

## Arkusz kontrolny schematu "szereg uranowo-radowy"

Opublikował: dr inż. Sebastian Żywicki

Energie cząstek  $\alpha$  (alfa) uwalnianych przez poszczególne nuklidy podczas rozpadu w łańcuchu rozpadów szeregu uranowo-radowego

### Legenda

Masa atomowa izotopu macierzystego  $M_m$  [u]

Masa atomowa progenu  $M_p$  [u]

Masa atomowa cząstki alfa  $M_\alpha$  [u]

Nadmiar energii izotopu macierzystego  $\Delta E_m$  [keV]

Nadmiar energii progenu  $\Delta E_p$  [keV]

Nadmiar energii cząstki alfa  $\Delta E_\alpha$  [keV]

Energia rozpadu  $Q_\alpha$  [keV]

Energia kinetyczna cząstki alfa  $E_\alpha$  [MeV]

$$E_\alpha = \frac{Q_\alpha \cdot M_p}{10^3 \cdot M_m} \text{ [MeV]}$$

$$E_\alpha = \frac{[\Delta E_m - (\Delta E_p + \Delta E_\alpha)] \cdot M_p}{10^3 \cdot M_m} \text{ [MeV]}$$

Alternatywnie, nie dysponując wartościami nadmiaru energii, można korzystać bezpośrednio z równania A. Einsteina (z uwzględnieniem zasady zachowania pędu).

$$E_\alpha = \frac{(M_m - (M_p + M_\alpha)) \cdot c^2 \cdot A \cdot B \cdot M_p}{M_m} \text{ [MeV]}$$

$$A = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}}$$

$$B = 6,24150934 \cdot 10^{12} \frac{\text{MeV}}{\text{J}}$$

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E_\alpha = 931,49406037 \cdot \frac{(M_m - (M_p + M_\alpha)) \cdot M_p}{M_m} \text{ [MeV]}$$

A i B są stałymi służącymi do konwersji wartości masy podanej w j.m.a. (u) do wartości masy wyrażonej w kg oraz do konwersji wartości energii podanej w J do wartości energii wyrażonej w MeV.

### Emisja podczas rozpadu U-238

$$E_{\alpha U-238} = \frac{[47308,948 - (40614,285 + 2424,91565)] \cdot 234,0436}{10^3 \cdot 238,0507882} = 4,20 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu U-238 (wg formuły alternatywnej)

$$E_{\alpha U-238} = 931,49406037 \cdot \frac{(238,0507882 - (234,0436 + 4,0026)) \cdot 234,0436}{238,0507882} = 4,20 \text{ [MeV]}$$

Emisja podczas rozpadu U-234

$$E_{\alpha U-234} = \frac{[38146,625 - (30863,976 + 2424,91565)] \cdot 230,033133843}{10^3 \cdot 234,040952} = 4,77 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Th-230

$$E_{\alpha Th-230} = \frac{[30863,976 - (23669,099 + 2424,91565)] \cdot 226,02549823}{10^3 \cdot 230,033133843} = 4,69 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Ra-226

$$E_{\alpha Ra-226} = \frac{[23669,099 - (16373,558 + 2424,91565)] \cdot 222,017577738}{10^3 \cdot 226,02549823} = 4,78 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Rn-222

$$E_{\alpha Rn-222} = \frac{[16373,558 - (8358,331 + 2424,91565)] \cdot 218,008973037}{10^3 \cdot 222,017577738} = 5,49 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Po-218

$$E_{\alpha Po-218} = \frac{[8358,331 - (-181,261 + 2424,91565)] \cdot 213,999805408}{10^3 \cdot 218,008973037} = 6,00 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Po-214

$$E_{\alpha Po-214} = \frac{[-4469,913 - (-14728,292 + 2424,91565)] \cdot 209,9841885}{10^3 \cdot 213,99520135} = 7,69 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Po-210

$$E_{\alpha Po-210} = \frac{[-15953,071 - (-23785,44 + 2424,91565)] \cdot 205,974465278}{10^3 \cdot 209,9744653} = 5,30 \text{ MeV}$$

## Energie cząstek $\beta^-$ (beta minus) uwalnianych przez poszczególne nuklidy podczas rozpadu w łańcuchu rozpadów szeregu uranowo-radowego

Masa atomowa izotopu macierzystego  $M_m$  [u]

Masa atomowa protonu  $M_p$  [u]

Energia rozpadu  $Q_\beta$  [keV]

Energia kinetyczna cząstki beta (minus)  $E_\beta$  [MeV]

$$E_\beta = \frac{Q_\beta \cdot M_p}{10^6 \cdot M_m} [\text{MeV}] = \frac{(M_m - M_p) \cdot c^2 \cdot A \cdot B \cdot M_p}{M_m}$$

$$A = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}}$$

$$B = 6,24150934 \cdot 10^{12} \frac{\text{MeV}}{\text{J}}$$

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E_\beta = 931,49406037 \cdot \frac{(M_m - M_p) \cdot M_p}{M_m} [\text{MeV}]$$

Emisja podczas rozpadu Th-234

$$E_{\beta_{\text{Th-234}}} = 931,49406037 \cdot \frac{(234,04360123 - 234,043308058) \cdot 234,043308058}{234,04360123} = 0,27 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Pa-234

$$E_{\beta_{\text{Pa-234}}} = 931,49406037 \cdot \frac{(234,043308058 - 234,040952088) \cdot 234,040952088}{234,043308058} = 2,19 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Pb-214

$$E_{\beta_{\text{Pb-214}}} = 931,49406037 \cdot \frac{(213,9998054 - 213,998711539) \cdot 213,998711539}{213,9998054} = 1,02 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Bi-214

$$E_{\beta_{\text{Bi-214}}} = 931,49406037 \cdot \frac{(213,998711539 - 213,99520135) \cdot 213,99520135}{213,998711539} = 3,27 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Pb-210

$$E_{\beta_{\text{Pb-210}}} = 931,49406037 \cdot \frac{(209,9841885 - 209,9841204) \cdot 209,9841204}{209,9841885} = 0,06 \text{ MeV}$$

Emisja podczas rozpadu Bi-210

$$E_{\beta_{Bi-210}} = 931,49406037 \cdot \frac{(209,984120371 - 209,9828737) \cdot 209,9828737}{209,984120371} = 1,16 \text{ MeV}$$

