

# Radioaktivitas dan Reaksi Nuklir

Rida SNM  
rida@uny.ac.id

# Outline

- Sesi 1 Radioaktivitas
- Sesi 2 Peluruhan Inti

# 1 Radioaktivitas

Tujuan Perkuliahan:

- Partikel pembentuk atom dan inti atom
- Bagaimana inti terikat bersama
- Definisi radioaktivitas
- Properti inti radioaktif dan inti stabil

# Inti Atom

- Atom terbentuk dari proton, neutron dan elektron

# Inti Atom

- Atom terbentuk dari proton, neutron dan elektron
- Proton yang bermuatan positif dan neutron yang bermuatan negative terletak di inti atom

# Inti Atom

- Atom terbentuk dari proton, neutron dan elektron
- Proton yang bermuatan positif dan neutron yang bermuatan negative terletak di inti atom
- Setiap proton memiliki muatan positif atau +1 sehingga setiap inti memiliki muatan positif sejumlah protonnya

# Inti Atom

- Jumlah proton disebut nomor atom unsur

# Inti Atom

- Jumlah proton disebut nomor atom unsur
- Atom memiliki jumlah proton dan elektron yang sama

# Inti Atom

- Jumlah proton disebut nomor atom unsur
- Atom memiliki jumlah proton dan elektron yang sama
- Gaya antara dua muatan yang berbeda menarik elektron berada dekat ke inti

# Apakah inti atom adalah bagian atom terbesar?

- Proton dan neutron diikat dengan sangat erat sehingga inti hanya merupakan bagian atom yang sangat kecil

# Apakah inti atom adalah bagian atom terbesar?

- Proton dan neutron diikat dengan sangat erat sehingga inti hanya merupakan bagian atom yang sangat kecil
- Jika atom seukuran dengan lapangan sepakbola, maka inti atomnya hanya sebesar kelereng!

# Apakah inti atom adalah bagian atom terbesar?

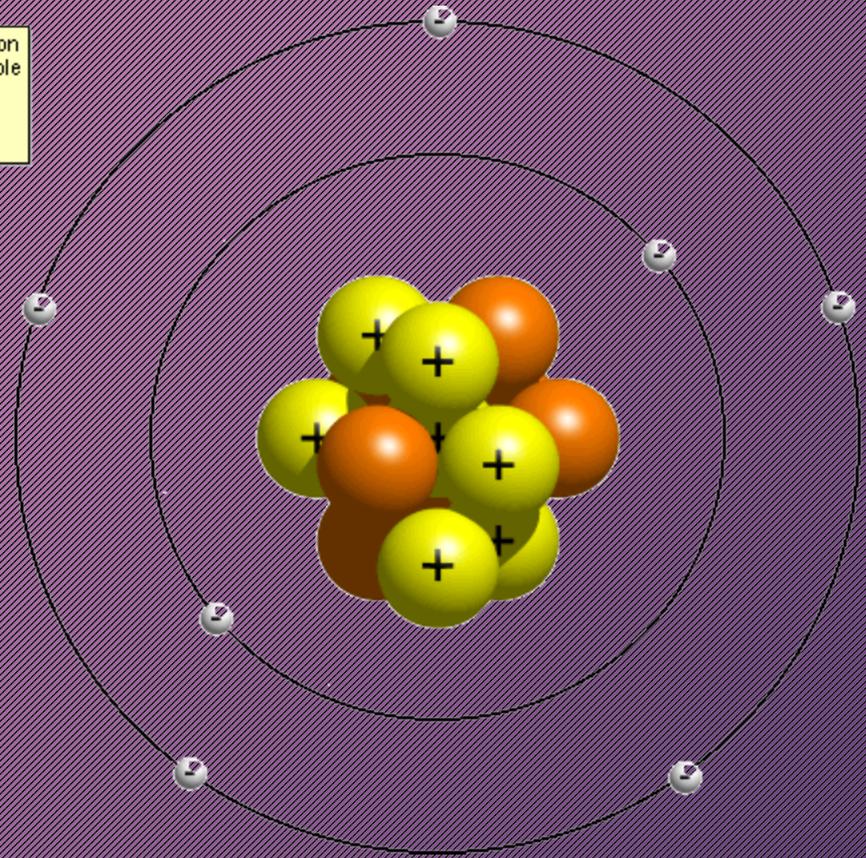
- Proton dan neutron diikat dengan sangat erat sehingga inti hanya merupakan bagian atom yang sangat kecil
- Jika atom seukuran dengan lapangan sepakbola, maka inti atomnya hanya sebesar kelereng!
- Walaupun merupakan bagian kecil dari atom, sebagian besar massa atom berada pada intinya

# Apakah inti atom adalah bagian atom terbesar?

- Sebuah proton atau neutron memiliki hampir 2000 kali massa elektron

# Model Atom

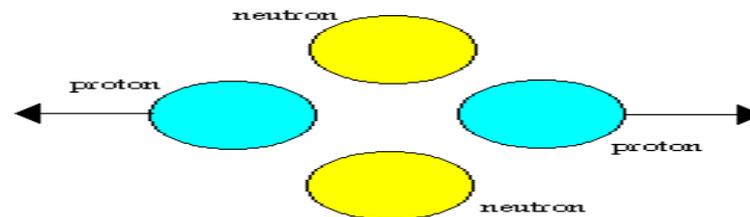
Nitrogen's Electron  
Configuration Table  
 $1s^2$   
 $2s^2 2p^3$



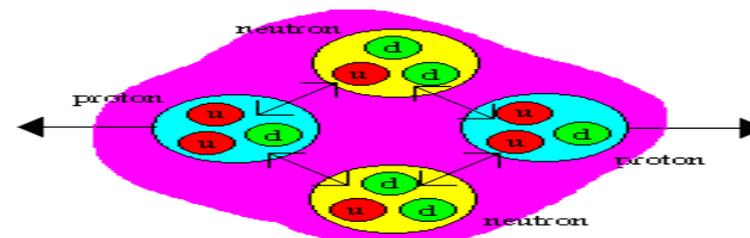
# The Strong Force—Gaya Kuat Inti

- Gaya yang membuat proton dan neutron saling Tarik menarik dan tetap terikat bersama
  - 100 kali lebih kuat dibanding gaya listrik
  - Hanya bekerja jika parikelnya berdekatan

## Color Force



an early dilemma for quantum mechanics was "how does the nucleus of an atom hold together with the repulsive electrostatic forces of the protons pulling it apart"



the answer is that the color force between quarks in the proton and neutron produce the strong force, which overcomes the electrostatic force

# Bagaimana gaya bekerja di inti yang kecil?

- Di inti yang kecil, partikel-partikel saling berdekatan sehingga gaya kuat mengikat proton dan neutron dengan erat

# Bagaimana gaya bekerja di inti yang besar?

- Di inti yang besar, gaya kuat hanya mengikat erat partikel-partikel yang saling berdekatan satu sama lain

# Bagaimana gaya bekerja di inti yang besar?

- Di inti yang besar, gaya kuat hanya mengikat erat partikel-partikel yang saling berdekatan satu sama lain
- Di inti yang memiliki banyak proton, gaya listrik menolak proton yang berjauhan dengannya

# Bagaimana gaya bekerja di inti yang besar?

- Di inti yang besar, gaya kuat hanya mengikat erat partikel-partikel yang saling berdekatan satu sama lain
- Di inti yang memiliki banyak proton, gaya listrik menolak proton yang berjauhan dengannya
- Gaya tolak-menolak yang meningkat ini menyebabkan partikel-partikel di inti yang besar diikat dengan kurang kuat dibandingkan dengan partikel di inti kecil

# Radioaktivitas

- Saat gaya kuat dapat mengikat inti nuklir bersama selamanya, inti dikatakan stabil

# Radioaktivitas

- Saat gaya kuat dapat mengikat inti nuklir bersama selamanya, inti dikatakan stabil
- Jika tidak, inti menjadi tidak stabil dan dapat berpisah atau meluruh dengan memancarkan partikel dan energi

# Radioaktivitas

- Saat gaya kuat dapat mengikat inti nuklir bersama selamanya, inti dikatakan stabil
- Jika tidak, inti menjadi tidak stabil dan dapat berpisah atau meluruh dengan memancarkan partikel dan energi
- Inti besar lebih tidak stabil; semua unsur yang memiliki lebih dari 83 proton adalah unsur radioaktif

# Apa itu isotop?

**Hydrogen**  
**1 proton**



${}^1\text{H}$



${}^2\text{H}$



${}^3\text{H}$

**Helium**  
**2 protons**

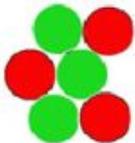


${}^3\text{He}$

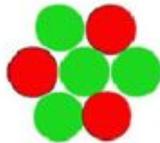


${}^4\text{He}$

**Lithium**  
**3 protons**



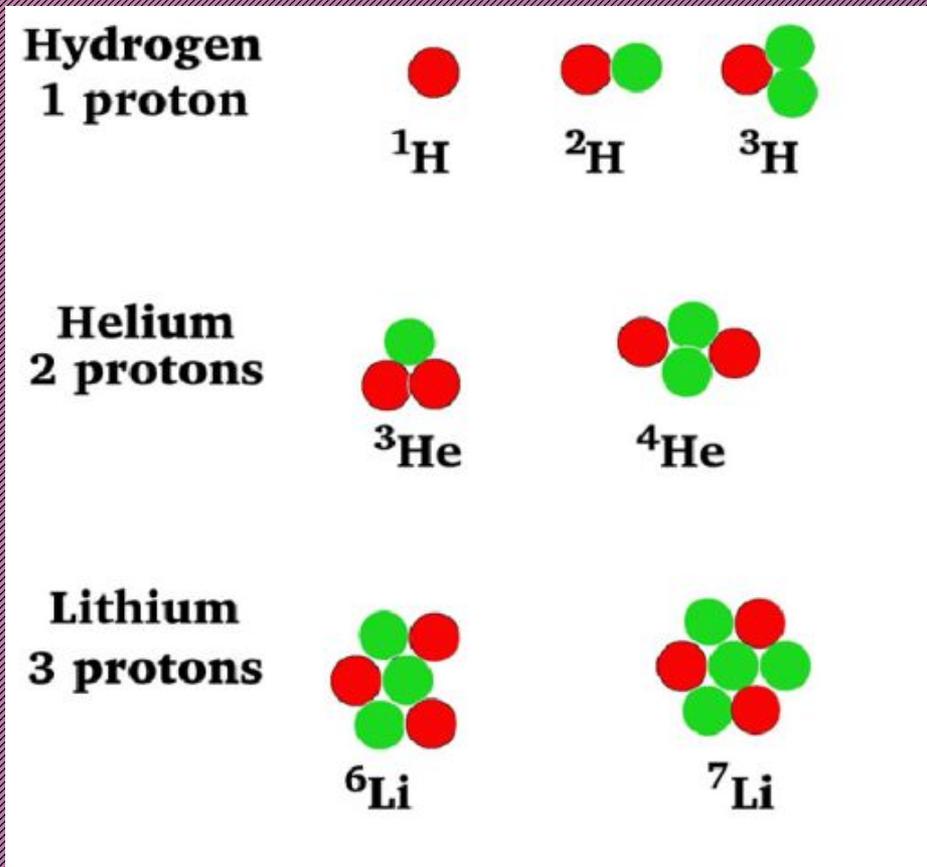
${}^6\text{Li}$



${}^7\text{Li}$

- Atom unsur yang sama bisa memiliki jumlah neutron yang berbeda di dalam inti

# Apa itu isotop?



- Atom unsur yang sama bisa memiliki jumlah neutron yang berbeda di dalam inti
- Atom-atom isotop sebuah unsur memiliki jumlah proton dan elektron yang sama dan memiliki sifat-sifat kimiawi yang sama

# Apa yang membuat inti tidak stabil?

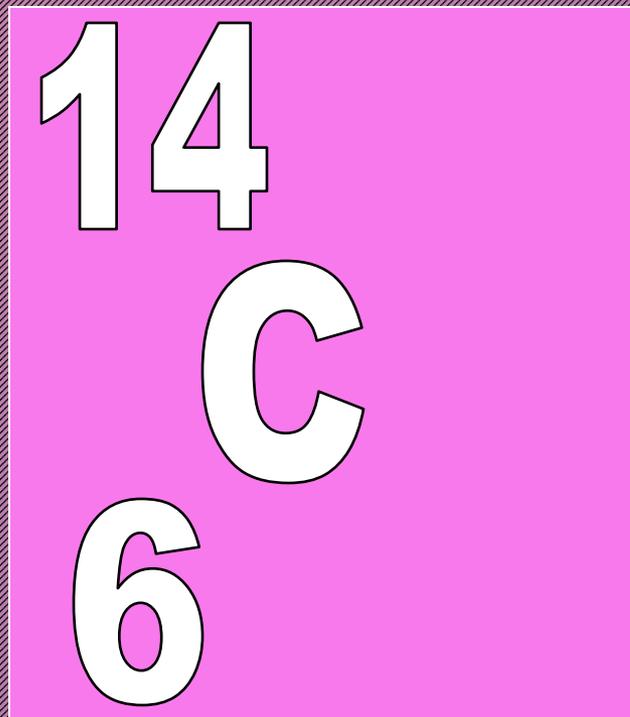
- Rasio neutron terhadap proton menentukan apakah sebuah inti atom stabil atau tidak
  - Isotop kecil 1 neutron:1 proton
  - Isotop besar 3 neutron: 2 proton
  - Secara umum, inti yang memiliki neutron yang terlalu banyak atau terlalu sedikit dibandingkan dengan nomor atomnya adalah inti tidak stabil atau inti radioaktif

# Informasi tentang atom

6	←	Atomic number
C	←	Symbol
12.011	←	Atomic weight

- C adalah simbol untuk karbon dengan 6 proton dan 6 neutron di isotop C-12.
- Isotop ini stabil dengan rasio 1:1

# Informasi tentang atom



- Isotop ini adalah carbon-14
- 6 proton dan 8 neutron
- Rasio 8:6 → tidak stabil/radioaktif

# Siapa penemu radioaktivitas?

- tahun 1896, Henri Becquerel secara tidak sengaja meninggalkan serbuk garam uranium di atas keping fotografi. Saat keping itu dicetak, terdapat garis garam uranium pada film.

# Siapa penemu radioaktivitas?

- 2 tahun kemudian Marie dan Pierre Curie menemukan dua unsur, polonium dan radium, yang keduanya radioaktif
- Butuh waktu >3 tahun untuk mendapatkan 0.1 gram radium dari beberapa ton bijih-bijih mineral



# 2 Peluruhan Radioaktif

Yang akan kita pelajari

- Persamaan dan perbedaan radiasi alfa, beta dan gamma
- Apa itu waktu paruh
- Bagaimana penggunaan radioaktif untuk pengukuran umur

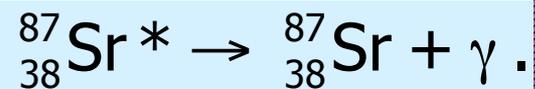
## 2 Peluruhan Radioaktif

Ada 5 jenis peluruhan radioaktif:

1. Peluruhan gamma
2. Peluruhan alfa
3. Peluruhan beta
4. Penangkapan elektron
5. Emisi positron

# Peluruhan Gamma

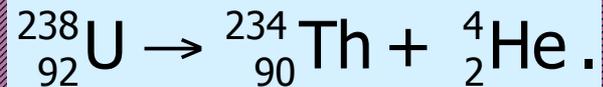
- Terjadi saat inti kelebihan energi
- Sinar gamma (paket energi) dipancarkan dari inti
- Inti parent dan inti daughter sama
- Contoh:



- Tanda \* dalam reaksi menandakan keadaan inti tereksitasi

# Peluruhan Alfa

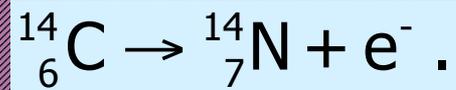
- Terjadi ketika inti terlalu besar
- Partikel alfa dipancarkan, mengurangi ukuran inti
- Inti daughter memiliki nomor atom yang berkurang 2 dan nomor massa yang berkurang 4 dari inti parent
- Contoh:



# Peluruhan Beta

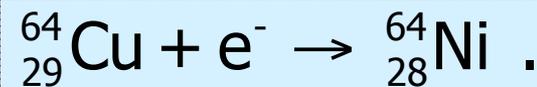
- Terjadi karena inti memiliki neutron terlalu banyak dibanding proton
- Neutron berubah menjadi proton dan memancarkan elektron
- Inti daughter memiliki nomor atom bertambah 1 dan nomor massa sama dengan inti parent

• Contoh:



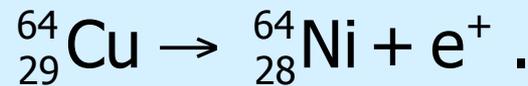
# Penangkapan Elektron

- Terjadi karena inti memiliki proton terlalu banyak dibanding neutron
- Proton menangkap elektron dan berubah menjadi neutron
- Inti daughter memiliki nomor atom yang berkurang 1 dan nomor massa yang sama dengan inti parent
- Contoh:



# Emisi Positron

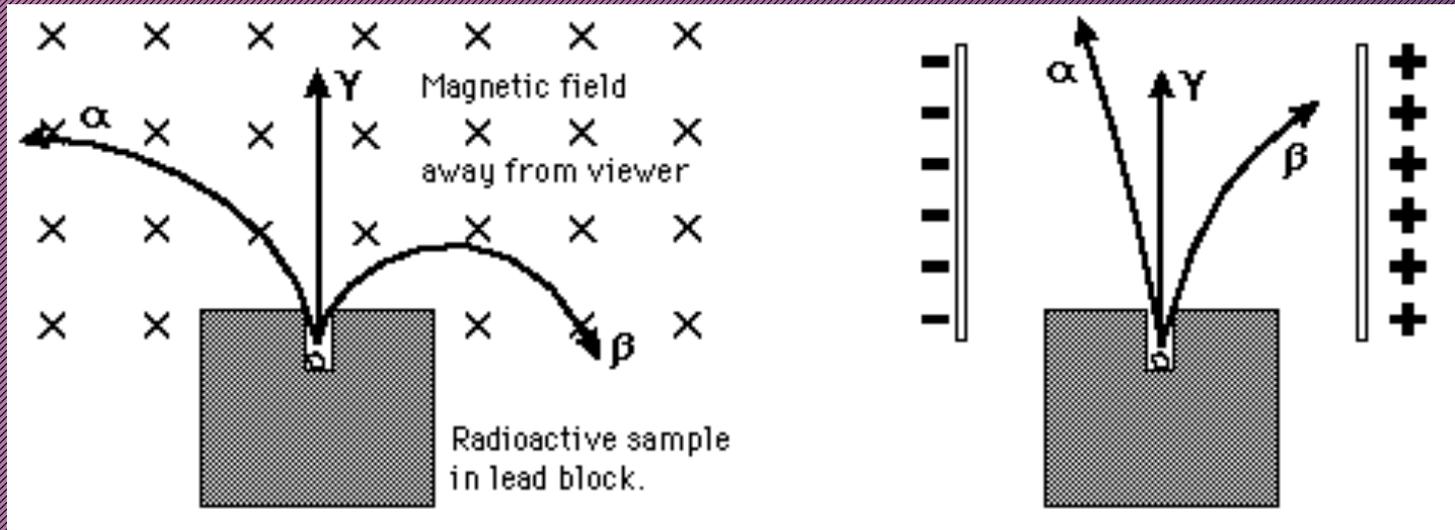
- Seperti penangkapan elektron, emisi positron terjadi karena inti memiliki terlalu banyak proton dibanding neutron
- Proton memancarkan positron dan berubah menjadi neutron
- Inti daughter memiliki nomor atom kurang dari 1 dan nomor massa yang sama dengan inti parent
- Contoh:



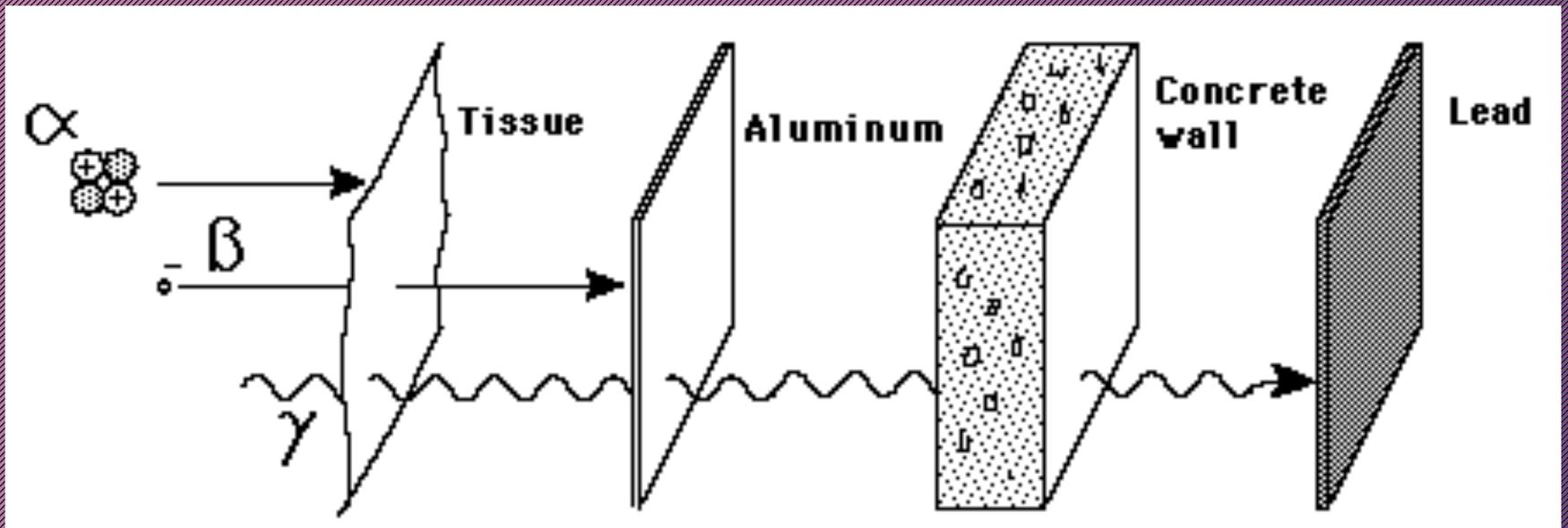
Peluruhan radioaktif melibatkan inti yang tidak stabil, memancarkan partikel atau sinar dalam proses menjadi inti yang lebih stabil

Ada beberapa cara untuk mendeteksi partikel/ cahaya apa yang terpancar.

### Deteksi radiasi setelah terpancar melalui medan magnet



# Daya Tembus



# Aktivitas

- Aktivitas bahan radioaktif adalah laju peluruhan atom
- Jika  $N(t)$  adalah jumlah atom yang ada pada waktu  $t$ , maka aktivitas  $R$  adalah:

$$R = -\frac{dN}{dt}$$

- Satuan SI dari aktivitas adalah Becquerel: 1 Becquerel = 1 Bq = 1 kejadian/detik
- Unit lain dari aktivitas adalah curie (Ci): 1 curie = 1 Ci =  $3.70 \times 10^{10}$  events/s = 37 GBq.

# Waktu Paruh

- Pengukuran eksperimen menunjukkan bahwa aktivitas bahan radioaktif menurun secara eksponensial
- Secara empiris:

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

- $\lambda$  disebut konstanta peluruhan dari nuklida yang meluruh. Setiap nuklida radioaktif memiliki konstanta peluruhan yang berbeda

# Waktu Paruh

Waktu paruh,  $T_{1/2}$ , adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan aktivitas menjadi  $1/2$ -nya. Hubungan antara  $\lambda$  dan  $T_{1/2}$ :

$$\frac{R_0}{2} = -R_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

aktivitas setelah  $T_{1/2}$                       Aktivitas awal

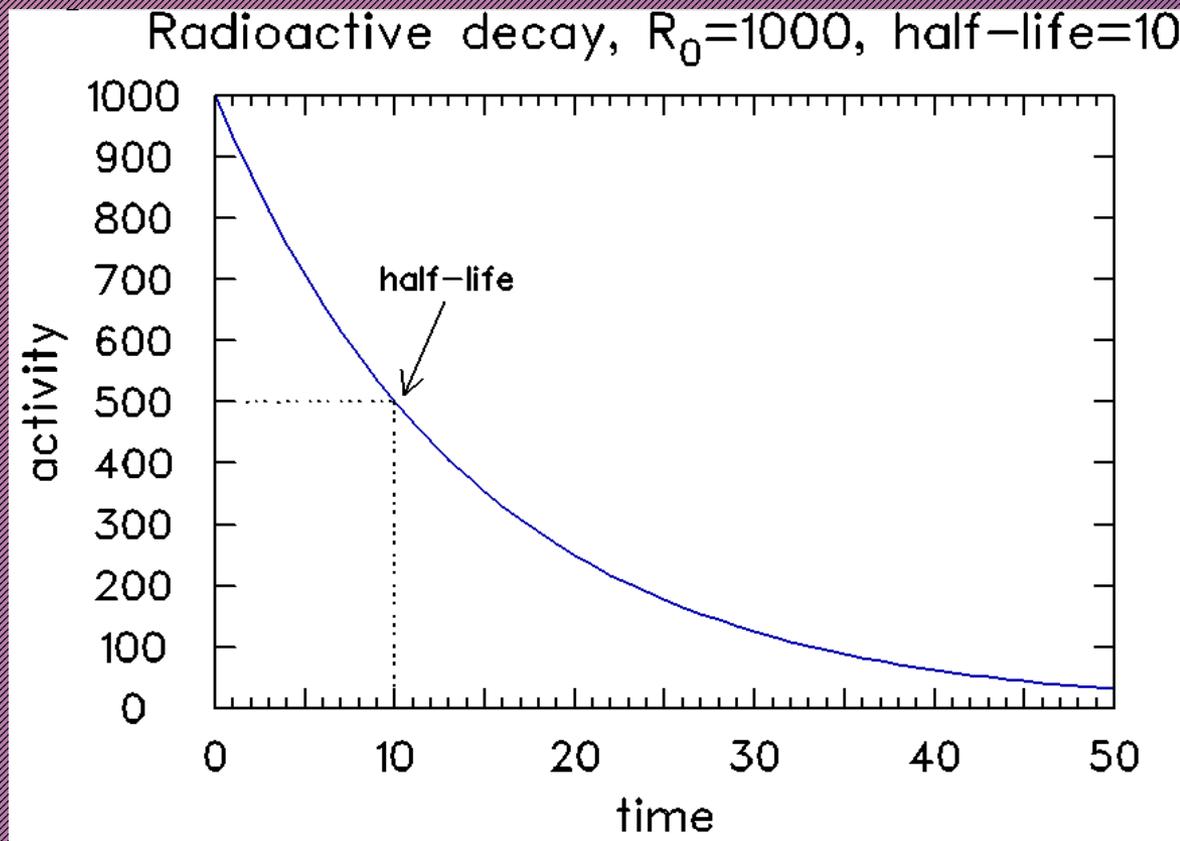
$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$e^{+\lambda T_{1/2}} = 2$$

$$\lambda T_{1/2} = \ln(2)$$

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

# Waktu Paruh



# Waktu Paruh

- Secara empiris:

$$R = -R_0 e^{-\lambda t}.$$

- Jika  $\lambda$  adalah peluang peluruhan per unit waktu, maka  $\lambda dt$  adalah peluang bahwa unsur akan meluruh pada selang waktu  $dt$
- Jika sebuah sampel memiliki  $N$  unsur yang tidak meluruh, maka jumlah  $dN$  yang akan meluruh pada waktu  $dt$  adalah  $N$  kali peluang peluruhan

$$dN = -N \lambda dt.$$

# Waktu Paruh

- Persamaan tersebut dapat diintegrasikan menjadi:

$$N = -N_0 e^{-\lambda t}.$$

- Aktivitas R dari N unsur radioaktif adalah  $R = \lambda N$

$$R = -R_0 e^{-\lambda t} \quad \text{and} \quad N = -N_0 e^{-\lambda t}$$