

# **STRUKTUR INTI ATOM DAN BINDING ENERGY**




**RIDA SNM  
RIDA@UNY.AC.ID**

# TUJUAN PERKULIAHAN

- Mampu mendefinisikan konsep nomor massa, nomor atom dan isotop dan mengaplikasikannya
- Mampu menghitung defek massa dan binding energy per nukleon untuk isotop tertentu

# KOMPOSISI MATERI

Semua materi terdiri dari setidaknya tiga partikel fundamental :

Particle	Fig.	Sym	Mass	Charge	Size
Electron		$e^-$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	~
Proton		$p$	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$	3 fm
Neutron		$n$	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$	0	3 fm

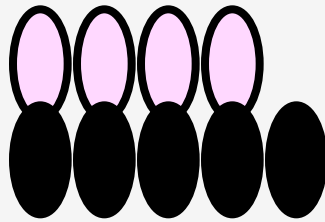
Massa proton dan neutron hamper sama, sekitar 1840 kali massa elektron.

# INTI ATOM

Compacted nucleus:

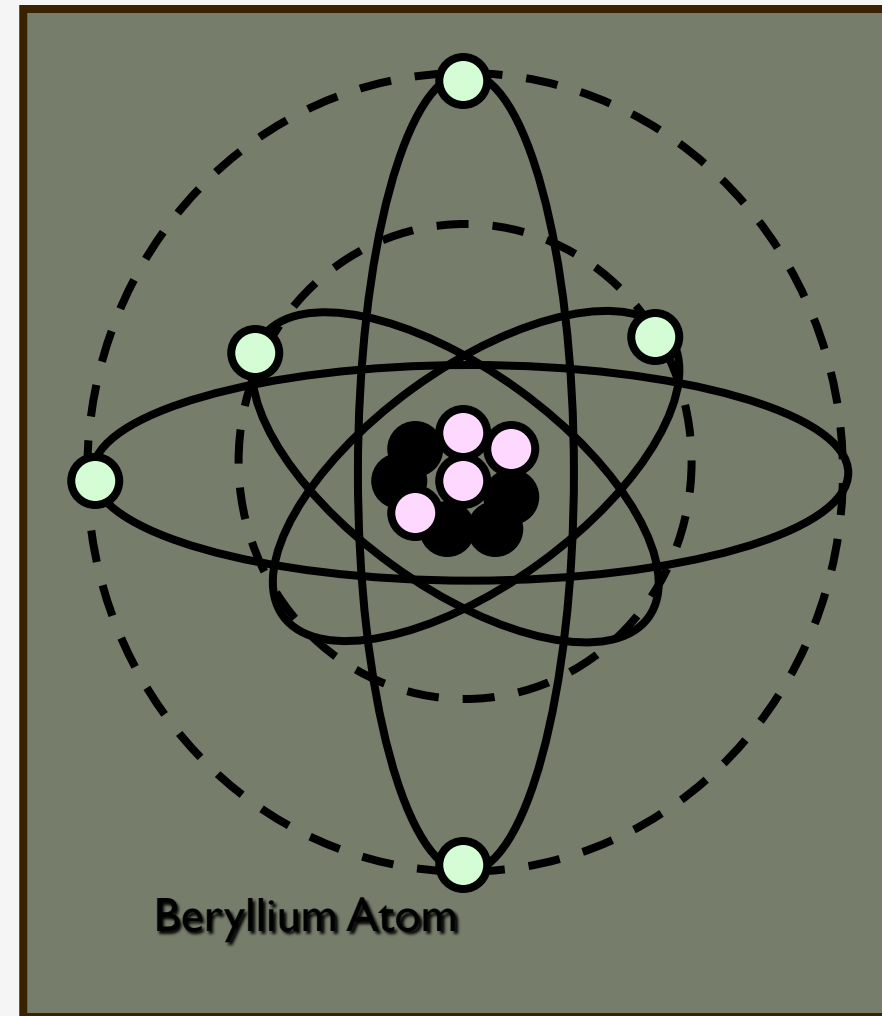
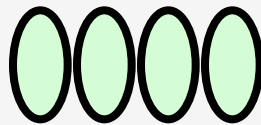
4 proton

5 neutron

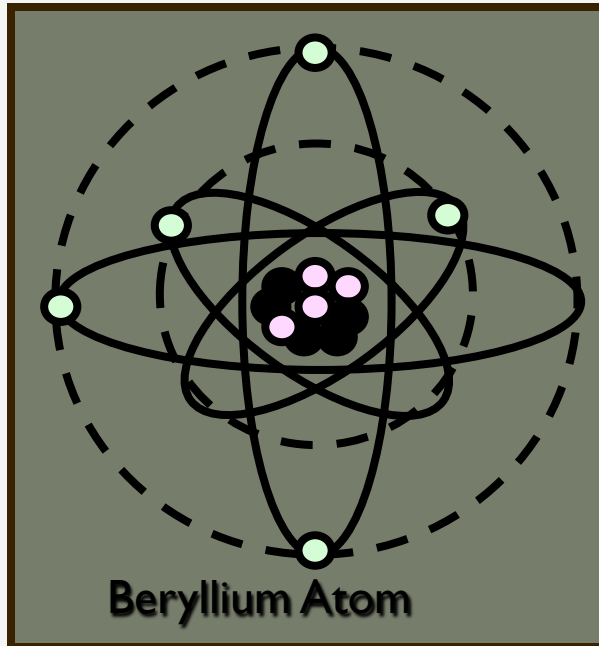


Karena atom bermuatan neutral,  
maka harus ada 4 elektron.

4 elektron

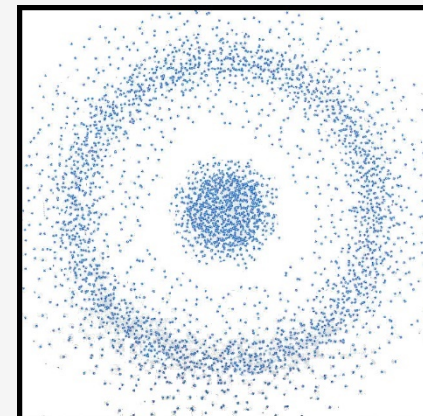


# TEORI ATOM MODERN



Ketidak pastian posisi elektron digambarkan sebagai distribusi peluang---biasa disebut juga sebagai **awan elektron**

Atom Bohr, yang terkadang menunjukkan elektron sebagai partikel planetarian, tidak lagi menjadi penggambaran yang valid. Digunakan di sini untuk memudahkan diskusi tentang level energi.



# DEFINISI

Nukleon adalah istilah untuk menggambarkan partikel inti—sebuah proton atau sebuah neutron.

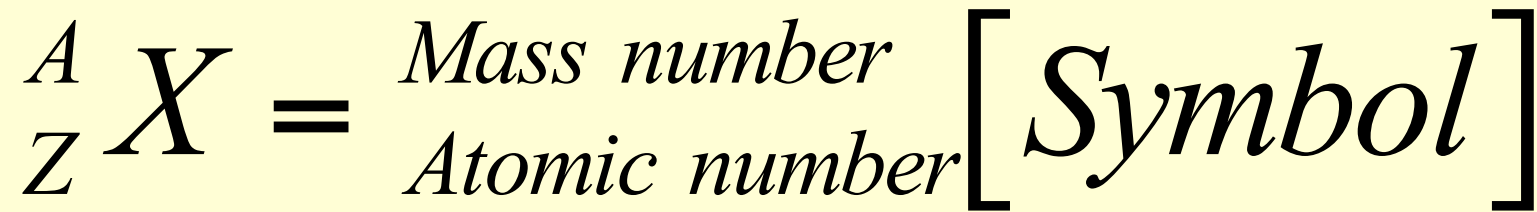
Nomor atom  $Z$  sebuah unsur adalah jumlah proton yang terdapat pada inti unsur tersebut.

Nomor massa  $A$  sebuah unsur adalah jumlah semua nukleon (proton + neutron).



$$A = N + Z$$

# NOTASI SIMBOL



 Sebagai contoh, beryllium (Be):



# CONTOH 1: GAMBARKAN INTI ATOM LITHIUM YANG MEMILIKI NOMOR MASSA 7 DAN NOMOR ATOM 3

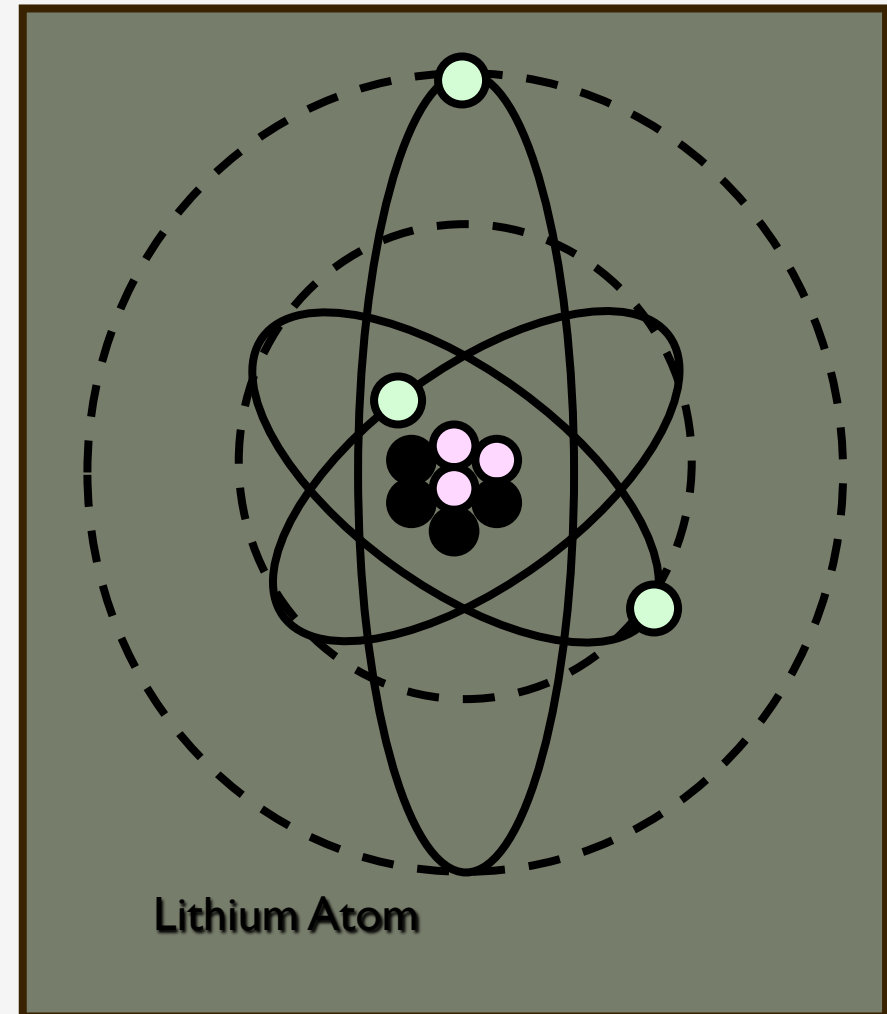
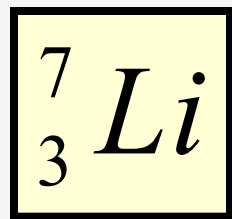
$$A = 7; Z = 3; N = ?$$

$$N = A - Z = 7 - 3$$

$$\text{neutron: } N = 4$$

$$\text{Proton: } Z = 3$$

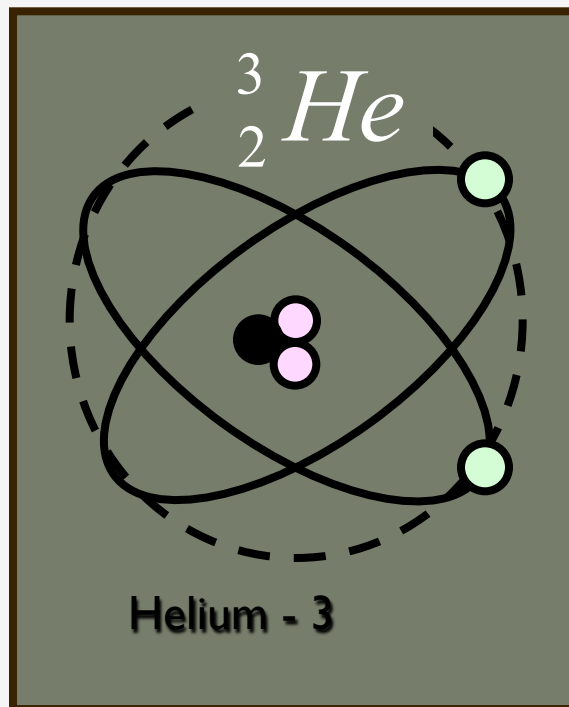
Electron: Sama dengan  $Z$



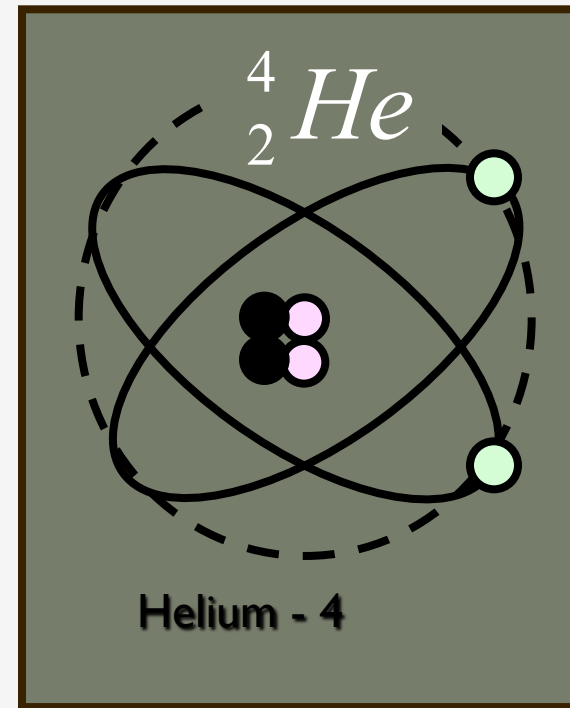
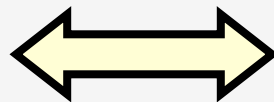


# ISOTOP UNSUR

**Isotop** adalah atom yang memiliki jumlah proton yang sama ( $Z_1 = Z_2$ ), tetapi jumlah neutron berbeda (N). ( $A_1 \neq A_2$ )



Isotopes of  
helium



# NUKLIDA

Karena keberadaan banyak isotop, istilah “unsur” kadang menyesatkan. Istilah “nuklida” lebih aman untuk digunakan.

Sebuah nuklida adalah sebuah atom yang memiliki nomor massa  $A$  tertentu dan  $Z$  tertentu. Daftar nuklida-nuklida akan meliputi isotop.

Contoh Nuklida:



# ATOMIC MASS UNIT, U

Satu atomic mass unit/unit massa atom (1 u) sama dengan 1/12 massa atom karbon yang paling melimpah: karbon-12.

$$\text{Atomic mass unit: } 1 \text{ u} = 1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Massa atom yang umum:



Proton: 1.007276 u



Neutron: 1.008665 u



Elektron: 0.00055 u

Hydrogen: 1.007825 u

**CONTOH 2: MASSA ATOM RATA-RATA BORON-11 ADALAH 11.009305 U. BERAPA MASSA INTI SATU ATOM BORON DALAM KG?**



Massa dari inti adalah massa atom dikurangi oleh massa Z = 5 elektron:

$$\text{Massa} = 11.009305 \text{ u} - 5(0.00055 \text{ u})$$

$$1 \text{ inti boron} = 11.00656 \text{ u}$$

$$m = 11.00656 \text{ u} \left( \frac{1.6606 \times 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \right)$$

$$m = 1.83 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

# MASSA DAN ENERGI

Persamaan Einstein untuk m dan E:

$$E = mc^2; \quad c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Energi untuk massa 1 u:

$$E = (1 \text{ u})c^2 = (1.66 \times 10^{-27} \text{ kg})(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$E = 1.49 \times 10^{-10} \text{ J}$$

atau

$$E = 931.5 \text{ MeV}$$

Untuk mengkonversi  
amu ke energi:

$$c^2 = 931.5 \frac{\text{MeV}}{\text{u}}$$

## CONTOH 3: BERAPA MASSA ENERGI DIAM SEBUAH PROTON (1.007276 U)?

$$E = mc^2 = (1.00726 \text{ u})(931.5 \text{ MeV/u})$$

$$\text{Proton: } E = 938.3 \text{ MeV}$$

Konversi yang sama menunjukkan massa energi diam lainnya:

$$\text{Neutron: } E = 939.6 \text{ MeV}$$

$$\text{Elektron: } E = 0.511 \text{ MeV}$$

# THE MASS DEFECT (DEFEK MASSA)

**mass defect** adalah perbedaan antara massa diam sebuah inti dan jumlah dari semua massa diam komponen pengisi inti

**Massa keseluruhan lebih kecil dari jumlah massa penyusun!** Misalkan atom karbon-12 (12.00000 u):

$$\begin{aligned}\text{Massa inti} &= \text{Massa atom} - \text{total massa elektron} \\ &= 12.00000 \text{ u} - 6(0.00055 \text{ u}) \\ &= 11.996706 \text{ u}\end{aligned}$$

Inti atom karbon-12 memiliki massa 11.996706 u

# MASS DEFECT (CONTINUED)

Massa inti karbon-12: 11.996706



Proton: 1.007276 u



Neutron: 1.008665 u

Inti mengandung 6 proton dan 6 neutron:

$$6 p = 6(1.007276 \text{ u}) = 6.043656 \text{ u}$$

$$6 n = 6(1.008665 \text{ u}) = 6.051990 \text{ u}$$

$$\text{Total massa penyusun:} = 12.095646 \text{ u}$$

$$\text{Mass defect } m_D = 12.095646 \text{ u} - 11.996706 \text{ u}$$

$$m_D = 0.098940 \text{ u}$$



# THE BINDING ENERGY

binding energy  $E_B$  sebuah inti adalah energi yang diperlukan untuk memisahkan sebuah inti dari partikel-partikel penyusunnya.

$$E_B = m_D c^2 \text{ dimana } c^2 = 931.5 \text{ MeV/u}$$

Binding energy untuk contoh karbon-12 adalah:

$$E_B = (0.098940 \text{ u})(931.5 \text{ MeV/u})$$

$E_B$  untuk C-12:  $E_B = 92.2 \text{ MeV}$

# BINDING ENERGY PER NUKLEON

Cara penting untuk membandingkan inti atom adalah dengan membandingkan binding energy per nukleonnya:

$$\text{Binding energy per nukleon } \frac{E_B}{A} = \left( \frac{\text{MeV}}{\text{nucleon}} \right)$$

Untuk contoh C-12,  $A = 12$  dan:

$$\frac{E_B}{A} = \frac{92.2 \text{ MeV}}{12} = 7.68 \frac{\text{MeV}}{\text{nucleon}}$$

# FORMULA UNTUK MASS DEFECT

Untuk menghitung mass defect:

Mass defect  $m_D$

$$m_D = \left[ (Zm_H + Nm_n) - M \right]$$

$$m_H = 1.007825 \text{ u}; \quad m_n = 1.008665 \text{ u}$$

**Z** adalah nomor atom; **N** adalah jumlah neutron; **M** adalah massa atom (termasuk elektron).

By using the mass of the hydrogen atom, you avoid the necessity of subtracting electron masses.

# CONTOH 4: CARI MASS DEFECT UNTUK INTI HELIUM-4. ( $M = 4.002603 \text{ u}$ )



Mass defect  $m_D$

$$m_D = [(Zm_H + Nm_n) - M]$$

$$Zm_H = (2)(1.007825 \text{ u}) = 2.015650 \text{ u}$$

$$Nm_n = (2)(1.008665 \text{ u}) = 2.017330 \text{ u}$$

$$M = 4.002603 \text{ u (dari table nuklida)}$$

$$m_D = (2.015650 \text{ u} + 2.017330 \text{ u}) - 4.002603 \text{ u}$$

$$m_D = 0.030377 \text{ u}$$

$$E_B = m_D c^2 \text{ dimana } c^2 = 931.5 \text{ MeV/u}$$

$$E_B = (0.030377 \text{ u})(931.5 \text{ MeV/u}) = 28.3 \text{ MeV}$$

Energi 28.3 MeV dibutuhkan untuk memecah inti atom He-4.

Karena He-4 memiliki 4 nukleon, maka

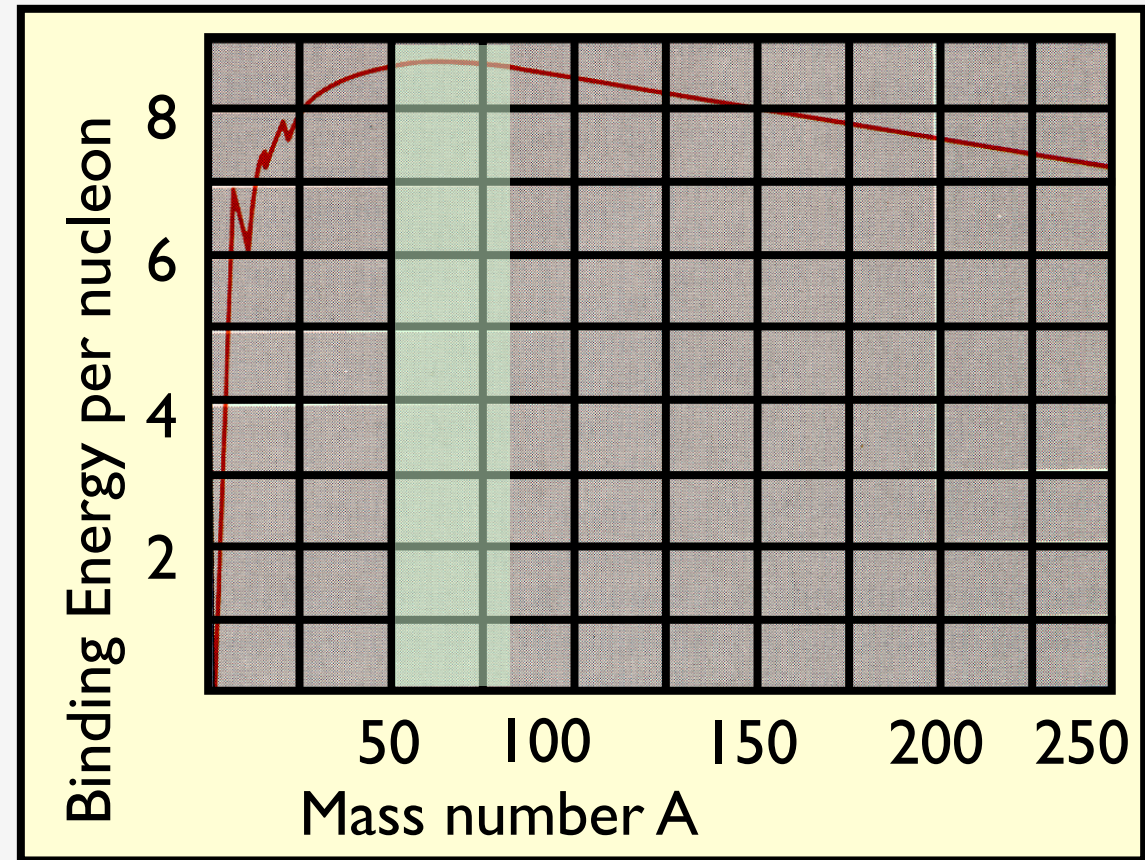
$$\frac{E_B}{A} = \frac{28.3 \text{ MeV}}{4} = 7.07 \frac{\text{MeV}}{\text{nucleon}}$$

# BINDING ENERGY VS. NOMOR MASSA

$E_B$  meningkat dengan meningkatnya  $A$  dan mencapai puncak pada  $A = 60$ . Inti yang lebih berat lebih tidak stabil.



Daerah hijau menandakan atom yang paling stabil



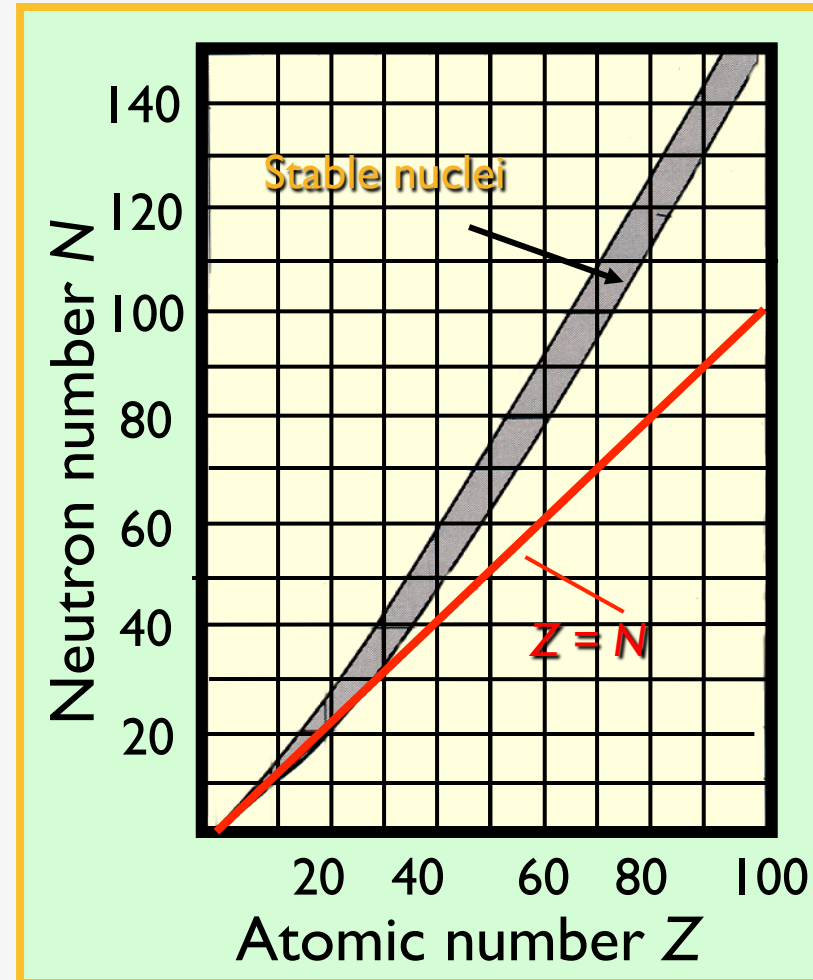
Untuk inti yang lebih berat, energi dilepaskan saat inti tsb membelah (**fission**). Untuk inti-inti ringan, energi dilepaskan saat bergabung bersama (**fusion**).

# KURVA KESTABILAN

Partikel inti diikat bersama oleh gaya inti yang kuat (nuclear strong force).

Inti stabil akan tetap ada selamanya. Atom akan meluruh dengan meningkatnya rasio  $N/Z$ .

Unsur dengan  $Z > 82$  semuanya tidak stabil



# KESIMPULAN

- nomor massa?
- nomor atom? Isotop?
- cara menghitung defek massa?
- Cara menghitung binding energy per nukleon?