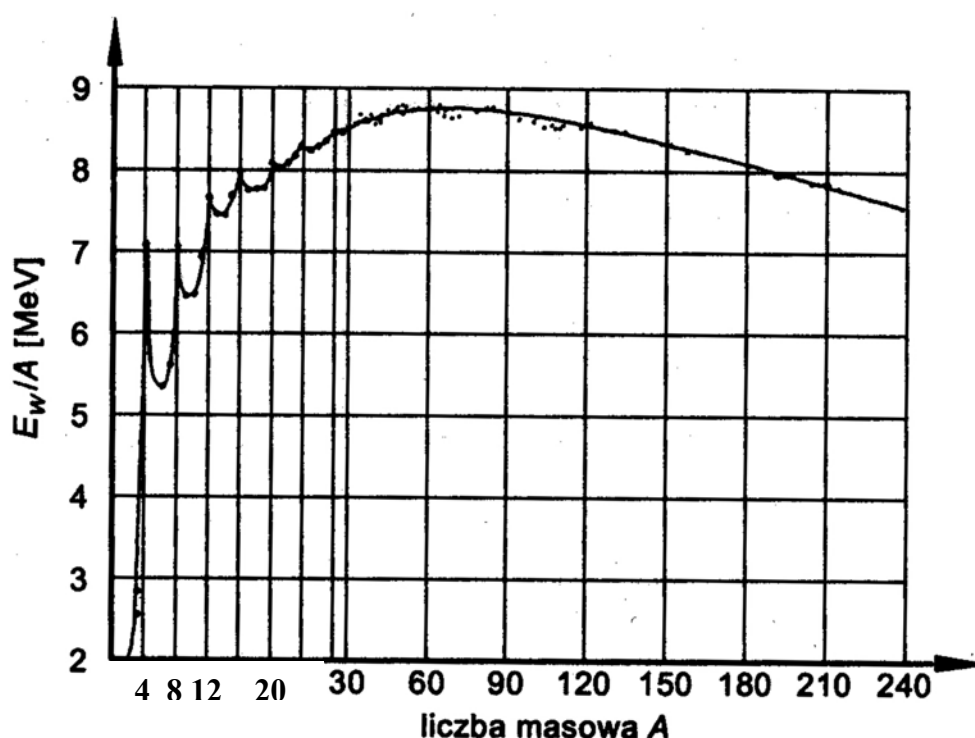


ROZDZIAŁ I. WSTĘP

Tytuł wykładu wskazuje na konieczność wyjaśnienia sobie już na początku, co będziemy rozumieli przez energię jądrową. Generalnie można mówić tu o dwóch procesach: naturalnych rozpadów promieniotwórczych, w których emitowane są cząstki (alfa, beta, neutrony, ...) lub fotony (promieniowanie gamma) oraz o procesach, w których doprowadzamy do reakcji jądrowej, w wyniku której wyzwolona zostaje energia. Do pierwszej grupy zaliczymy np. spontaniczne rozszczepienie jądra uranu. To jednak następuje rzadko, natomiast możemy względnie łatwo spowodować rozszczepienie tego jądra (przede wszystkim izotopu ^{235}U) przez neutron o niewielkiej energii. Również w wypadku syntezy (fuzji) jąder, np. jak na rys. 1.2, wydzielą się energia. A wszystko to bierze swój początek w zależności *energii wiązania*, przypadającej na nukleon, od *liczby masowej A* . Zależność tę, przedstawioną na rys.1.1, nazwano¹ „najważniejszym wykresem Wszechświata”.



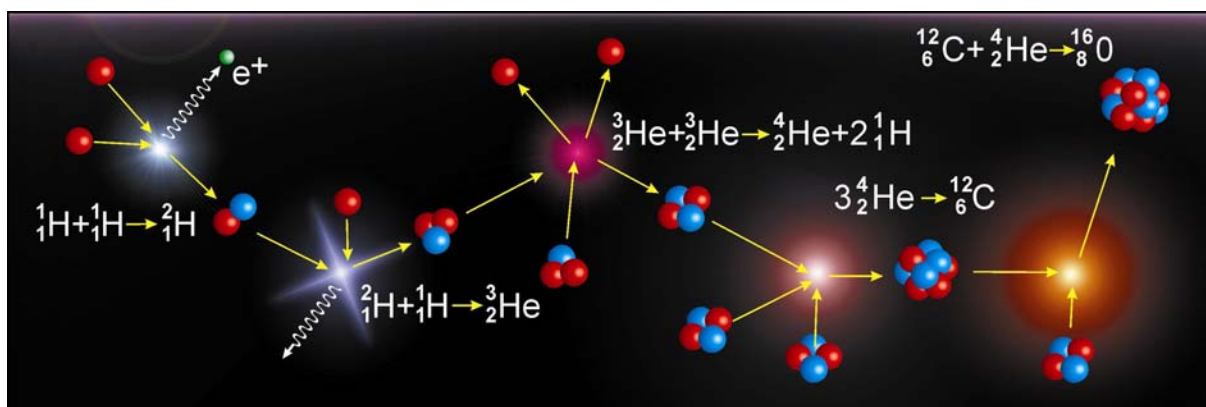
Rys.1.1 Energia wiązania na nukleon w funkcji liczby masowej

Przypomnijmy, że energia wiązania na nukleon jest średnio tą energią, którą trzeba dostarczyć do jądra, aby uwolnić z niego jeden nukleon. Podobnie, jeśli nukleony wiążą się ze sobą w jedno jądro, wydzielą się energia równa sumie energii wiązania nukleonów w tym jądrze. Z rys.1.1 wynika, że energia wiązania dla $A = 4$, a więc dla helu-4 (^4He), wynosi ponad 7 MeV/nukleon², podczas gdy dla ^3He wynosi ona ok. 2,5 MeV. Synteza jąder wodoru w jądro helu (reakcja zachodząca na Słońcu), rys.1.2, powoduje wydzielenie energii 26,1 MeV. Widać także, że energia wiązania nukleonu zmniejsza się dla ciężkich jąder, a to oznacza, że rozpad ciężkiego jądra oznacza zysk energetyczny. Właśnie dlatego, że przedstawiony na

¹ Określenie to, autorstwa prof. Henryka Niewodniczańskiego, pojawia się w monografii A.Hryniewicz *Energia. Wyzwanie XXI wieku*, Wyd. UJ, Kraków (2002)

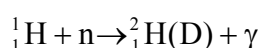
² 1 eV = $1,602 \cdot 10^{-19}$ J

rys.1 wykres wyjaśnia z jednej strony źródło energii gwiazd, a z drugiej możliwość uzyskiwania energii z rozpadów, w szczególności z rozszczepienia jąder ciężkich, jak np. uran, wykres ten można rzeczywiście uznać „najważniejszym wykresem Wszechświata”.



Rys. 1.2 Reakcje syntezy prowadzące od wodoru do tlenu

Dla ilustracji rozpatrzmy przypadek reakcji jądrowej neutronu z protonem, w wyniku której tworzy się deuter oraz foton gamma:



Utworzone jądro (deuter) doznaje odrzutu, a ponadto foton też unosi część energii. Suma tych dwóch energii, wynosząca w tym wypadku $\Delta E = 2,22 \text{ MeV}$, jest energią wiązania deuteronu. Aby rozbić deuteron należy teraz użyć pocisku o energii przekraczającej 2,22 MeV. Energia ta jest związana z ubytkiem masy:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2, \quad (1.1)$$

gdzie Δm oznacza różnicę mas cząstek przed i po reakcji, a więc

$$\Delta m = (m_p + m_n) - M_D \quad (1.2)$$

W jednostkach masy atomowej $[\text{u}]^3$ wynosi ona⁴ $(1,007276 + 1,008665) - (2,0141022 - 2 \cdot 0,0005486) = 0,0023784$, co odpowiada energii 2,22 MeV, a więc 1,11 MeV na nukleon.

Teoretyczne obliczenia energii wiązania opierają się modelach i związanych z nimi przybliżeniach, niemniej jednak otrzymywane na ich podstawie wartości są w dobrej zgodności z danymi doświadczalnymi. W tzw. *modelu kropowym*, sprawdzającym się szczególnie dobrze w wypadku jąder ciężkich, a te nas będą głównie interesować, nukleony w jądrze traktuje się w podobny sposób jak cząsteczki w kropli cieczy, której gęstość nie zależy od rozmiarów kropli. Całkowita energia wiązania w takiej kropli jest proporcjonalna do liczby cząsteczek, a kształt powierzchni kropli jest ściśle związany z pojęciem napięcia powierzchniowego, zmniejszającego energię układu. Zgodnie z tym modelem energia powierzchniowa jest proporcjonalna do liczby nukleonów na powierzchni, a więc $A^{2/3}$.

³ $1 \text{ u} = 1,66053 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,494043(80) \text{ MeV}$.

⁴ Od masy atomu deuteru odjęliśmy dwie masy elektronowe ($548,6 \cdot 10^{-6} \text{ u}$), aby uzyskać masę deuteronu

Energia ta będzie obniżała energię wiązania, podobnie jak energia związana z odpychaniem kulombowskim pomiędzy protonami, której wielkość jest proporcjonalna do $Z(Z - 1)$, gdzie Z jest liczbą atomową, a odwrotnie proporcjonalna do średniej odległości między nukleonami, proporcjonalnej do $A^{1/3}$. Tak więc w takim podejściu quasi-klasycznym energię wiązania możemy przedstawić jako

$$E_b = a_0 A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}, \quad (1.3)$$

gdzie a_0 , a_s i a_c są pewnymi współczynnikami, które należy wyznaczyć empirycznie. Sam obraz jądra jako kropli cieczy jest o tyle dobrym modelem, że podobnie jak w cieczy, także w jądrze poszczególne nukleony oddziałują tylko z najbliższymi sobie nukleonami, zjawisko napięcia powierzchniowego zaś jest obserwowane w obu obiektach. Podobnie, jak cząsteczki w cieczy, nukleony także cechuje pewna energia ruchu – energia kinetyczna. Nawet takie zjawisko, jak parowanie kropli, można uznać za model straty nukleonów podczas różnych reakcji jądrowych.

Do wyrażenia (1.3) należy jeszcze wprowadzić poprawki kwantowe, które uzależnione są od asymetrii pomiędzy liczbą protonów i neutronów oraz od tzw. efektu *pairingu*, tj. jednoczesnej parzystości liczb protonów i neutronów. Pierwszy efekt opisujemy parametrem $(A/2 - Z)^2/A$, który jest tożsamościowo równy zeru, gdy liczba neutronów w jądrze jest równa liczbie protonów. Drugi efekt opisuje różnicę energii wiązania odpowiadającej konfiguracji parzysto-parzystej i nieparzysto-nieparzystej. Efekt ten nie występuje dla jąder parzysto-nieparzystych i nieparzysto-parzystych. Ostatecznie, z dobrym przybliżeniem⁵

$$E_b = 15,75A - 17,8A^{2/3} - 0,71 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - 94,8 \frac{(A/2 - Z)^2}{A} \pm \frac{34}{A^{3/4}} \quad (1.4)$$

gdzie energia wiązania wyrażona jest w MeV, znak plus obowiązuje dla jąder parzysto-parzystych, a minus dla jąder nieparzysto-nieparzystych.

Model kropłowy nie jest jedynym modelem i nie wszystko wyjaśnia. W szczególności, masy obliczane z relacji (1.4) różnią się od wyznaczanych doświadczalnie. Wyjątkowo duże różnice, polegające na energii wiązania na nukleon (E_b/A) wyraźnie większej od obliczonej, obserwujemy dla tzw. *jąder magicznych*, przy czym *liczbami magicznymi* są: 2 (np. ${}^4\text{He}$, w którym magiczną jest zarówno liczba protonów, jak i neutronów), 8 (${}^{16}\text{O}$ – podobnie jak ${}^4\text{He}$ jądro podwójnie magiczne), 20 (podwójnie magiczne ${}^{40}\text{Ca}$), 28 (Ni ze względu na liczbę protonów i ${}^{51}\text{V}$ ze względu na liczbę neutronów), 50 (Sn ze względu na liczbę atomową i ${}^{90}\text{Zr}$ ze względu na liczbę neutronów), 82 (odpowiednio Pb i ${}^{136}\text{Xe}$) oraz 126 (podwójnie magiczny ${}^{208}\text{Pb}$: $Z=82$ i $N=126$). Przypomina to silnie konfiguracje elektronowe w atomie – maksymalne liczby elektronów, które mogą znaleźć się na poszczególnych orbitach.

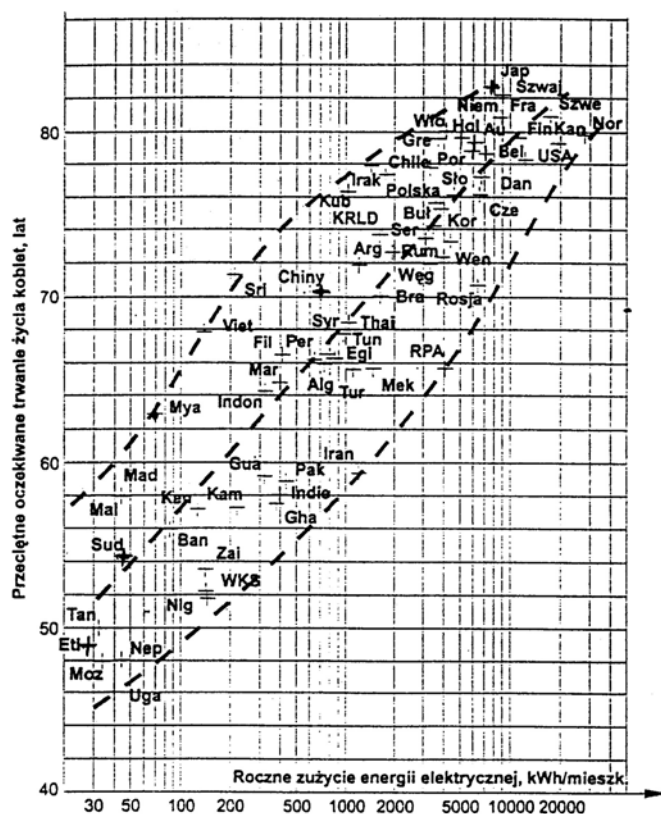
Z wielu interesujących cech jąder magicznych zwracamy uwagę na wyraźnie zmniejszone wartości przekrojów czynnych na absorpcję powolnych neutronów. Jednocześnie z tych właśnie jąder jest stosunkowo najłatwiej wyrwać neutrony. Istnienie liczb magicznych nadzwyczaj przypomina sytuację w atomie, w którym mamy powłoki elektronowe, na których można maksymalnie umieszczać ściśle określoną wartość elektronów. Spowodowało to

⁵ Wartości współczynników podane są w podręczniku K.N.Muchina, *Doświadczalna fizyka jądrowa*, t.I, WNT, Warszawa (1978)

rozwój tzw. *modelu powłokowego jądra*, którego podwaliny zawdzięczamy laureatom Nagrody Nobla Marii Goeppert-Mayer i Hansowi Jensenowi.



Rys. 1.3 Maria Goeppert-Mayer i Johannes Hans Jensen



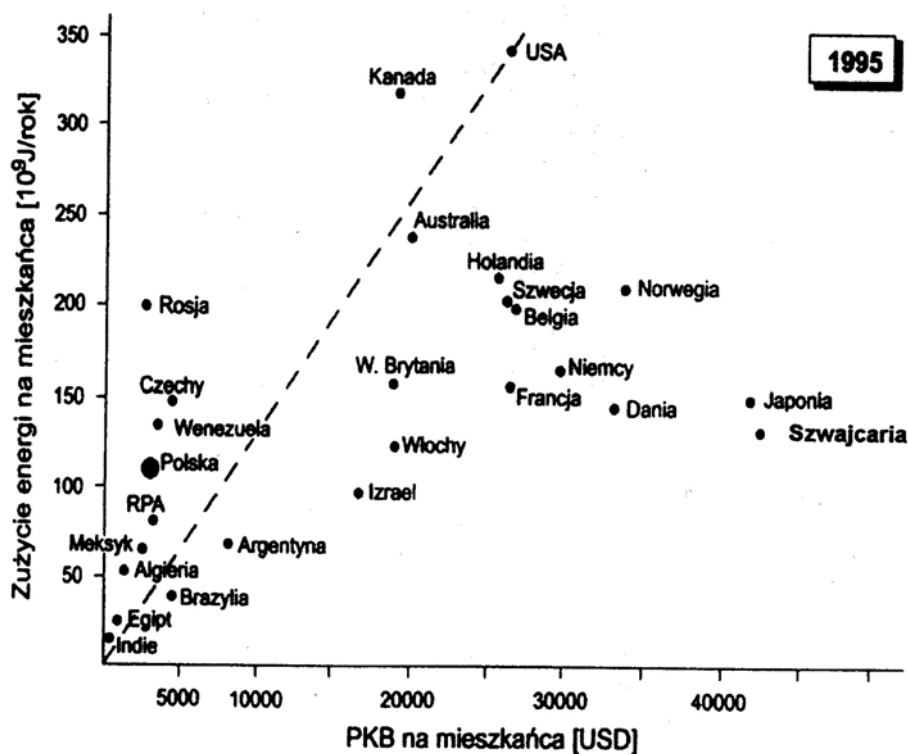
Świat potrzebuje energii i to coraz większej, tym większej im większa jest liczba mieszkańców naszego globu. Tymczasem dane z różnych krajów wskazują, że im więcej energii elektrycznej produkują one na mieszkańca, tym średnia długość życia się wydłuża. Zależność tę przedstawiamy na rys. 1.4 (w istocie rysunek ten dotyczy tylko kobiet, to jednak wiąże się z faktem, że są kraje, w których dyskryminacja kobiet powoduje skrócenie ich życia, tak więc wyniki powinny być reprezentatywne tam, gdzie tej dyskryminacji nie ma).

Rys. 1.4 Oczekiwany średni czas życia kobiet w różnych krajach Świata w zależności od rocznego zużycia energii przypadającej na mieszkańca⁶

Bardzo ważną okolicznością jest też fakt, że istnieją całe połacie Ziemi (Azja, Afryka), w których obecnie mamy wyraźny deficyt energii (patrz rys. 1.5) i należy przewidywać, że tam przyrost wytwarzanej energii powinien być bardzo znaczący. Około 2 miliardy mieszkańców Ziemi nie ma energii elektrycznej! Dziś, udział energetyki jądrowej w ogólnym bilansie produkcji energii elektrycznej wynosi średnio ok. 16-17%. Nie jest to bynajmniej

⁶ A.Strupczewski, *Analiza korzyści i zagrożeń związanych z różnymi źródłami energii elektrycznej*, Raport PTN 3/1999, Warszawa (1999)

mała liczba, a można oczekiwać, że udział ten będzie wzrastał. Ponieważ obecnie cała ta energia pochodzi z reaktorów jądrowych, których działanie opiera się na rozszczepianiu jąder uranu neutronami, nasz wykład zaczniemy od scharakteryzowania neutronu jako cząstki elementarnej.



Rys.1.5 Zużycie energii w funkcji PKB przypadającego na mieszkańca⁷

Przed rozpoczęciem regularnego wykładu nie można jednak pominąć kilku faktów z historii rozwoju energii jądrowej. Zaczyna się ona od przypadkowego odkrycia przez Henri Becquerela (rys. 1.6) dziwnej emanacji z rudy uranowej, która to emanacja zaczerniła film rentgenowski owinięty w czarny papier. Wykazał on, że promieniowanie to składało się z promieniowania alfa i beta, nieco później zaś Villard odkrył, że w promieniowaniu znajduje się także składowa elektromagnetyczna – promieniowanie gamma.

⁷ E.Boeker, Postępy Fizyki 52 (2001) 148



Rys. 1.6 Henri Becquerel, Maria i Piotr Curie



W 1898 r. Piotr i Maria Curie wyizolowali polon i rad. W tym samym roku Samuel Prescott pokazał, że promieniowanie radu zabija bakterie w pożywieniu. W roku 1902 Ernest Rutherford (rys. 1.7) dowiódł, że emisja cząstek alfa lub beta przekształca oryginalny pierwiastek w inny, a w toku dalszych badań nad rozpraszaniem cząstek alfa wykazał, że wewnątrz atomu musi znajdować się znacznie mniejsze od niego jądro o ładunku dodatnim.

Rys. 1.7 Ernest Rutherford

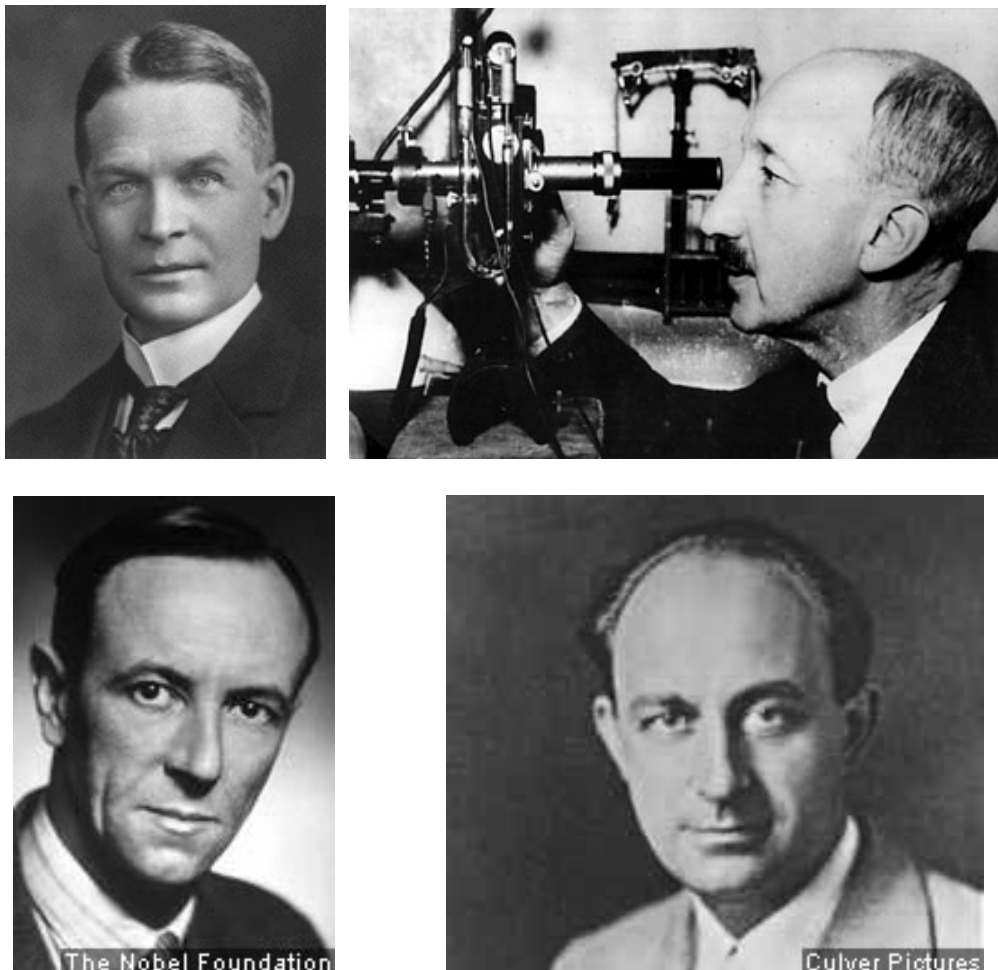
Rosja włączyła się do intensywnych badań promieniotwórczości około roku 1909.

W roku 1911 Frederic Soddy (rys. 1.8) odkrył istnienie różnorodnych izotopów danego pierwiastka, a George de Hevesy (rys. 1.8) stwierdził, że łatwość wykrycia promieniowania pozwala na wykorzystanie izotopów promieniotwórczych jako znaczników.

W roku 1932 James Chadwick (rys. 1.8) odkrył neutrony, a rok później Cockroft i Walton stwierdzili istnienie promieniotwórczości produktów reakcji z przyspieszonymi w akceleratorze protonami. Wreszcie Enrico Fermi (rys. 1.8) wykazał, że użycie neutronów pozwala na wyprodukowanie znacznie większej liczby izotopów promieniotwórczych niż przy użyciu protonów.

W roku 1939 Otto Hahn (rys. 1.9) i Fritz Strassman (rys. 1.10) odkryli zjawisko rozszczepienia, choć interpretację ich eksperymentu należy zawdzięczać Lise Meitner (rys. 1.10) i Jej siostrzeńcowi Otto Frischowi (rys. 1.10), którzy pracowali w tym czasie na wygnaniu z Niemiec pod okiem Nielsa Bohra (rys. 1.9). Obserwacja reakcji rozszczepienia przyniosła pierwsze potwierdzenie eksperymentalne słuszności relacji równoważności masy i energii, zapostulowanej przez Alberta Einsteina (rys. 1.9). Fizycy szybko zdali sobie sprawę z ogromnej energii wyzwolanej w procesie rozszczepienia jąder uranu, a że czasy były wojenne, między Niemcami a Anglią i Ameryką toczyła się gra o to, kto pierwszy będzie umiał skorzystać z tej energii. Nie każdy wie, że pojęcie masy krytycznej, o którym powiemy więcej w dalszych rozdziałach, zawdzięczamy francuskiemu fizykowi, Jean Baptiste Perrinowi (rys. 1.11), laureatowi Nagrody Nobla za weryfikację hipotezy o istnieniu atomów.

Teorie Perrina samopodtrzymującej się reakcji łańcuchowej zostały następnie rozwinięte przez angielskiego fizyka Rudolfa Peierlsa (rys. 1.11). Doceniając nowe możliwości stwarzane przez energię wyzwalaną w takiej reakcji, w Związku Radzieckim utworzono w roku 1940 specjalny Komitet ds. Problemu Uranu. Prace naukowe tego Komitetu zostały przerwane w związku z napaścią Niemiec na ZSRR.



Rys. 1.8 Frederick Soddy, Georges de Hevesy, James Chadwick i Enrico Fermi



Rys. 1.9 Trzej Nobliści: Otto Hahn, Niels Bohr i Albert Einstein

W trakcie trwania intensywnego, wojennego wyścigu zbrojeń Peierls i Frisch wystosowali do rządu brytyjskiego dokument znany pod nazwą Memorandum Peierlsa-Frischa, w którym wykazywali, że z 5 kg ^{235}U można stworzyć bardzo skuteczną bombę, której detonacja będzie równoważna kilku tysiącom ton dynamitu. Wskazali oni również na znaczenie izotopu ^{235}U . Memorandum spowodowało silne zainteresowanie wielu brytyjskich uniwersytetów rozszczepieniem uranu. Uczni ci utworzyli tzw. Komitet MAUD (od imienia niani jednego z członków). Już w roku 1940 wykazano na Uniwersytecie w Cambridge, że przy użyciu powolnych neutronów można otrzymać samopodtrzymującą się reakcję w mieszaninie tlenku uranu i ciężkiej wody. Wkrótce też odkryto możliwość przekształcenia ^{238}U w rozszczepialny ^{239}Pu . W wyniku dalszych prac grupa MAUD przedstawiła raport wykazujący, że kontrolowana reakcja łańcuchowa może zostać wykorzystana do produkcji ciepła lub energii elektrycznej. Amerykanie nieco później niż Brytyjczycy zabrali się za studia nad nowymi możliwościami stworzenia broni, niemniej jednak szybko przegonili Brytyjczyków. Było to związane z intensywnie prowadzonymi badaniami nad separacją i wzbogacaniem uranu oraz produkcją rozszczepialnego plutonu. Tym ostatnim zagadnieniem zajmował się w szczególności odkrywca neutronu – James Chadwick. W roku 1942 badania przejęła pod swą „opiekę” armia, a same badania utajniono nawet przed dotychczasowymi partnerami – Brytyjczykami i Kanadyjczykami. Cała działalność naukowa została skierowana na produkcję bomby jądrowej.



Rys. 1.10 Fritz Strassman, Lise Meitner i Otto Frisch



Rys. 1.11 Jean Baptiste Perrin, Rudolf Peierls i Robert Oppenheimer

W 1942 r. Enrico Fermi skonstruował pierwszy *stos atomowy*, w którym przeprowadził kontrolowaną reakcję łańcuchową. W Argonne zbudowano pierwszy reaktor, w którym produkowano pluton na potrzeby militarne. Trzy wytwórnie ciężkiej wody zbudowano w Ameryce, jedną w Kanadzie. Pracujący pod kierunkiem Roberta Oppenheimera (rys. 1.11) zespół najbardziej utalentowanych fizyków, techników i matematyków pracował nad konstrukcją bomb uranowych i plutonowych w ramach tzw. *Projektu Manhattan*. 16 lipca 1945 r. przeprowadzono pierwszą eksplozję jądrową bomby plutonowej w Almagordo w Nowym Meksyku. O teście prostszej bomby uranowej nawet nie myślano, gdyż miano pewność, że detonacja nastąpi zgodnie z planem.

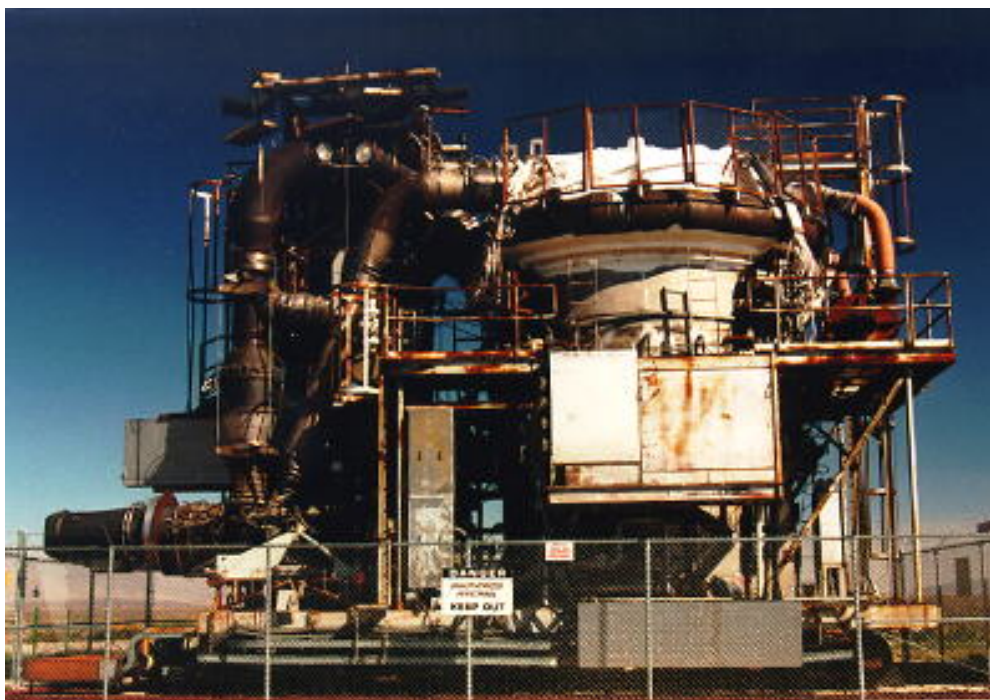
6-go sierpnia 1945 r. zdetonowano nad Hiroszimą pierwszą bombę zbudowaną z uranu-235, a 9-go sierpnia zrzucono bombę plutonową nad Nagasaki. Następnego dnia, 10-go sierpnia, rząd japoński poddał się, co zakończyło ostatecznie II Wojnę Światową.

Rosjanie rozwijali swoje badania w wolniejszym tempie. Pierwszy *stos atomowy* do produkcji plutonu, tzw. F-1, został skonstruowany przez Igora Kurczatowa (rys.1.12) w 1946 roku. Centrum badań znajdowało się około 40 km od Moskwy w zamkniętej miejscowości Arzamas-16, w której budowano bombę plutonową. Pierwszy próbny wybuch takiej bomby został przeprowadzony w sierpniu 1947 roku na poligonie blisko Semipałatyńska w Kazachstanie. W tym czasie Andrej Sacharow i Igor Tamm (rys. 1.12) pracowali już nad konstrukcją bomby wodorowej.

Koniec wojny zwrócił także uwagę na możliwości pokojowego wykorzystania energii jądrowej choćby do produkcji elektryczności. Pierwszym zbudowanym reaktorem i to typu reaktora powielającego był reaktor EBR-1 (od ang. *Experimental Breeder*) w Idaho w USA, rys. 1.13. Uruchomiono go w grudniu 1951 r. Równolegle w USA i ZSRR prowadzono prace nad konstrukcją reaktorów różnych typów – nastąpiła era energetyki jądrowej, której zadanie jednak nie zawsze miało jedynie pokojowy charakter. Wystarczy choćby wspomnieć o budowie statków wojennych, w tym okrętów podwodnych, napędzanych energią jądrową. Pierwszym takim okrętem podwodnym był USS Nautilus zwodowany w 1954 roku. Pierwsze okręty pojawiły się w obu konkurujących krajach w roku 1959. Na lądzie zaś budowano reaktory do produkcji plutonu, pozwalające usuwać z rdzenia pluton w chwili gdy zawartość izotopu nadającego się do bomby atomowej była w nim największa. Reaktory te powstawały w ośrodkach militarnych i ich bezpieczeństwo było znacznie niższe niż bezpieczeństwo elektrowni jądrowych. Utrzymywano je jednak w ruchu, gdyż uzyskiwany w ten sposób pluton nadawał się doskonale do bomb atomowych.



Rys. 1.12 Igor Kurczatow, Andrej Sacharow i Igor Tamm



Rys. 1.13 Pierwszy reaktor powielający EBR-1 w Idaho, USA

Ponieważ USA zdominowały produkcję wzbogaconego uranu, Brytyjczycy skoncentrowali się na budowie reaktorów opartych na naturalnym uranie metalicznym, z moderatorem grafitowym i chłodzeniem gazowym. Pierwszy reaktor Calder Hall-1 typu Magnox o mocy 50 MWe (rys. 1.14) uruchomiono w roku 1956 i pracował do roku 2004. Ogółem pracuje dziś na świecie około 440 bloków energetycznych napędzanych energią jądrową. Swoistym potentatem jest tu Francja, w której niemal 80% produkowanej energii elektrycznej pochodzi z energetyki jądrowej. Choć początek francuskiej energetyki jądrowej opierał się na reaktorach typu Magnox, wkrótce zostały one zdominowane przez tzw. reaktory wodno-ciśnieniowe – PWR (od ang. *Pressurized Water Reactor*). Związek Radziecki zbudował swoje pierwsze dwie wielkie elektrownie w roku 1964: w Białojarsku uruchomiono 100 MW reaktor z wrzącą wodą, w Nowoworoneżu zaś reaktor typu PWR (wg rosyjskiego skrótu – WWER: *Wodo-Wodjanoj Energetičeskij Reaktor*) o mocy 210 MW. Rok 1973 przyniósł pierwszy reaktor typu RBMK, reaktor, którego konstrukcję oparto na schematach reaktorów do produkcji plutonu. Chociaż reaktory RBMK (od ros. *Reaktor Bol'szoj Moščnosti Kanal'nyj*) nie były stosowane do celów militarnych, pozwalały one jednak w razie potrzeby na przestawienie cyklu pracy tak by szybko uzyskiwać duże ilości plutonu do produkcji bomb. Reaktor ten zbudowano także w Czarnobylu. Był on obciążony wadami w zakresie bezpieczeństwa, typowymi dla tych reaktorów i zawierał ponadto błędy konstrukcyjne, które pozostawały ukryte ze względu na wymagania tajności, które otaczały konstrukcję reaktorów RBMK. Wybuch reaktora RBMK w elektrowni jądrowej (EJ) w Czarnobylu 26 kwietnia 1986 r. znacząco zahamował na świecie prace nad energetyką jądrową.

W Polsce planowano w latach 80. ubiegłego stulecia budowę około 10 reaktorów energetycznych (rys. 1.15). Pierwszy miał powstać w miejscowości Żarnowiec na Wybrzeżu, względnie niedaleko Gdańska. Niestety, ulegając naciskom społecznym, rząd polski podjął w 1990 roku decyzję o zaprzestaniu już rozpoczętej budowy. Konsekwencje tej decyzji są dla Polski fatalne i dobrze się dzieje, że obecnie znów wraca się do planów rozwoju energetyki jądrowej. Jak jest ona ważna powiemy w toku tego wykładu. Na rys. 1.16 i 1.17

przedstawione są mapa topograficzna terenu planowanej elektrowni oraz jej model, będący – oprócz zalanych wodą fundamentów w Żarnowcu – jedyną pozostałością niedoszonego projektu.



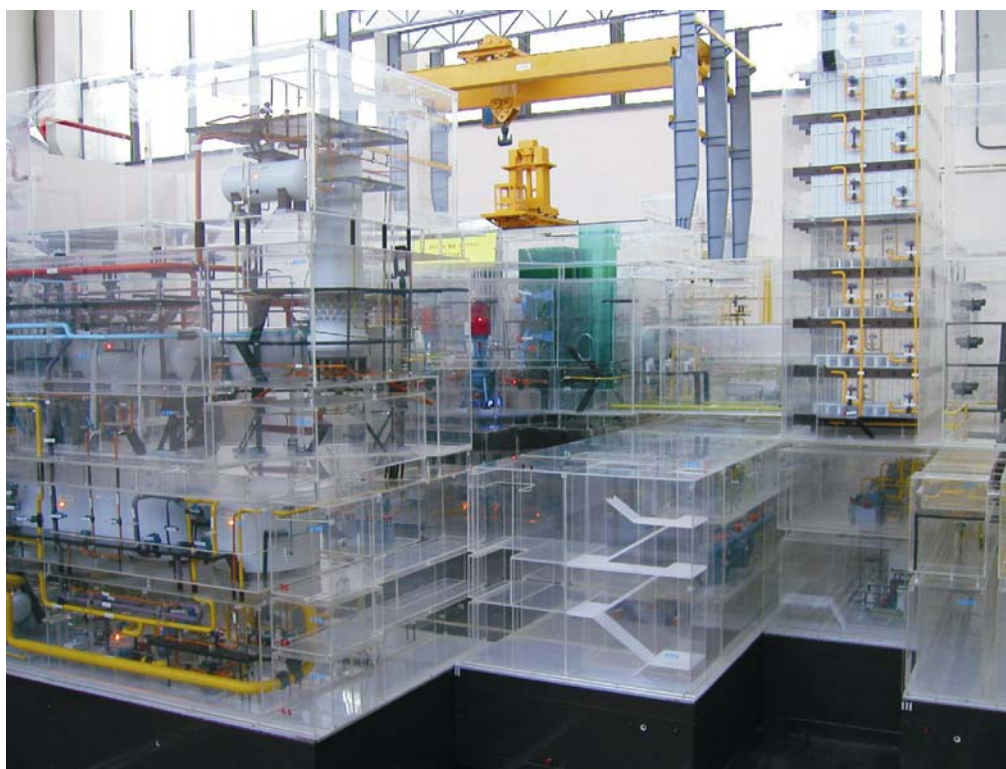
Rys. 1.14 Elektrownia jądrowa Calder Hall w ośrodku Sellafield w Anglii



Rys. 1.15 Planowane w Polsce rozmieszczenie elektrowni jądrowych w latach 80. ub. wieku



Rys.1.16 Mapa topograficzna terenu planowanego dla Elektrowni Jądrowej w Żarnowcu⁸



Rys.1.17 Model Elektrowni Jądrowej dla Żarnowca⁸

⁸ można oglądać w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku

Wykład ten będzie poświęcony jednak nie tylko energetyce jądrowej, choć ta zajmie jego znaczącą część. Omówimy bowiem militarne i pokojowe zastosowania energii jądrowej, w tym zastosowania w nauce, przemyśle i medycynie. Szczególną uwagę poświęcimy także zagadnieniom wpływu promieniowania jądrowego na organizmy oraz elementarnym problemom strategii energetycznej w Polsce i na świecie.