



WYDZIAŁ
MATEMATYKI
I FIZYKI STOSOWANEJ
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Rakoczy Krzysztof

Równania różniczkowe - Projekt

Temat:

Rozpad promieniotwórczy

Rzeszów, 2023

1. Wstęp teoretyczny

Rozpad lub rozkład promieniotwórczy to proces, w którym niestabilne jądro atomowe danego pierwiastka wytraca energię poprzez promieniowanie. Dzieli się on na wiele rodzajów między innymi:

- rozpad α (alfa) – niestabilne jądro atomowe jednego pierwiastka przeistacza się w drugi wystrzeliwując cząsteczkę zbudowaną z 2 protonów i 2 neutronów. Jest to cząsteczka alfa (czyli pospolity atom helu). Tym samym zmniejsza swoją liczbę atomową o 2, a masową o 4.

- rozpad β (beta) – To emisja elektronu (rozpad β^-), pozytonu (rozpad β^+) lub „złapanie” elektronu. Rozpad β^+ zachodzi gdy atom ma za dużo protonów. Jeden z nich jest transformowany w neutron i pozyton, z których 2 jest wystrzeliwany. β^- analogicznie gdy to za duża ilość neutronów powoduje niestabilność pierwiastka. Jeden z nich transformuje się w proton i wypuszczany elektron. A więc zależnie od rodzaju rozpadu β pierwiastek zmniejsza lub zwiększa o 1 swoją liczbę atomową bez zmiany liczby masowej.

- rozpad γ (gamma) – To emisja wielkiej ilości energii elektro-magnetycznej z jądra atomu bez zmiany jego masy czy ładunku. Zachodzi jedynie zmiana w naładowaniu cząsteczki ponieważ rozpad γ polega na „wystrzeleniu” wysoko jonizujących fotonów o bardzo dużym ładunku.

Zjawisko to było badane przez m. in. Antoniego Becquerel’a, Marię i Pierre’a Curie, Fredericka Soddy’ego czy Ernesta Rutherforda. Dwóch ostatnich, w wyniku badań sformułowało równanie różniczkowe Rozkładu promieniotwórczego postaci:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N,$$

Gdzie N to ilość radioaktywnego materiału, a λ to stała rozkładu – różni się ona dla każdego pierwiastka i da się ją wyliczyć z okresu połowicznego rozpadu (T).

$$\lambda = \frac{\log(2)}{T},$$

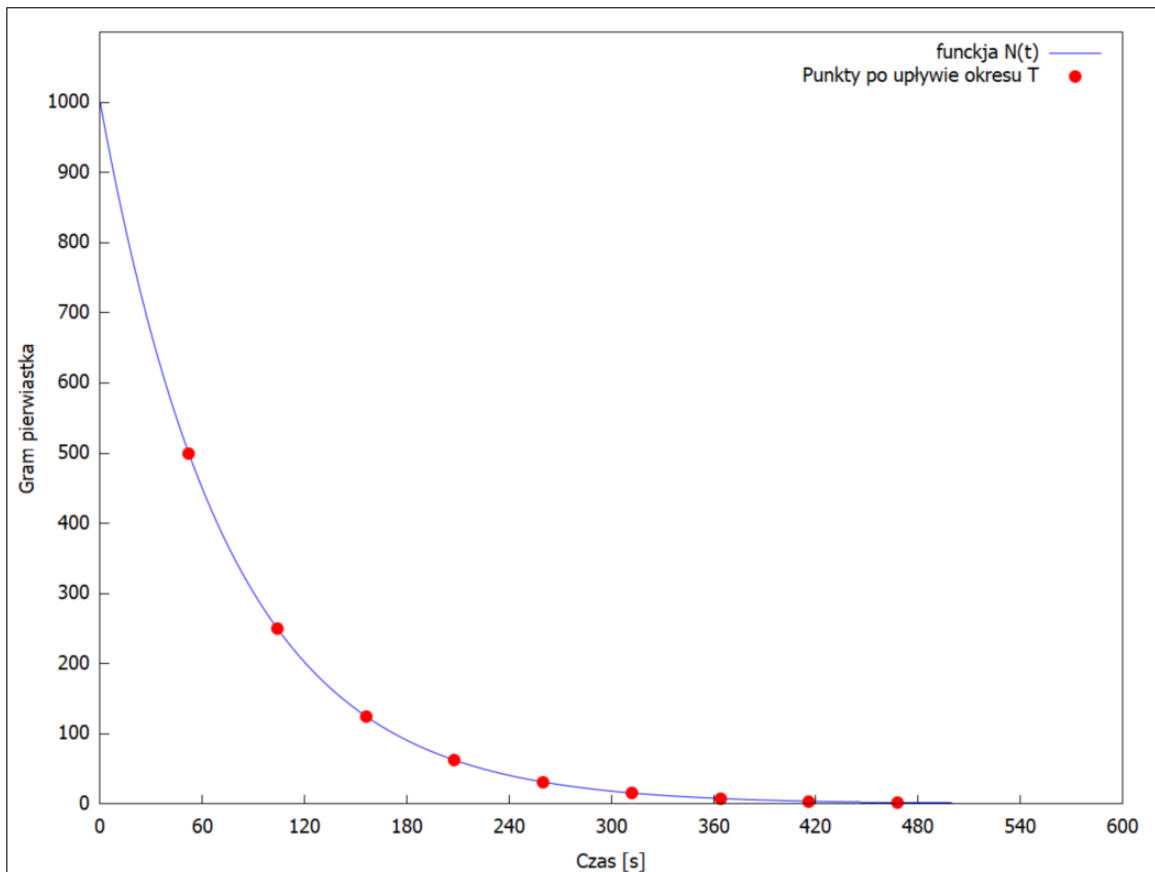
Po rozwiązaniu równania różniczkowego otrzymujemy:

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

Gdzie N_0 to początkowa ilość pierwiastka (w czasie t_0).

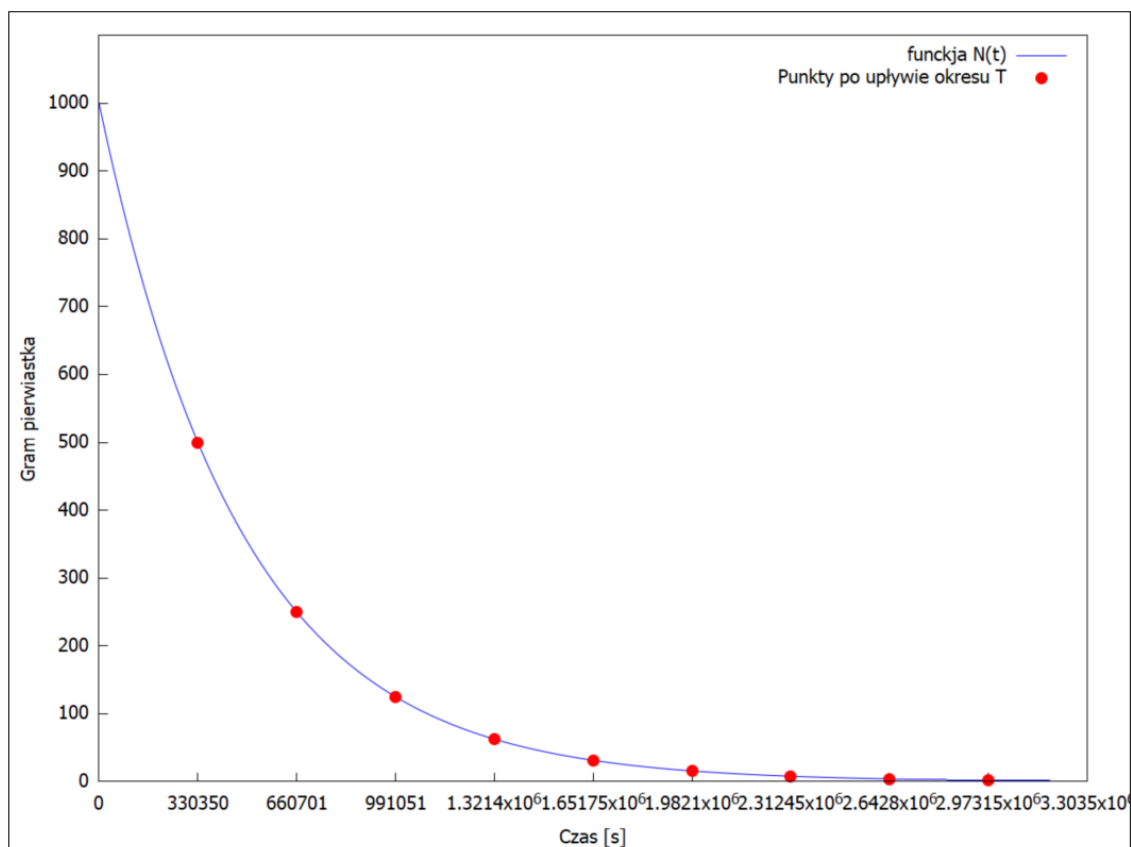
2. Rozwiązanie problemu i wizualizacja

Na początku zdecydowałem się na przedstawienie Radonu 220. Izotopy tego pierwiastka znacznie różnią się okresem połowicznego rozpadu (od μs do nawet paru dni). W tym przypadku wynosi on ok. 52 sekundy. Po wyliczeniu Stałej rozkładu ($\lambda \approx 0.01332975347230664$) wstawiamy współczynnik i N_0 (tutaj 1000 gram) i rysujemy wykres.

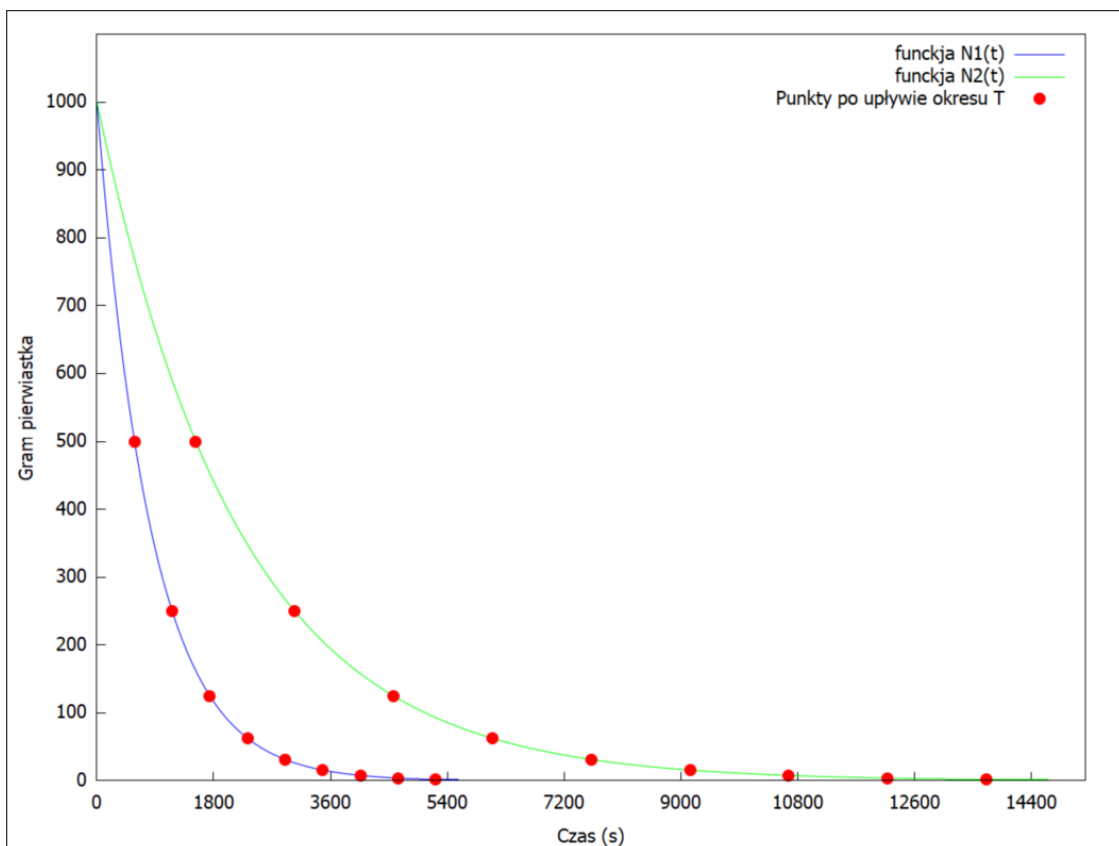


Jak możemy zauważyć wartości zgadzają się z przewidywaniami.

Następnie powtarzamy czynności z poprzedniego przykładu dla Radonu 222. T jest równy 3,8235 dni, czyli 330350,4 sekund. W tym przypadku $\lambda \approx 0.0000020982180755$.



Następnie w celu porównania wykresów różnych pierwiastków na jednym wykresie przedstawiłem Miedź 62 i Einstein 256, o okresach połowicznego rozpadu kolejno 9,673 minut (580,38 sekundy) i 25.4 minut (1524 sekund).



3. Bibliografia

- <https://math24.net/radioactive-decay.html>
- https://energyeducation.ca/encyclopedia/Gamma_decay#:~:text=Gamma%20decay%20is%20one%20type,gamma%20ray%20photon%20-%20is%20released.
- https://energyeducation.ca/encyclopedia/Alpha_decay#:~:text=Alpha%20decay%20is%20a%20nuclear,mass%20and%20a%20positive%20charge.
- <https://www.rsc.org/periodic-table>
- <https://www.britannica.com/science/radon-220> itp.