

Mengenal Fisika Nuklir

Imam Fachruddin

(Departemen Fisika, Universitas Indonesia)

Daftar Pustaka:

- P. E. Hodgson, E. Gadioli, E. Gadioli Erba, **Introductory Nuclear Physics** (Oxford U. P., New York, 2000)
- J. M. Blatt & V. F. Weisskopf, **Theoretical Nuclear Physics** (Dover Publications, Inc., New York, 1991)
- W. E. Meyerhof, **Elements of Nuclear Physics** (McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1989)

Isi

- pendahuluan
 - sifat-sifat inti
 - ketidakstabilan inti
 - radioaktivitas
 - model inti
 - gaya nuklir / interaksi kuat
 - fisika partikel
 - astrofisika nuklir
 - akselerator dan detektor 
 - reaktor nuklir
-

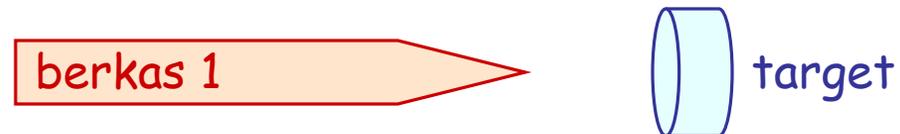
Akselerator dan Detektor

Pada bagian ini hanya akan disampaikan pengantar untuk topik akselerator dan detektor.

Tumbukan (Collision)

Ada 2 jenis tumbukan: - fixed target collision
- head on collision

fixed target collision: berkas proyektil diarahkan ke target yang diam



head on collision: dua berkas partikel diarahkan satu ke yang lain sehingga bertumbukan



Energi reaksi dalam kerangka pusat massa (p.m.):

fixed target collision:

Proyektil dan target membentuk satu sistem dengan energi total dalam kerangka laboratorium (lab) E_{lab} dan momentum total \mathbf{k}_{lab} :

$$\mathbf{k}_{\text{lab}} = \mathbf{k}_{1,\text{lab}} \quad (\text{target diam, } \mathbf{k}_{2,\text{lab}} = 0) \quad E_{\text{lab}} = E_{1,\text{lab}} + E_{2,\text{lab}} \\ = \left(m_1^2 c^4 + \mathbf{k}_{1,\text{lab}}^2 c^2 \right)^{\frac{1}{2}} + m_2 c^2$$

Dalam lab sistem ini punya massa M (disebut **massa invarian**), yang dalam p.m. merupakan energi total:

$$E_{\text{p.m.}}^2 = M^2 c^4 = E_{\text{lab}}^2 - \mathbf{k}_{\text{lab}}^2 c^2 = (m_1^2 + m_2^2) c^4 + 2 m_2 c^2 E_{1,\text{lab}}$$

Dapat dilihat hubungan energi total di p.m. terhadap energi proyektil di lab, bahwa $E_{\text{p.m.}}^2$ berubah secara linear terhadap $E_{1,\text{lab}}$.

head on collision:

Proyektil dan target membentuk satu sistem dengan energi total di lab E_{lab} dan momentum total \mathbf{k}_{lab} :

$$\mathbf{k}_{\text{lab}} = \mathbf{k}_{1,\text{lab}} + \mathbf{k}_{2,\text{lab}} \quad (\text{catatan : } \mathbf{k}_{1,\text{lab}} \text{ dan } \mathbf{k}_{2,\text{lab}} \text{ berlawanan arah})$$

$$E_{\text{lab}} = E_{1,\text{lab}} + E_{2,\text{lab}}$$

Energi total di p.m.:

$$E_{\text{p.m.}}^2 = M^2 c^4 = E_{\text{lab}}^2 - \mathbf{k}_{\text{lab}}^2 c^2 = (m_1^2 + m_2^2) c^4 + 2E_{1,\text{lab}} E_{2,\text{lab}} + 2\mathbf{k}_{1,\text{lab}} \cdot \mathbf{k}_{2,\text{lab}}$$

Biasanya ditumbukkan berkas partikel dan antipartikelnya, maka:

$$m_1 = m_2 \quad E_{1,\text{lab}} = E_{2,\text{lab}} \quad \mathbf{k}_{1,\text{lab}} = -\mathbf{k}_{2,\text{lab}}$$

sehingga:

$$E_{\text{p.m.}} = E_{\text{lab}} = 2E_{1,\text{lab}} = 2E_{2,\text{lab}}$$

Jadi, $E_{\text{p.m.}}$ - bukan $E_{\text{p.m.}}^2$ - bergantung secara linear pada $E_{1,\text{lab}}$. Dengan begitu, pada head on collision tersedia energi reaksi yang lebih besar dari energi reaksi untuk fixed target collision. Head on collision dipakai untuk, contohnya mencari quark, karena diperlukan energi yang sangat besar untuk melepaskan quark dari suatu partikel.

Akselerator

Sesuai jenis tumbukan ada 2 jenis akselerator:

- fixed target accelerator
- colliding beam accelerator (disingkat *collider*)

Fixed target accelerator dapat dibagi dalam 2 jenis:

- electrostatic accelerator
- cyclic accelerator

Electrostatic accelerator menggunakan beda potensial konstan untuk mempercepat partikel. Cyclic accelerator menggunakan beda potensial yang berubah secara periodik untuk mempercepat partikel; partikel beberapa kali dipercepat oleh beda potensial yang berubah secara periodik.

Berdasarkan bentuk lintasan partikel yang dipercepat, cyclic accelerator dapat dibagi dua:

- linear accelerator (*linac*)
- circular accelerator

Pada circular accelerator partikel yang dipercepat menempuh lintasan tertutup; arah partikel dibelokkan oleh medan magnet.

Beberapa jenis circular accelerator:

- betatron
- cyclotron
- synchrocyclotron
- synchrotron

Detektor

Detektor diperlukan untuk mengetahui posisi, momentum, energi, jenis partikel yang datang / lewat. Contoh **bubble chamber**, **streamer chamber** dapat menunjukkan lintasan partikel dan dengan begitu juga jenis partikel. Detektor **proportional counter**, **drift chamber**, **semikonduktor** dapat menunjukkan posisi partikel. **Spektrometer massa** dapat dipakai untuk memilih partikel berdasarkan massanya, prinsip yang sama juga dapat dipakai untuk menentukan momentum partikel. **Kalorimeter elektromagnetik**, **kalorimeter hadron** dipakai untuk menentukan energi partikel.