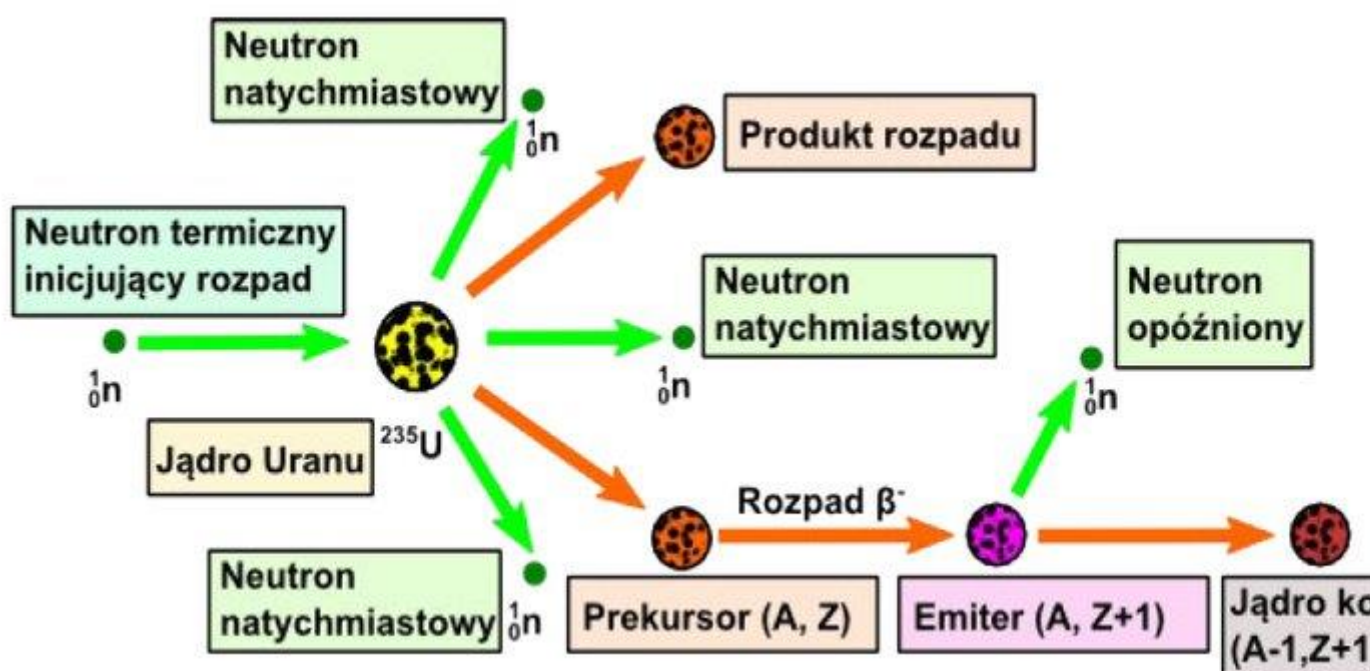




której użycie zapewni samopodtrzymującą się reakcje łańcuchową nazywamy masą krytyczną. Zatem zastosowana masa uranu zapewnia taką ilość produkowanych neutronów, która skompensuje straty związane z ucieczką neutronów bądź ich pochłonięciem przez inne jądra. Masa krytyczna zależy od kilku czynników takich jak: skład materiału, geometria ośrodka i obecność reflektora ( substancji ograniczającej ucieczkę neutronów dzięki dużej zdolności rozpraszania ). Przekrój czynny na rozszczepienie określa prawdopodobieństwo zajścia reakcji np. rozszczepienia jądra atomowego. Jego wartość zależy od energii bombardujących neutronów. Dla wysokich energii wartość przekroju czynnego jest bardzo mała ale dla niskich energii wykazuje zależność odwrotnie proporcjonalną od prędkości neutronów. Z tego powodu w reaktorach stosuje się materiały spowalniające neutrony takie jak woda, woda ciężka, beryl i grafit zwane moderatorami aby zwiększyć prawdopodobieństwo zajścia reakcji rozszczepienia.

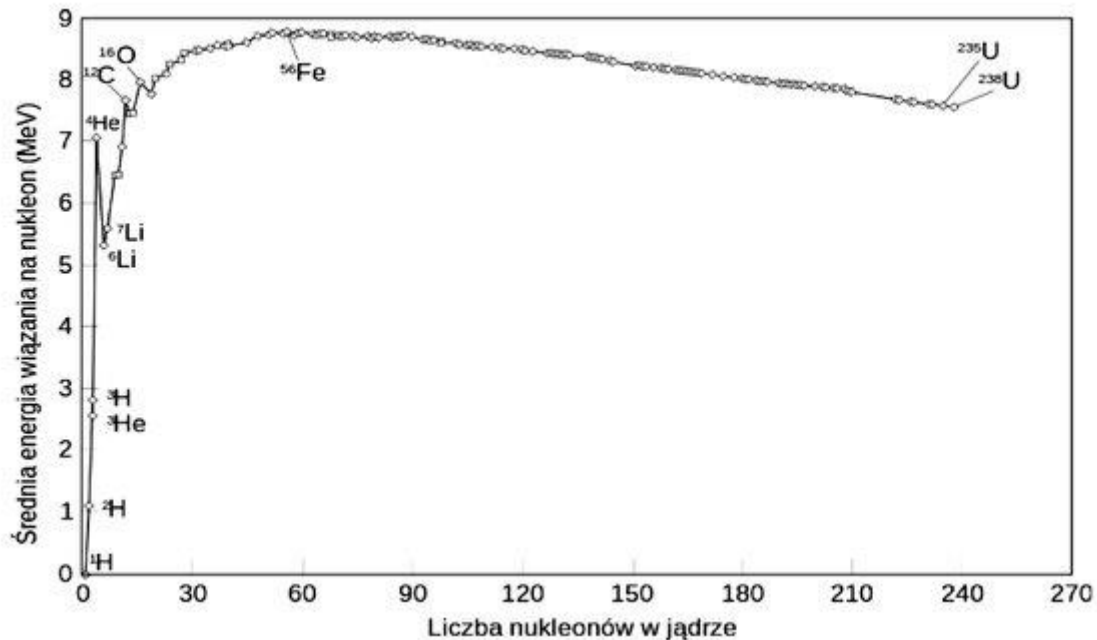


Rys. 2. Schemat reakcji rozszczepienia

Spowalnianie odbywa się w wyniku dwóch procesów: rozpraszania sprężystego i niesprężystego. Rozpraszanie sprężyste charakteryzuje się tym, że sumaryczna energia neutronu i zderzającego się z nim jądra nie ulega zmianie. Neutron przekazuje swoją maksymalną energię kinetyczną wskutek zderzenia czołowego oraz zmienia swoją prędkość i kierunek ruchu. Strata energii neutronu w tym procesie będzie tym większa im lżejsze jądro użyjemy do spowolnienia, dlatego najlepszymi moderatorami jest woda i woda ciężka. Rozpraszanie niesprężyste charakteryzuje się tym, że część energii neutronu zostaje zużyta na wzbudzenie jądra. W wyniku wzbudzenia jądro emituje jeden neutron o zmniejszonej energii kinetycznej i kwant promieniowania gamma. Powstałe jądra w wyniku rozszczepienia posiadają większą energię wiązania na nukleon od jądra uranu U-235. Dla przypomnienia energia wiązania nukleonów to energia, która wydzieli się podczas wiązania się ze sobą nukleonów. Zatem różnica pomiędzy energią wiązania na nukleon jądra uranu i energią wiązania na nukleon powstałych jąder pozwala określić ile

energii wydzieli się w pojedynczej reakcji rozczepienia. Analizując wykres zależności energii wiązania na nukleon od liczby masowej (rysunek nr 3) możemy oszacować, że różnica ta wynosi ok 1MeV. Nukleonów w jądrze uranu jest 235 zatem energia uwolniona w pojedynczej reakcji rozszczepienia będzie wynosiła ponad 200MeV. Dla porównania, energia uwalniana w pojedynczej reakcji spalania węgla wynosi ok 4eV czyli 500 mln razy mniej! Energia jest uwalniana w postaci energii kinetycznej produktów rozpadu oraz w postaci ciepła.

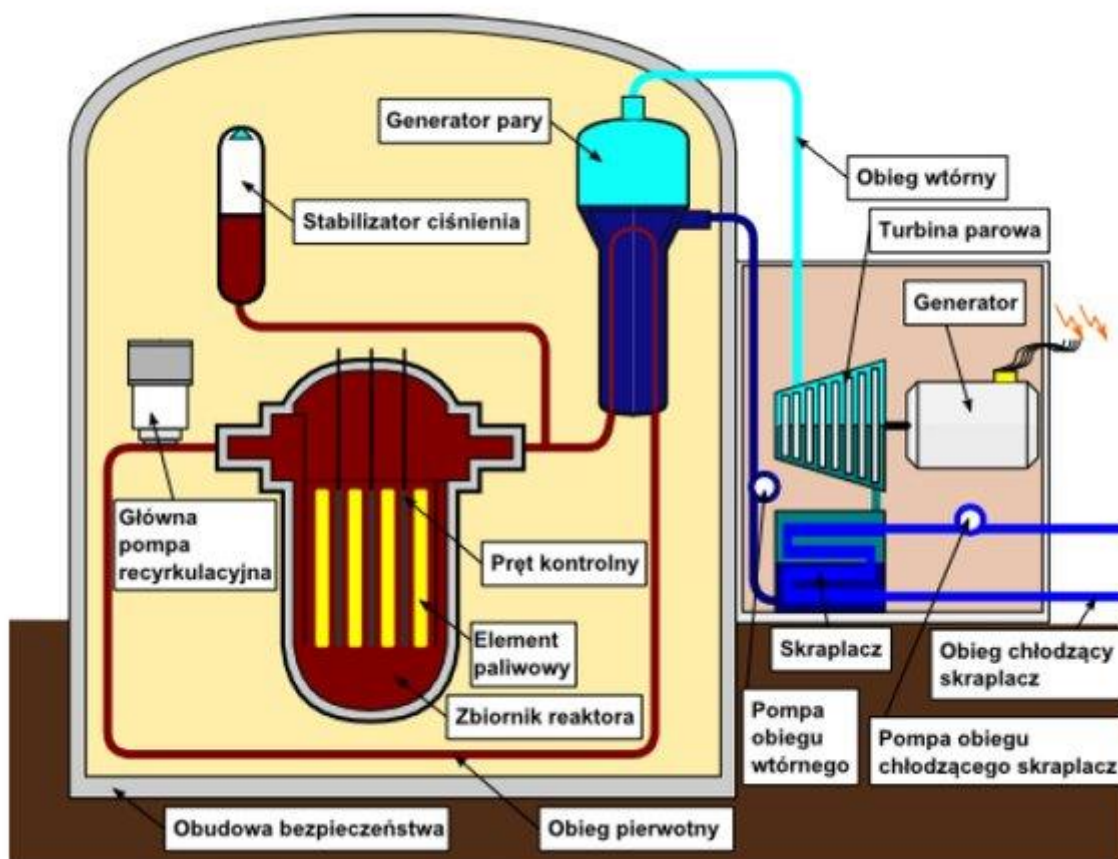
fff



Rys.3. Zależność energia wiązania na nukleon od ilości nukleonów w jądrze

### 3. Zasada działania elektrowni jądrowej

Zasada działania elektrowni jądrowej zostanie przedstawiona na postawie reaktora wodno-ciepniennego zwanego w skrócie PWR. Schemat ideowy elektrowni jądrowej przedstawiono na rysunku nr 4.



Rys. 4. Schemat ideowy elektrowni jądowej typu PWR

W konstrukcji elektrowni możemy wymienić dwa obiegi: pierwotny i wtórny. Do obiegu pierwotnego zaliczamy takie elementy jak: reaktor, wysokociśnieniowa część wytwornicy pary, pompy recyrkulacyjne i stabilizator ciśnienia. Natomiast do obiegu wtórnego: niskociśnieniowa część wytwornicy pary, turbina parowa, skraplacz oraz układ regeneracyjnego podgrzewania wody zasilającej. Praca reaktora zaczyna się od wtłoczenia wody do zbiornika reaktora za pomocą pompy recyrkulacyjnej (obieg pierwotny). Woda ogrzewając się odbiera ciepło od rdzenia reaktora i wędruje do generatora pary, w której oddaje ciepło poprzez nagrzanie ścianek U rurek, w których przepływa. Następnie chłodniejsza już woda powraca do reaktora. Rysunek 4: Schemat ideowy elektrowni jądowej typu PWR. Woda z obiegu wtórnego odbiera ciepło z nagranych U-rurek i zaczyna parować gdyż w obiegu wtórnym jest mniejsze ciśnienie niż w obiegu pierwotnym. Powstała para w generatorze jest kierowana do turbiny gdzie wywołuje ruch obrotowy łopatek powodując generację energii elektrycznej. Potem para zmierza do skraplacza, w którym zmienia swój stan skupienia na ciekły i znów wraca do generatora pary. Powstałe ciepło w skraplaczu zostaje oddane do chłodni kominowej lub do morza. Zastosowanie dwóch obiegów ma na celu oddzielenie wody przepływającej przez reaktor, która jest radioaktywna od wody przepływającej przez turbinę. Takie rozdzielenie dwóch obiegów zwiększa bezpieczeństwo elektrowni jądowej.

## Opis układu pomiarowego

Układ pomiarowy składa się z modelu elektrowni jądrowej wykonanego w skali 1:200.

Zetaw modelowy umożliwia sterowanie różnymi systemami elektrowni jądrowej. Do ich załączania i wyłączania służą kontrolki na panelu sterującym. Rezultaty można obserwować za pomocą kamery internetowej.

W ramach realizacji ćwiczenia możesz:

- włączyć/wyłączyć obieg pierwotny,
- włączyć/wyłączyć obieg wtórny,
- włączyć/wyłączyć obieg chłodzenia zewnętrznego
- włączyć/wyłączyć reaktor
- regulować moc reaktora poprzez zmianę położenia prętów, informacja o mocy sygnalizowana jest poprzez zmianę jasności świecenia diody
- włączyć/wyłączyć oświetlenie hali turbinowni
- włączyć/wyłączyć oświetlenie pomieszczenia z paliwem

## Wykonanie ćwiczenia

Wykonanie ćwiczenia polega na obserwacji rezultatów działań dokonywanych na panelu sterującym.

## Opracowanie wyników

Ćwiczenie nie wymaga przeprowadzenia obliczeń liczbowych.