

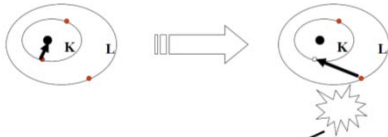
### β - bomlások

közös tulajdonságok:  
 $A = \text{állandó}$   
 $\Delta Z = \pm 1$   
 $\nu$  vagy  $\bar{\nu}$


**β<sup>-</sup>-bomlás**       ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + \beta^- + \bar{\nu} + [\gamma]$   
 $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}$

**β<sup>+</sup>-bomlás**       ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + \beta^+ + \nu + [\gamma]$   
 $p \rightarrow n + \beta^+ + \nu$

**elektronbefogás (K héj)**       $e^- + {}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y^{(+*)} + \nu + [\gamma]$   
 $e^- + p \rightarrow n + \nu$



Karakterisztikus röntgensugárzás  $X_c$



18

### THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

| Wavelength (meters) | Radio  | Microwave | Infrared  | Visible             | Ultraviolet | X-ray      | Gamma Ray  |
|---------------------|--------|-----------|-----------|---------------------|-------------|------------|------------|
|                     | $10^3$ | $10^{-2}$ | $10^{-5}$ | $.5 \times 10^{-6}$ | $10^{-8}$   | $10^{-10}$ | $10^{-12}$ |

About the size of...

Buildings

Humans

Honey Bee

Pinpoint

Protozoans

Molecules

Atoms

Atomic Nuclei

Frequency (Hz)

$10^4$      $10^8$      $10^{12}$      $10^{15}$      $10^{16}$      $10^{18}$      $10^{20}$

Temperature of bodies emitting the wavelength (K)

1 K    100 K    10,000 K    10 Million K

19

### Tiszta $\beta^-$ -sugárzó izotópok

| nuklid           | energia, MeV | $T_{1/2}$ |
|------------------|--------------|-----------|
| $^3\text{H}$     | 0,018        | 12,26 a   |
| $^{14}\text{C}$  | 0,159        | 5730 a    |
| $^{32}\text{P}$  | 1,71         | 14,3 d    |
| $^{35}\text{S}$  | 0,167        | 88 d      |
| $^{90}\text{Sr}$ | 0,54         | 28,1 a    |
| $^{90}\text{Y}$  | 2,25         | 64 h      |

### Keverő ( $\beta+\gamma$ ) sugárzó izotópok

| nuklid            | $T_{1/2}$ | $\beta$ -energia, MeV | $\gamma$ -energia, MeV |
|-------------------|-----------|-----------------------|------------------------|
| $^{60}\text{Co}$  | 5,27 a    | 0,31                  | 1,17/1,33              |
| $^{131}\text{I}$  | 8,07 d    | 0,61                  | 0,36                   |
| $^{137}\text{Cs}$ | 30,23 a   | 0,51                  | 0,662                  |

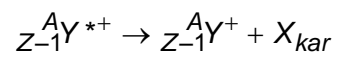
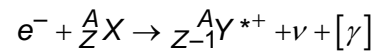
20

### Pozitron bomló izotópok

| nuklid          | $T_{1/2}$ | $E_{\beta}$<br>MeV |
|-----------------|-----------|--------------------|
| $^{11}\text{C}$ | 20,3 min  | 0,97               |
| $^{13}\text{N}$ | 9,97 min  | 1,2                |
| $^{15}\text{O}$ | 124 s     | 1,7                |
| $^{18}\text{F}$ | 109,7 min | 0,064              |

21

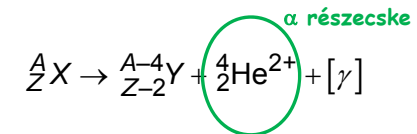
### Elektronbefogással stabilizálódó izotópok



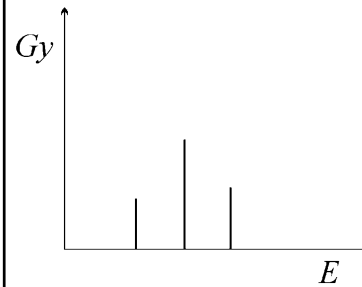
| nuklid             | $T_{1/2}$ | $E_{\beta}$<br>MeV |
|--------------------|-----------|--------------------|
| ${}^{54}\text{Mn}$ | 303 d     | 0,84               |
| ${}^{125}\text{I}$ | 60 d      | 0,035              |

22

### $\alpha$ -bomlás



Nagy energia: 4-9 MeV



vonalas spektrum

| nuklid              | $T_{1/2}$ |
|---------------------|-----------|
| ${}^{235}\text{U}$  | 7,1E8 a   |
| ${}^{226}\text{Ra}$ | 1600 a    |
| ${}^{222}\text{Rn}$ | 3,8 d     |

23

| Z  | Izotóp                                | T <sub>1/2</sub>   | Bomlási mód                              | Részecskeenergia, MeV                              | γ-energia, MeV                              | η, %                               | Előállítás            | σ' = fσ* 10 <sup>28</sup> , m <sup>2</sup>     | Leányelem |
|----|---------------------------------------|--------------------|--|--|---|------------------------------------|-----------------------|--|-----------|
| 27 |                                       |                    |  |  | 2,02<br>2,60<br>2,99<br>3,25<br>3,47        | 11 %<br>16 %<br>1 %<br>12 %<br>1 % |                       |  |           |
|    | <sup>57</sup> Co                      | 270 d              | E.X.                                     | 100 %  | 0,014<br>0,122<br>0,136                     | 6 %<br>88 %<br>10 %                | 83 %<br>1 %<br>1 %    | <sup>56</sup> Fe(d,n)<br><sup>60</sup> Ni(p,α) | 0,9       |
|    | <sup>58</sup> Co                      | 71,3 d             | E.X.<br>β <sup>+</sup>                   | 0,47<br>85 %<br>15 %                               | 0,81<br>1,62<br>0,51 (β <sup>+</sup> )      | 100 %<br>0,5 %                     |                       | <sup>58</sup> Ni(n,p)                          |           |
|    | <sup>60m</sup> Co<br><sup>60</sup> Co | 10,5 min<br>5,27 a | I<br>β <sup>-</sup>                      | 100 %<br>0,31<br>1,48<br>0,01 %                    | 100 %<br>1,17<br>1,33<br>100 %              | 0 %<br>100 %<br>100 %              | ≈100%                 | <sup>59</sup> Co(n,γ)<br><sup>59</sup> Co(n,γ) | 19<br>37  |
| 28 | <sup>63</sup> Ni                      | 92 a               | β <sup>-</sup>                           | 0,067<br>100 %                                     |   |                                    |                       | <sup>62</sup> Ni(n,γ)                          | 0,77      |
|    | <sup>65</sup> Ni                      | 2,521 h            | β <sup>-</sup>                           | 0,60<br>1,01<br>2,10<br>≈ 23 %<br>≈ 8 %<br>≈ 69 %  | 0,37<br>1,11<br>1,49<br>5 %<br>13 %<br>18 % |                                    | <sup>64</sup> Ni(n,γ) | 0,016  |           |
| 29 | <sup>64</sup> Cu                      | 12,9 h             | β <sup>-</sup><br>β <sup>+</sup><br>E.X. | 0,57<br>0,66<br>43 %                               | 0,51 (β <sup>+</sup> )<br>1,34<br>0,6 %     |                                    |                       | <sup>63</sup> Cu(n,γ)                          | 3,0       |
|    | <sup>66</sup> Cu                      | 5,10 min           | β <sup>-</sup>                           | 0,76<br>1,59<br>2,63<br>≈ 0,2 %<br>≈ 9 %<br>≈ 91 % | 0,83<br>1,04<br>0,2 %<br>9 %                |                                    |                       | <sup>65</sup> Cu(n,γ)                          | 0,56      |

24

**Gamma-sugárzás**  
az atommagból kilépő elektromágneses sugárzás  
vonalas spektrumú  
izomer átalakulás/kísérő sugárzás

**β-sugárzások**

az atommagból kilépő elektron vagy pozitron sugárzás  
folytonos spektrumú  
lehet önálló (de v!)  
kísérő sugárzásai lehetnek (gamma, karakterisztikus  
röntgen (X))

**Alfa-sugárzás**

az atommagból kilépő  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  sugárzás  
vonalas spektrumú  
kísérheti gamma-sugárzás

25

## A radioaktív bomlások kinetikája

26

### Egylépéses egyszerű magátalakulás

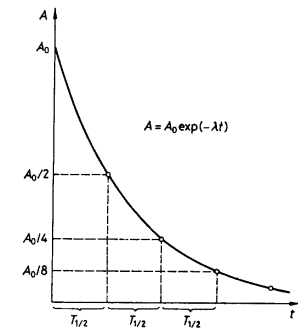
$$A \equiv -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad [A] = \frac{1}{\text{idő}}$$

$$\frac{1 \text{ bomlás}}{\text{másodperc}} = 1 \text{ becquerel} = 1 \text{ Bq}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$



$$I = k\eta A$$

ágarány tényező

aktivitás-koncentráció

### Kormeghatározás

Libby 1946, 1960

Jégbefagyott mamut-tetemet találtak Szibériában.  
Testében a  $^{14}\text{C}$  mennyisége 21 %-a volt csak a ma

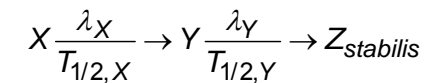
élő állatokhoz képest. (Ma élő állatokban  $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$ ).

Milyen régi a tetem?

A radioszén felezési ideje 5730 év.

28

### Bomlási sorok



$$A = A_X + A_Y$$

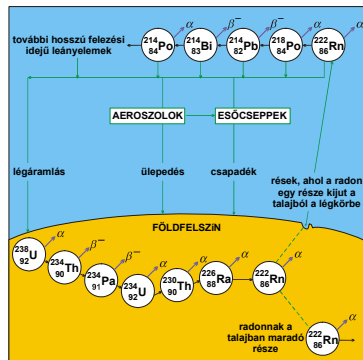
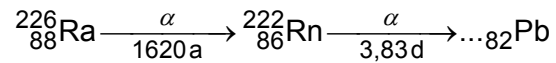
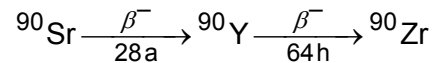
$$A_X = A_{X,0} e^{-\lambda_X t}$$

$$A_Y = A_X \frac{\lambda_Y}{\lambda_Y - \lambda_X} \left\{ 1 - e^{-(\lambda_Y - \lambda_X)t} \right\}$$

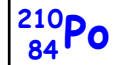
$\lambda_X$  és  $\lambda_Y$  viszonya ?

29

$$\lambda_X \ll \lambda_Y \quad T_{1/2,X} \gg T_{1/2,Y}$$



30



$\alpha$ -bomló izotóp, felezési ideje 138,376 nap.  
A kibocsátott alfa-részecskék energiája 5,407 MeV.

Használták mesterséges bolygók könnyű hőforrásaként.  
Ezt az izotópot használták Litvinyenko korábbi KGB-kém megmérgezéséhez 2006-ban.

Mekkora az aktivitása 10 mg Po izotópnak?  
Mekkora a kibocsátott energia?

31

## Kormeghatározás

Libby 1946, 1960

Jégbefagyott mamut-tetemet találtak Szibériában.  
Testében a  $^{14}\text{C}$  mennyisége 21 %-a volt csak a ma  
élő állatokhoz képest. (Ma élő állatokban  $\frac{^{14}\text{C}}{^{12}\text{C}} = 10^{-12}$ ).

Milyen régi a tetem?

A radioszén felezési ideje 5730 év.

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$0,21 \cdot A_0 = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

$$t = -\frac{T_{1/2}}{0,693} \ln 0,21 = -\frac{5730 \text{ év}}{0,693} \ln 0,21$$

12904 év 32