

Kroki milowe (fakty, daty,
ludzie) na stuletniej drodze
zastosowań
promieniotwórczości w nauce i
technice.

Dmitriy
Anna Borowska-Centkowska

„Cała nauka dzieli się na fizykę i zbieranie
znaczków.”

Ernest Rutheford



Spis treści

1. Julius Plucker
2. Promienie katodowe
3. Promienie katodowe cd
4. Jean Perrin
5. Odkrycie elektronu
6. J.J. Thomson
7. Promienie Roentgena
8. Nowe zjawisko
9. Zastosowania promieni X
10. Zastosowania promieni X cd.
11. Błędne wnioski
12. Henri Becquerel
13. Odkrycie
14. „O niewidzialnych...”
15. Ponowne odkrycie promieniotwórczości
16. Maria Skłodowska-Curie
17. Nowy pierwiastek?
18. Maria i Piotr Curie
19. Rad
20. Ernest Rutherford
21. Promieniowanie α , β , γ
21. Frederick Soddy i Ernest Rutherford
22. Soddy i Rutherford
23. Rutherford i promieniowanie α
24. Odkrycie jądra atomowego
25. Model atomu
26. Niels Bohr
27. Rutherford i James Chadwick
28. Zderzenia cząstek α z atomami lekkimi
29. Patrick Maynard Stuart Blackett
30. Dziwne promieniowanie
31. Odkrycie neutronu
32. Protony pociskami
33. Enrico Fermi
34. Pozyton
35. Sztuczna promieniotwórczość
36. Willard F. Libby
37. 1939 rozbicia jądra atomowego
38. Leon Szilard
39. Literatura
40. Literatura cd

Tak się zaczęło...

- ... w połowie lat pięćdziesiątych XIX wieku Heinrich Geisler, szklarz uniwersytecki w Bonn, wynalazł sposób wtapiania elektrod metalowych w szkło. Z pozoru mało znaczące osiągnięcie, umożliwiło doświadczenia, owocne w wielkie odkrycia.¹²

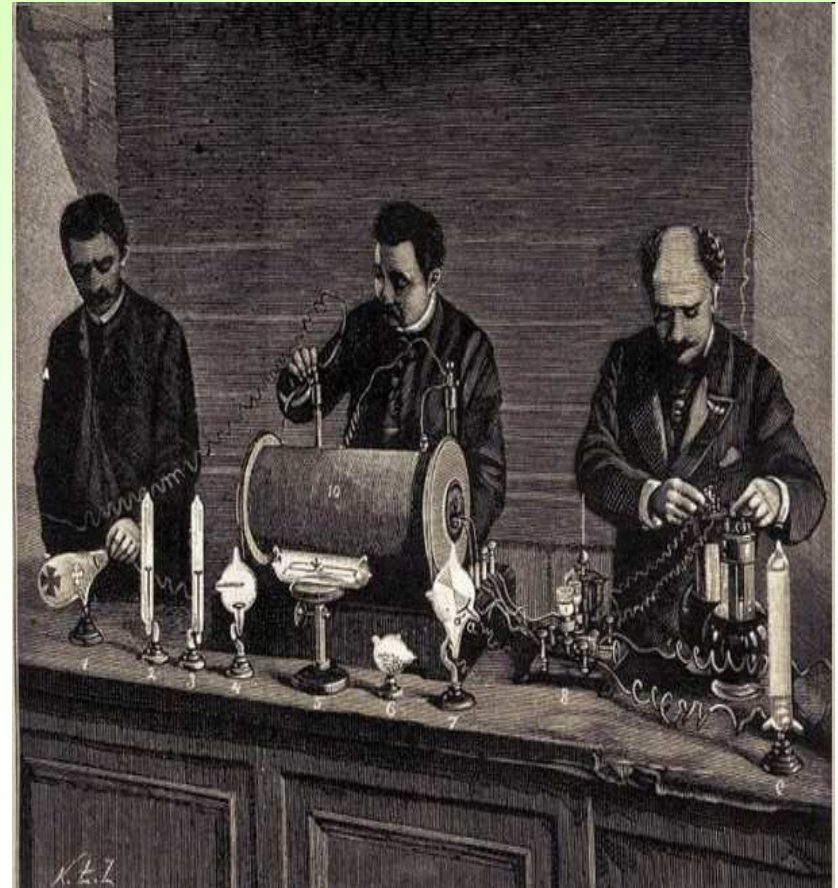
Julius Plucker

- W 1858 roku opublikował wyniki badań na temat wyładowań elektrycznych w rozrzedzonych gazach zawartych w szklanych rurkach zbudowanych przez Geislera.¹



Promienie katodowe

- Promienie katodowe zostały opisane po raz pierwszy w 1867 r. przez Johanna Hittorfa (promienie świecące).
- W 1876 r. nazwane katodowymi przez Eugena Goldsteina.
- W 1878 r. William Crookes nadał rozgłos badaniom nad promieniami katodowymi nazywając je czwartym stanem skupienia (materia w stanie promienistym).
- Philip Lenard zdawało się potwierdził tę teorię, obserwując przenikanie promieni katodowych przez bardzo cienkie folie metalowe. (Wydawało się wtedy niemożliwe, żeby obiekty materialne przenikały materię).^{1-4, 12}

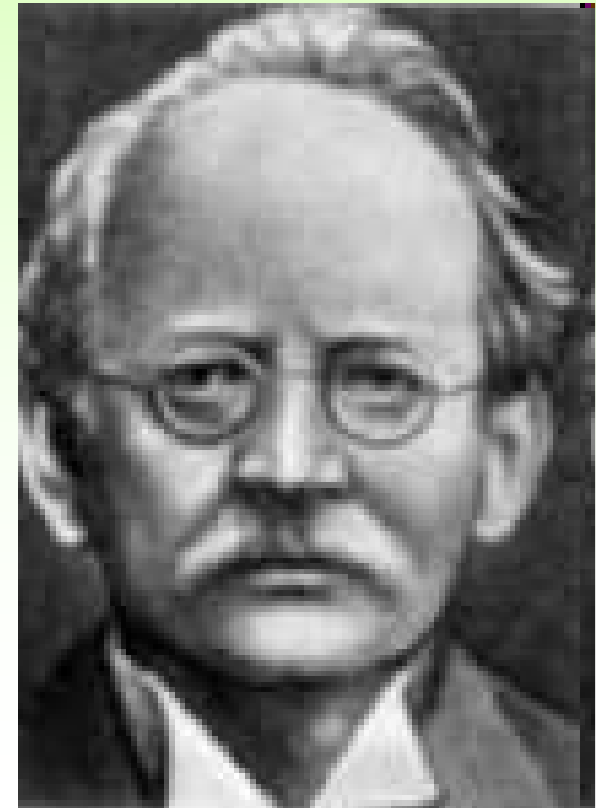


[Powrót](#)

Promienie katodowe cd.

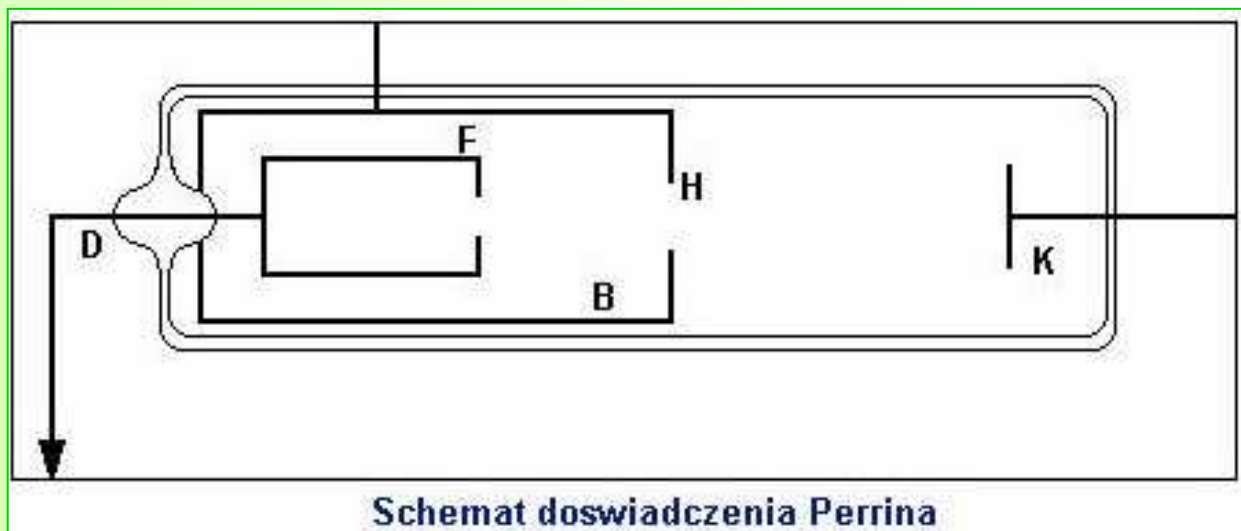
- W roku 1894 John Thomson badał zjawisko promieni katodowych. Starał się wyznaczyć ich prędkość, która mogła wiele powiedzieć o ich strukturze. Do podjęcia tych badań skłoniło go odkrycie odchylenia przez pole magnetyczne promieni katodowych. Gdyby były one falami elektromagnetycznymi ich odchylenie można byłoby tłumaczyć istnieniem ziarnistej, powiązanej z polem magnetycznym struktury eteru, w którym fale te miały się przemieszczać. Koncepcja ta nie podobała się jednak Thomsonowi.^{1, 12, 16, 23}

[Powrót](#)

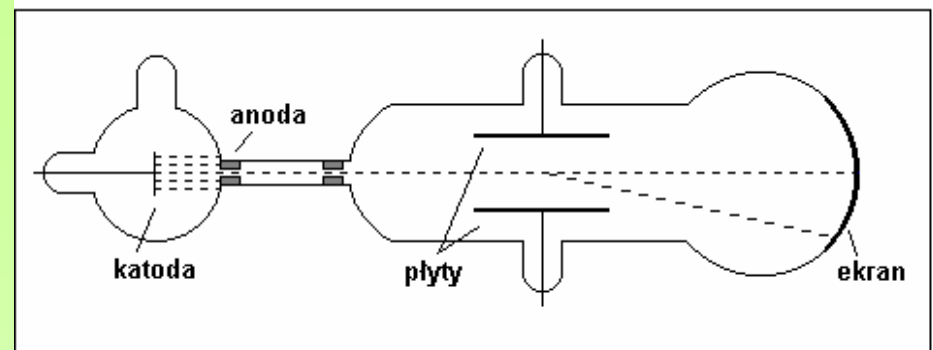


Jean Perrin

- W 1895 roku Jean Perrin starał się wyznaczyć ładunek przenoszony przez promienie katodowe. Naukowiec umieścił kolektor ładunku elektrycznego wewnątrz rury. Promienie katodowe wychodzące z katody K wpadały przez otwór H znajdujący się na anodzie i częściowo padały na kolektor Perrin odkrył, że kolektor naładował się ujemnie. Aby potwierdzić, iż to promienie katodowe ładują go, naukowiec wykorzystując pole magnetyczne odchylił wiązkę promieni tak, że nie docierała ona do kolektora. W tym wypadku ładunek nie gromadził się na nim. Perrin udowodnił, że promienie katodowe przenoszą ładunek ujemny.¹⁷



Odkrycie elektronu



Doświadczalne wyznaczenie stosunku ładunku do masy elektronu

- W 1896 roku Thomson biorąc pod uwagę dowód Perrina i zasięg promieni katodowych w powietrzu zakładając że mają one strukturę cząsteczkową, stwierdził iż promień tych cząsteczek musi być bardzo mały. Postawił również tezę, że skoro cechy promieni katodowych nie zależą od rodzaju gazu zawartego w rurze i składają się z cząsteczek znacznie mniejszych od atomów, to cząstki te wchodzą w skład wszystkich atomów.
- W 1896 roku Thomson przeprowadził doświadczenie, w czasie którego ustalił zależność ładunku cząstki do jej masy (q/m). Aby to zrobić skierował wiązkę promieni katodowych na kolektor. Wiązka ta przekazywała kolektorowi swój ładunek oraz ogrzewała go. Thomson znał masę kolektora, jego ciepło właściwe i przyrost temperatury. Na tej podstawie mógł wyznaczyć ilość energii cieplnej. Pomiaru temperatury kolektora dokonał przy pomocy lekkiej termopary przymocowanej do niego. Naukowiec zmierzył (bardzo czułym elektrometrem) całkowity ładunek zgromadzony na kolektorze.¹⁷
- W 1897 roku J.J.Thomson wykazał, że promienie katodowe to strumień ujemnie naładowanych cząstek, które nazwano elektronami.¹⁷

[Powrót](#)

Promienie Roentgena

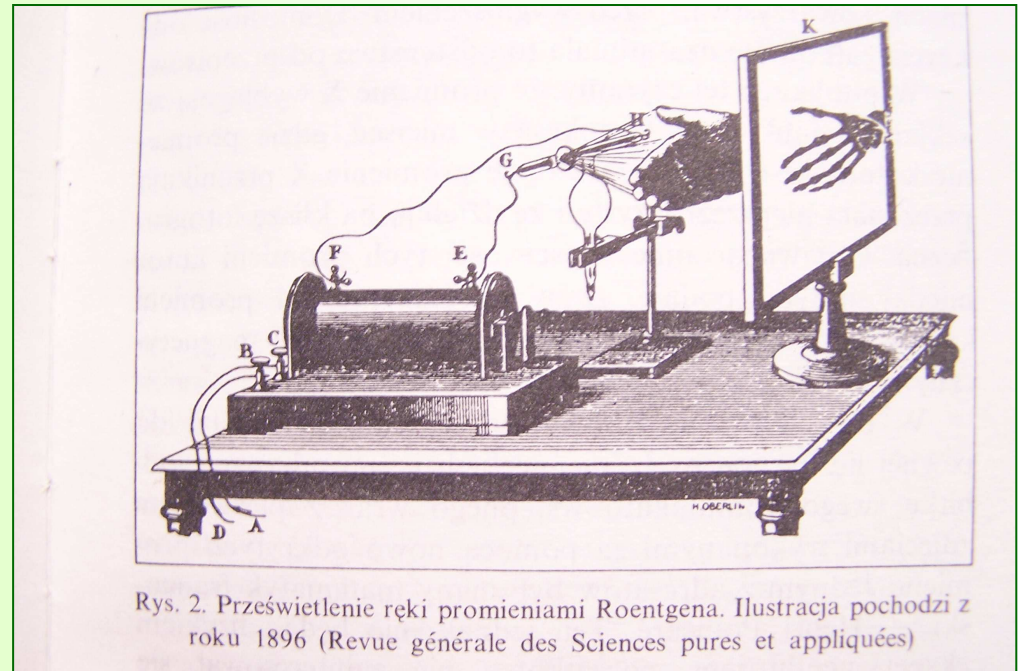
- W lutym 1890 roku Goodspeed i Jennings w Filadelfii otrzymali nawet na osłoniętej kliszy, znajdującej się blisko rury do wyładowań, pierwszą fotografię przedmiotów, ale nie przywiązali do tego żadnej wagi.^{12, 18}



- Wilhelm Conrad Roentgen podjął systematyczne badania zauważonej przez siebie przypadkowo fluorescencji ekranu pokrytego platynocyjankiem baru i jemu przypadła sława odkrywcy niewidzialnych promieni.¹²

Powrót

Nowe zjawisko



- W 1895 roku Roentgen podejmuje badania promieni katodowych w wysokiej próżni w rurze Crookesa poddanej wyładowaniom cewki indukcyjnej Ruhmkorffa.^{1, 14}
- Postanawia sprawdzić czy szklana ścianka przepuszcza promienie katodowe. Obserwuje fluorescencję płytki $\text{BaPt}(\text{CN})_4$ leżącej obok. Jeżeli nawet promienie katodowe wydostały się z rury Crookesa, nie mogły spowodować fluorescencji, gdyż odległość między rurą a ekranem była zbyt duża. Fluorescencję ekranu spowodował inny czynnik wydostający się z rury. 8 listopada 1895 roku Roentgen przypadkowo odkrył nowe zjawisko.^{1, 12}

Zastosowania promieni X



- Odkrycie Roentgena stało się środkiem diagnostycznym w medycynie. Przekonano się szybko, że promienie Rentgena porażają i niszczą żywe komórki. Dużo później ta właściwość obok zdolności przenikania organizmu, znajdzie zastosowanie w leczeniu nowotworów.¹

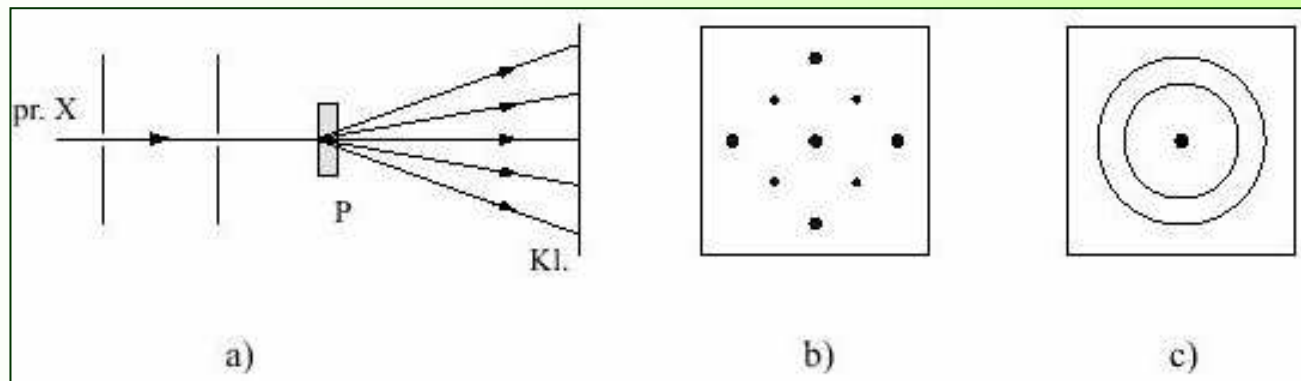
[Powrót](#)

Zastosowania promieni X



Max von Laue

- Max von Laue wpadł na pomysł, że problematyczna długość fali promieni X powinna być tego samego rzędu co odległości między płaszczyznami atomowymi w hipotetycznej na ten czas sieci krystalicznej. Zatem promienie X powinny się ugiąć i interferować na sieci krystalicznej jak światło widzialne na siatce dyfrakcyjnej. Rentgenowi nie udało się takie doświadczenia.
- Pierwsze obrazy dyfrakcyjne udało się uzyskać współpracownikom Lauego: Walter Fredrich i Paul Knipping. Udowodnili elektromagnetyczną naturę promieni X i periodyczną budowę kryształów.^{1, 29}

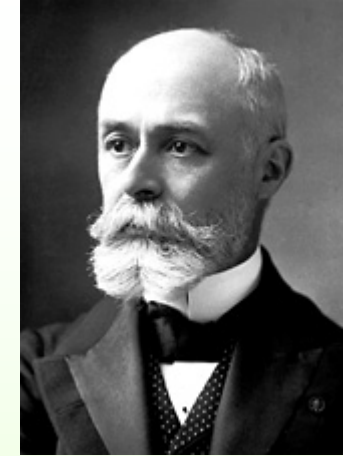


[Powrót](#)

Błędne wnioski

- Henri Poincaré wysnuwa hipotezę, że każde ciało które fosforyzuje dostatecznie silnie, może wysyłać poza promieniowaniem widzialnym promienie X. Błędne myślenie spowodowane było budową ówczesnej aparatury.
- Charles Henry ogłasza, że fosforyzujący siarczek cynku emituje promieniowanie przenikające przez materię.
- Podobnie G. H. Niewenglowski stwierdza, że siarczek wapnie również wywołuje ten efekt.
- Prace te utrudniły tylko bieg badań naukowych.¹

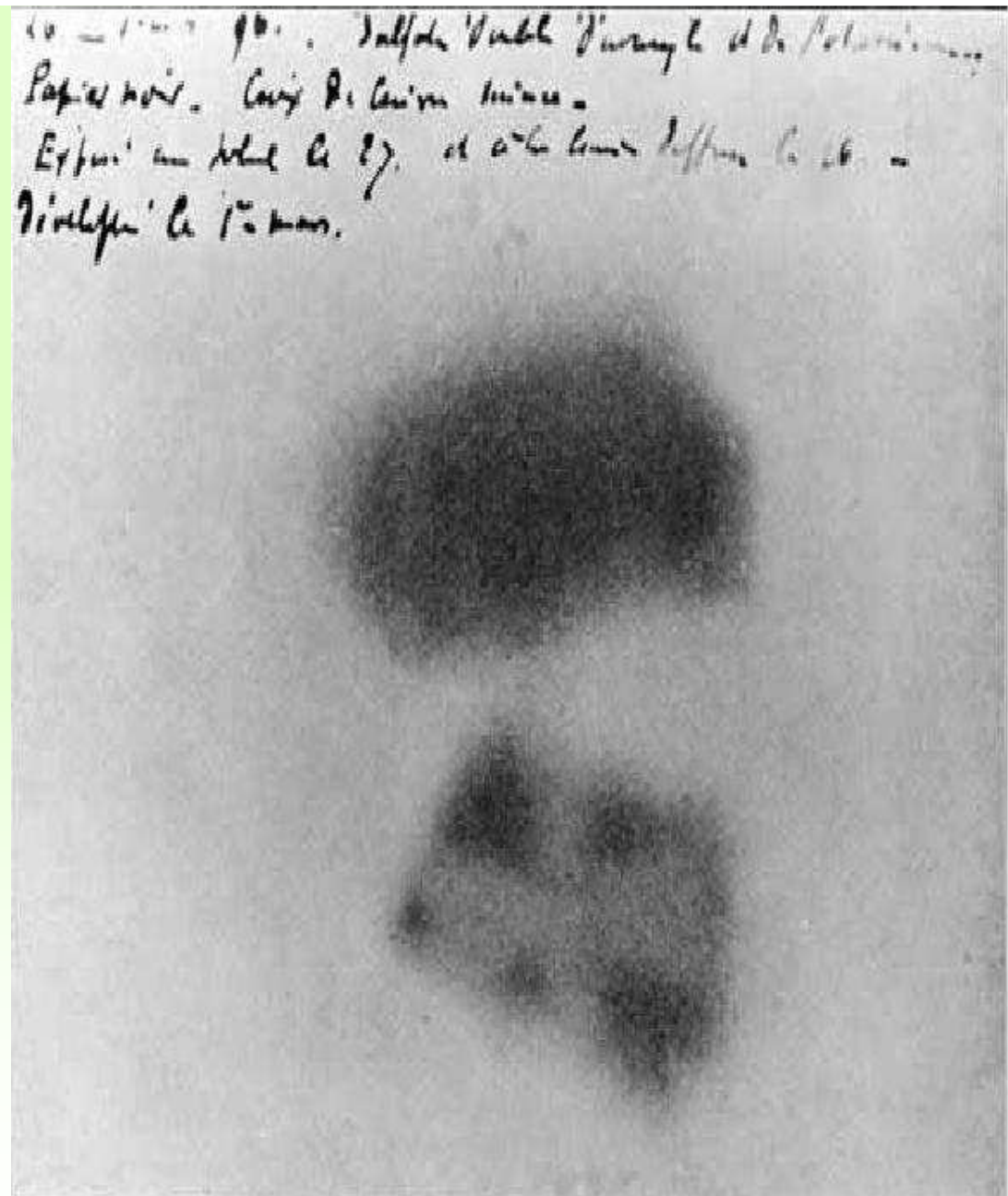
Henri Becquerel



- 20 stycznia 1896 roku Henri Poincaré opowiedział o zadziwiającym odkryciu Roentgena na posiedzeniu Akademii Nauk w Paryżu. Wysunął wówczas hipotezę, że emisja promieni X ma związek ze zjawiskiem fosforescencji, czyli opóźnionym wysyłaniem światła po naświetleniu danej substancji.
- Obecny na posiedzeniu Becquerel postanowił sprawdzić tę hipotezę. Miał w swej pracowni minerał, siarczan uranylowo-potasowy, $K_2[UO_2(SO_4)_2](H_2O)_2$, znany jako substancja o silnej fosforescencji. Wystawił go więc na działanie światła słonecznego, a następnie sprawdził, że położony na pewien czas na kliszy fotograficznej, owiniętej w czarny papier, powoduje jej wyraźne zaczernienie.¹²
- Na posiedzeniu Akademii Nauk 24 lutego 1896 roku Becquerel przedstawił ten wynik, uznając hipotezę Poincarégo za potwierdzoną.¹²

Odkrycie

- Henri Becquerel postanowił jednak kontynuować doświadczenia. Becquerel przechowywał mało naświetlony minerał razem z kliszą w szufladzie, czekając na poprawę pogody, gdyż w końcu lutego pogoda w Paryżu się popsuła i rzadko świeciło słońce. Po paru dniach zdecydował się wywołać kliszę i ze zdumieniem stwierdził, że jej zaczernienie jest bardzo duże. Zrozumiał wtedy, że jego poprzedni wniosek był błędny.^{1, 12, 20}



Fragment kliszy fotograficznej Becquerela.²⁰

„O niewidzialnych promieniowaniach wysyłanych przez ciała fosforyzujące”

- „...te promieniowania niewidzialne emituje fosforescencja, która trwa nieskończenie dłużej niż trwanie promieniowań widzialnych wysyłanych przez te ciała.”

/H. Becquerel/

- 2 marca 1896 roku, na następnym posiedzeniu Akademii Nauk, ogłosił, iż sól uranylowa sama z siebie wysyła nieznane przenikliwe promieniowanie. Tak więc błędna hipoteza i zbieg okoliczności doprowadziły do odkrycia, uhonorowanego potem Nagrodą Nobla.^{1, 12, 20}



Ponowne odkrycie promieniotwórczości

- W końcu **1897 roku Maria Skłodowska-Curie** zdecydowała zająć się systematycznie zagadnieniem promieniowania uranu.
- Rozpoczęła od powtórzenia doświadczenia Becquerela.
- Maria Curie wykonała badania ilościowe, posługując się bardziej precyzyjną aparaturą.^{1, 12, 19}
- Badane ciała umieszczała w stanie sproszkowanym na jednej płytce kondensatora powietrznego i mierzyła natężenie prądu elektrycznego między płytkami kondensatora.
- Pomiar potwierdził ilościowo, że natężenie promieni uranowych jest właściwością atomową.¹



Maria Skłodowska Curie

- Maria Skłodowska Curie zbadła wszystkie znane pierwiastki. Dowiodła, że poszukiwaną właściwość ma również tor.
- Stwierdziła, że i w tym przypadku mamy do czynienia z właściwością atomową tylko ilościowo odmienną.
- Badając materiały tj. blenda smolista, chalkolit i autunit stwierdziła, że promieniają one znacznie silniej niż wynikałoby to z zawartości w nich uranu.^{1, 5, 12, 19}



[Powrót](#)

Nowy pierwiastek?



- Maria Skłodowska Curie wypowiada śmiałe przypuszczenie, że badane przez nią minerały zawierają widocznie domieszkę jakiegoś nieznanego jeszcze pierwiastka promieniującego silniej niż uran czy tor.
- Jeżeli hipotetyczny pierwiastek istnieje należy go wydzielić.^{1, 19}

[Powrót](#)

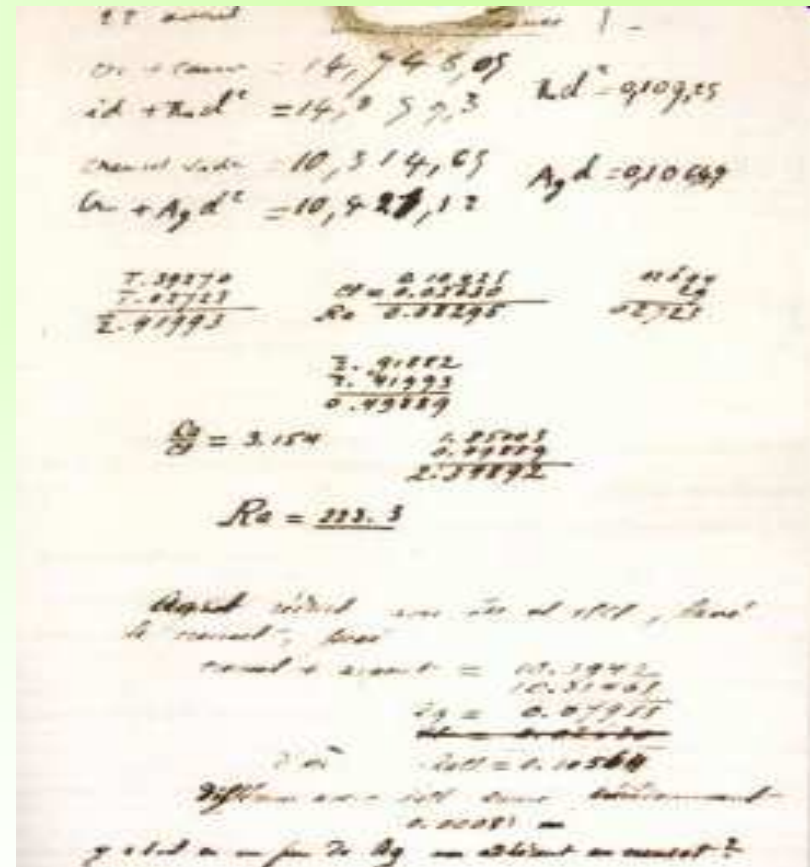


Maria i Piotr Curie

- Piotr Curie włącza się do badań żony. Wspólnie próbują wyodrębnić hipotetyczny pierwiastek.
- Po kilku miesiącach badań małżonkowie Curie otrzymują wreszcie frakcję promieniującą 400 razy silniej niż uran.
- Nowy pierwiastek – polon – nazwa na cześć ojczystego kraju Marii Skłodowskiej Curie.
- Odkrycie opublikowano w cotygodniowym sprawozdaniu z posiedzeń Akademii Nauk w Paryżu, gdzie po raz pierwszy Maria Curie wprowadziła nazwę „radioaktywność”.^{1, 5, 19, 20}

Rad

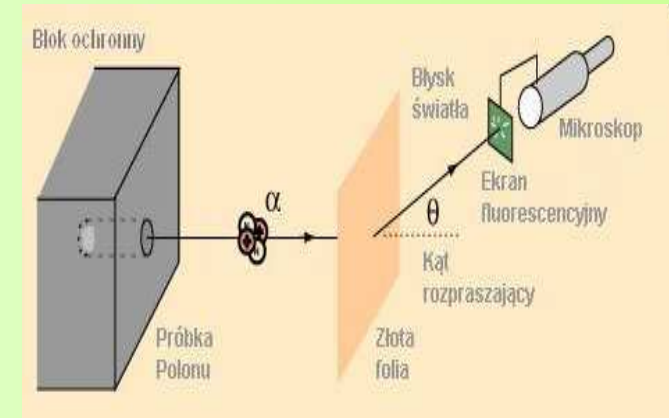
- 26 grudnia 1898 roku w grudniu ukazuje się doniesienie małżonków Curie wraz z chemikiem Gustave'm Bemontem o odkryciu nowego silnie promieniującego pierwiastka – radu.
- Maria Skłodowska Curie żałowała, że polonem nie nazwano tego drugiego pierwiastka, jak się później okazało ważniejszego.^{1, 5}



Notatki laboratoryjne Marii Skłodowskiej Curie – odkrycie radu.¹⁹

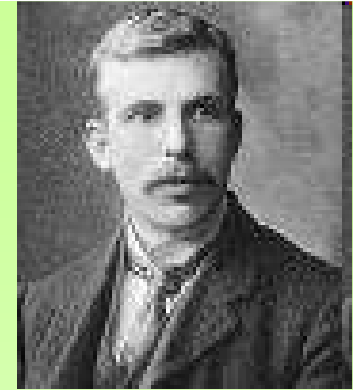
Promieniowanie α , β , γ

- W wyniku długotrwałych badań właściwości promieni wysyłanych przez uran w 1899 roku Rutherford wyróżnił dwa rodzaje promieniowania w różnym stopniu przenikającym przez materię: składową mniej przenikliwą określił jako promieniowanie α , a bardziej przenikliwą jako promieniowanie β .
- Zastosowanie pola elektrycznego i magnetycznego w badaniach wykazało, że cząstka β jest identyczna z elektronem Thomsona.
- W 1900 roku Paul Villard odkrył trzeci rodzaj promieni wysyłanych przez uran, najbardziej przenikliwy, nie odchylający się w polu magnetycznym. Nazwany przez Rutherforda promieniami γ .^{1, 12}





Frederick Soddy i Ernest Rutherford



- Rutherford przypuszcza, że preparaty promieniotwórcze oprócz trzech rodzajów promieniowania, wydzielają jakiś gaz promieniotwórczy. Sprawdzeniem tego przypuszczenia Rutherford zajął się we współpracy z Frederickiem Soddy.
- W 1901 roku wykonali oni bardzo proste doświadczenie: powietrze przepuszczane przez preparat torowy, wprowadzili do rury z elektrodami i w różnych jej miejscach mierzyli jonizację wywołaną przez hipotetyczny gaz porwany przez powietrze. Na tej podstawie oraz prędkości gazu wykazali, że tor wydziela gaz promieniotwórczy oraz stwierdzili dodatkowo wykładniczy spadek aktywności w czasie. Gaz będący nowym pierwiastkiem nazwali emanacja.
- W następnej części pracy wyjaśnili mechanizm promieniotwórczości. Udowodnili doświadczalnie, że tor X (jak wiemy dziś izotop radu) przekształca się samorzutnie w emanację (torową).^{1, 13}

[Powrót](#)

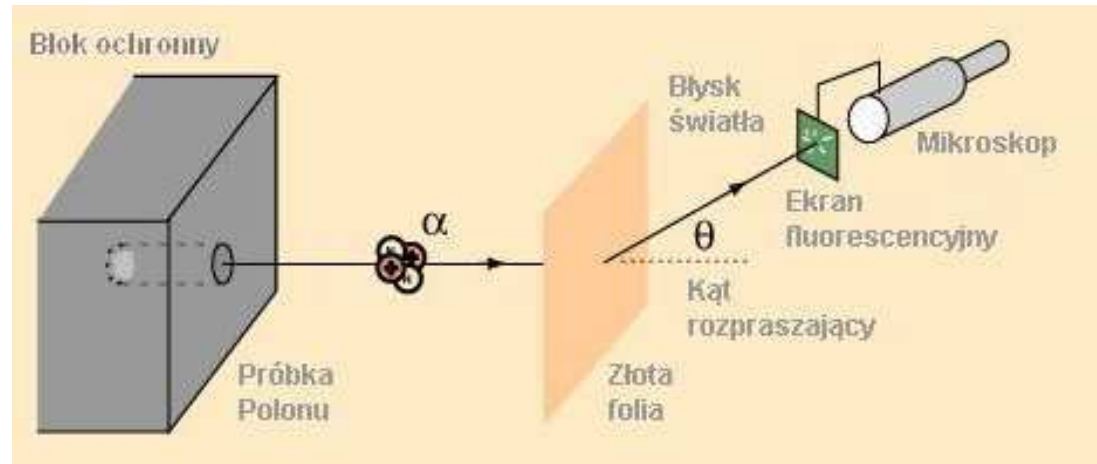
Soddy i Rutherford cd.

- W 1902 roku Soddy i Rutherford wykazali, że uran i rad przekształcają się samorzutnie w inne pierwiastki, w sposób wykładniczy w zależności od czasu.
- Obalono, zatem pogląd o niezmienności pierwiastków chemicznych i niepodzielności atomów.^{1, 13}

Rutherford i promienie α

- Rutherford stwierdza w silnym polu magnetycznym i elektrycznym promienie alfa są odchylane, tak jakby stanowiły strumienie cząstek naładowanych dodatnio.
- Wykonuje dokładne pomiary i wykazuje, że cząstki alfa mają taki sam ładunek jak zjonizowany hel.
- Następnie zauważa, że ogrzewane ciała promieniotwórcze wydzielają hel.
- Na podstawie długoletnich systematycznych badań dochodzi do wniosku, że cząstki alfa są jonami helu.^{1, 3, 6, 7}

Odkrycie jądra atomowego

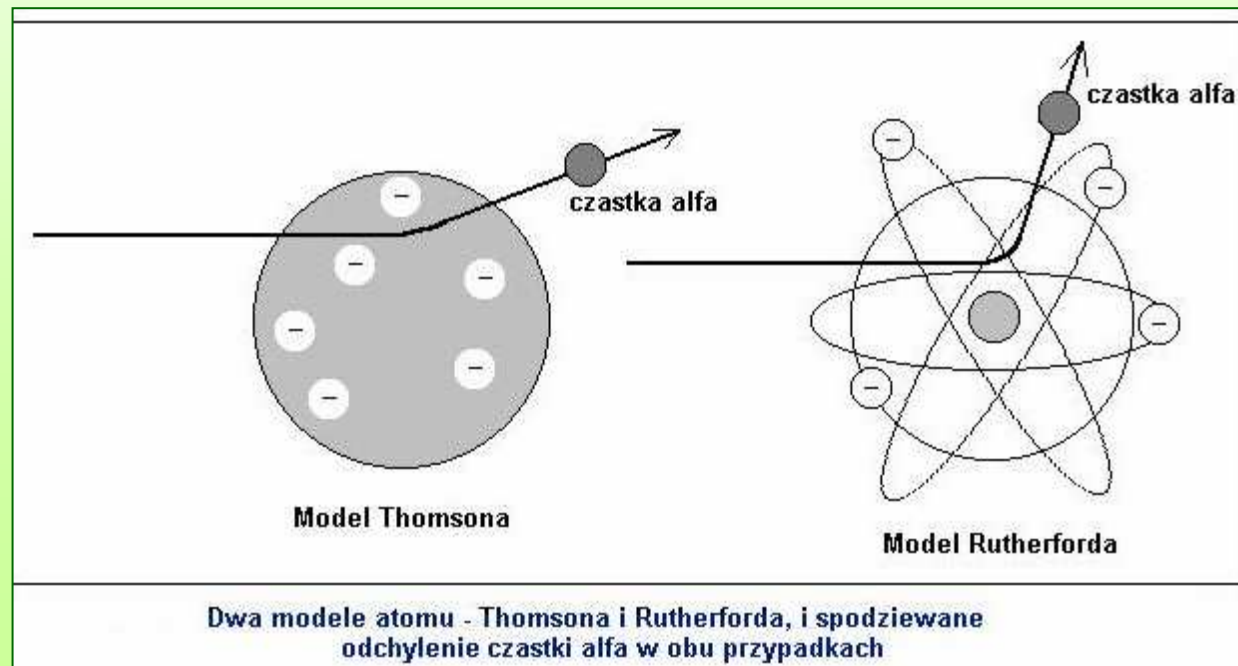


- W 1909 roku Rutherford badał rozpraszanie cząstek alfa na cienkiej folii metalowej i zauważył, że niektóre z cząstek ulegają odchyleniu.
- Odchylenia te nie dawały się wytłumaczyć na gruncie modelu Thomsona.
- Rutherford stwierdził, że aby gwałtownie zmienić kierunek biegu cząstki α , pędzącej z wielką prędkością, w ciągu krótkiego czasu w jakim cząstka przebywa dostatecznie blisko atomu materii rozpraszającej, musi działać ogromna siła elektrostatyczna wywierana na cząstkę α przez naładowane cząstki znajdujące się wewnątrz atomu. Zatem wielkie odchylenie toru cząstki α , musi być spowodowane przez ładunek dodatni, skupiony w bardzo małej odległości.^{1, 6,7, 9 – 11, 19}

[Powrót](#)

Model atomu

- Rutherford dochodzi do rewolucyjnego wniosku, że atom ma budowę ażurową: we wnętrzu atomu mającego średnicę 10^{-10} m znajduje się cząstka o średnicy rzędu 10^{-10} m, w której to skoncentrowana jest prawie cała masa atomu i cały dodatni ładunek elektryczny.
- Było to odkrycie jądra atomowego i narodziny fizyki jądrowej. Odkrycie to zakomunikowane zostało 7 marca 1911 roku na posiedzeniu Manchesterskiego Towarzystwa Literackiego i Filozoficznego.^{1, 17, 25}

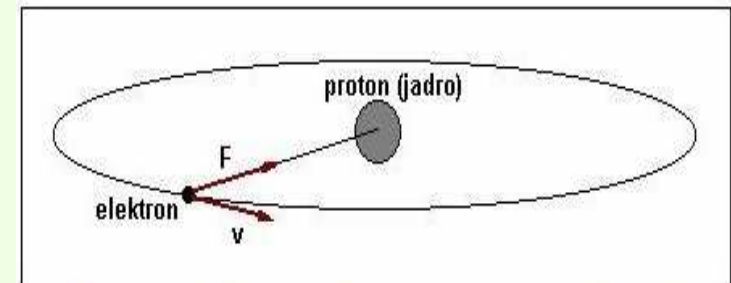




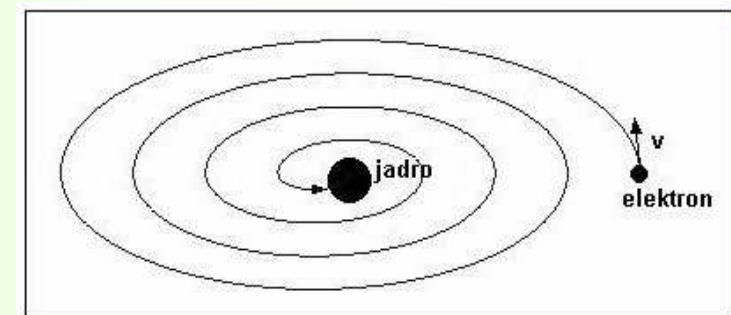
Niels Bohr

- Młody teoretyk duński Niels Bohr dostrzega sprzeczność między nieciągłym charakterem widma a obliczeniami opartymi na elektromagnetycznej teorii światła.
- W 1912 roku zjawia się w Manchesterze i przedstawia poglądy Rutherfordowi, że klasyczna teoria elektromagnetyczna nie jest w stanie wytłumaczyć nieciągłej budowy widma atomowego.¹

- Po powrocie do Kopenhagi Bohr szuka rozwiązania. Dochodzi do stworzenia pojęcia stanu kwantowego. W 1913 roku Bohr ukończył pracę o kwantowym modelu atomu wodoru.
- Planetarny model Rutherforda Bohr uzupełnił o dwa postulaty kwantowe: 1) elektron może krążyć tylko po ściśle określonych skwantowanych orbitalach i na każdej z nich zachowuje energię. 2) Przeskok z jednej orbity na drugą połączony jest z emisją lub absorpcją fotonu o energii równej różnicy energii odpowiadających obu tym orbitalom.^{1, 17, 25}



Model atomu Rutherforda. Elektron krąży po orbicie wokół jądra z prędkością v , jest przyciągany przez nie siłą F .



W planetarnym modelu atomu, elektron powinien wypromieniowywać energię i po spirali spaść na jądro.

Powrót

Rutherford i James Chadwick

- W 1914 roku Rutherford wspólnie z Edwardem Nevile'm da Costa i Johanem Harlingiem wykazuje falową naturę promieniowania γ i podaje charakterystykę ilościową.
- W tym samym roku Rutherford i Chadwick badając odchylenie promieni β w polu magnetycznym, stwierdzają, że stanowią one strumień elektronów poruszających się z różnymi prędkościami przy czym ich widmo ma charakter ciągły. Potwierdzili tym samym wyniki otrzymane przez Becquerela w 1900 roku.¹



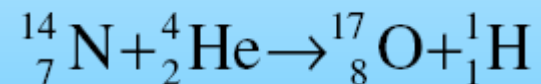
„Zderzenia cząstek α z atomami lekkimi”

- Głównym przedmiotem badań szkoły Rutherforda była cząstka α .
- W 1917 roku Marsden bombardując cząstkami α powietrze, stwierdza obecność cząstek, które wydawały się jądrami atomowymi wodoru.
- Dopiero w 1919 roku Rutherford wydaje publikację „Zderzenia cząstek α z atomami lekkimi”, w której to przedstawia rozwiązanie problemu. Zaobserwowane zjawisko tłumaczy, że prędką cząstka α zderzając się z jądrem atomowym azotu, wytrąca z niego jądro wodoru, czyli jak nazwał je Rutherford, proton.
- Opisane zjawisko jest więc po raz pierwszy sztucznie zrealizowaną reakcją jądrową.
- Stwierdzono, że jądro atomowe jest złożone i jednym z jego składników są protony.^{1, 3}

[Powrót](#)

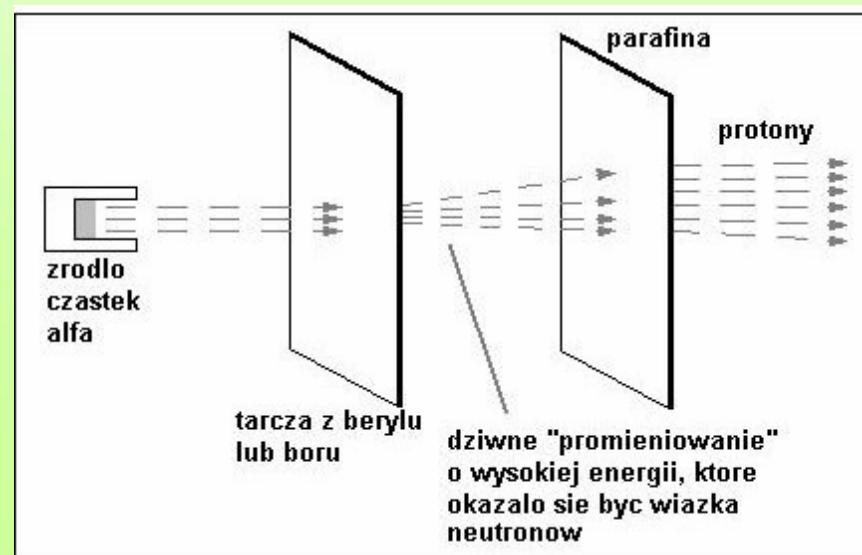
Patrick Maynard Stuart Blackett

- Blackett, współpracownik Rutherforda, powtórzył tę reakcję w komorze Wilsona. Jony utworzone przez naładowaną cząstkę stanowią zarodki kondensacji pary. Przy bocznym oświetleniu uwidoczniło tory cząstek uczestniczących w badanym procesie i utrwalono je na kliszy. Uwidoczniło bombardujące cząstki α , protony wytrącane z jąder azotu i jądra w które przekształcają się jądra azotu.
- Jądra, w które przekształcają się jądra azotu zidentyfikowano jako nieznaną dotąd izotop tlenu o $Z = 7$.¹



Dziwne promieniowanie

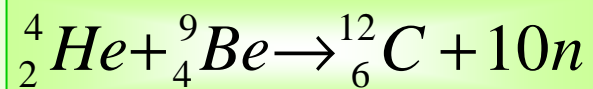
- W 1930 roku dwaj Niemcy: Walter Bothe i H. Becker bombardowali cząstkami alfa beryl ($_4^9\text{Be}$). Zaobserwowali emisję bardzo przenikliwego promieniowania, które nie jest odchylane w polu magnetycznym i może przenikać nawet przez kilkucentymetrową warstwę ołowiu. Przyjęto, iż jest to wysokoenergetyczne promieniowanie gamma.
- Niedługo później okazało się, iż, gdyby rzeczywiście odkryte promieniowanie, było kwantami gamma, musiałoby ono mieć energię znacznie większą od jakiegokolwiek obserwowanego do tej pory promieniowania gamma. Zauważono również, że promieniowanie to wybija z bloku parafinowego umieszczonego na jego drodze protony (Irena Joliot-Curie i Frederic Joliot-Curie).^{1, 26}



Odkrycie neutronu



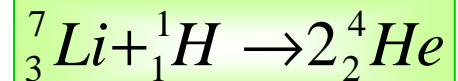
- W 1932 roku James Chadwick stwierdził, że obserwowane promieniowanie to obojętne cząstki o masie zbliżonej do masy protonu – nazwał je neutronami. Według niego w doświadczeniu przeprowadzonym przez Bothe i Beckera występuje następująca reakcja:



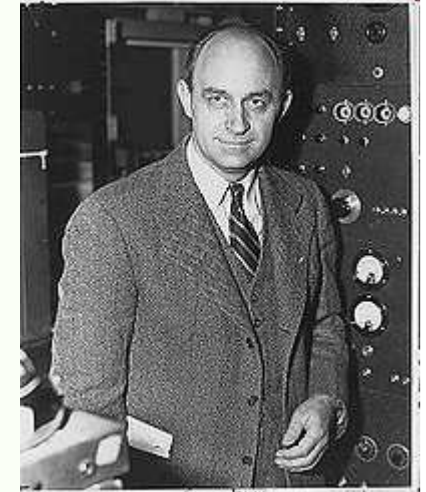
- Przez wiele lat na początku naszego wieku panowało przekonanie, iż atom składa się z dodatniego jądra, złożonego z pewnej liczby dodatnich protonów i mniejszej liczby ujemnych elektronów. Po odkryciu przez Chadwicka obojętne neutronu powstała nowa teoria, zgodnie, z którą w skład jądra atomowego wchodzi protony i neutrony - w liczbie podawanych wcześniej elektronów jądrowych. Tak więc teraz jądro deuteru składa się z jednego protonu i jednego neutronu.^{1-4, 6, 7, 19}

Protony pociskami

- W 1917 roku Rutherford ze współpracownikami zrealizował pierwszą przemianę jądrową, jako pocisków używając cząstek α .
- 15 lat później w Cambridge Rutherford oraz dwaj jego współpracownicy John Douglas Cockcroft i Ernest Walton, do wywołania przemiany jądrowej po raz pierwszy użyli jako pociski sztucznie rozpędzone protony. Bombardowali tarczę litową, z której wybiegały cząstki α .¹ Wywołali reakcję:



Enrico Fermi



- W 1934 roku Fermi sformułował teorię rozpadu β opartą na założeniu, że rozpad β jest wynikiem przemiany neutronu w proton wewnątrz jądra:
$${}_0^1n \rightarrow {}_1^1H + \beta^- + \bar{\nu}$$
- W 1935 roku Fermi, Amaldi Pontecorvo, Rasetti oraz Segre odkryli metodę wytwarzania neutronów.
- W okresie pomiędzy 1935 a 1938 rokiem, Fermi i jego współpracownicy, stwierdzili że kiedy szybkie neutrony przechodzą przez ośrodek zawierający wodór, ich prędkości ulegają zmniejszeniu, a powolne neutrony stają się efektywne w wywoływaniu reakcji jądrowych.
- Fermi bombardując neutronami różne pierwiastki otrzymał sztuczne radioizotopy. Odkrył jądrowe reakcje łańcuchowe (rozszczipanie jąder atomowych pod wpływem powolnych neutronów).^{1, 3, 8, 9 – 11}

[Powrót](#)

Pozyton

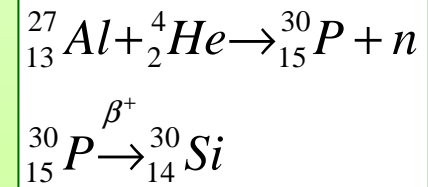
- W 1934 r. Frederic Joliot i Irene Joliot-Curie otrzymali w komorze Wilsona zdjęcie, na którym widać było tory elektronów o wielkiej energii, zakrzywione, jedne w jedną stronę, drugie w przeciwną. Zinterpretowali tę obserwację, że jedne z elektronów biegną w stronę źródła, a drugie w jego stronę. Podczas gdy te drugie były elektronami dodatnimi. W ten sposób ominęło ich odkrycie pozytonu.^{1, 13}
- W 1932 roku Carl Anderson w Stanach Zjednoczonych odkrył w promieniowaniu kosmicznym elektron dodatni. Wynik Andersona potwierdzili Blackett i Occhialini. Tuż po ogłoszeniu prac Joliotowie stwierdzili powstanie pozytonów, gdy fotony γ o wielkiej energii przenikają przez materię. Małżonkowie Joliot Curie wywnioskowali stąd, że w pewnych warunkach fotony znikają, wytwarzając parę elektron i pozyton.
- Nieco później Frederic wykazał istnienie również zjawiska przeciwnego – anihilacji pary negaton-pozyton z wytworzeniem dwóch fotonów γ .^{1, 13}



Powrót

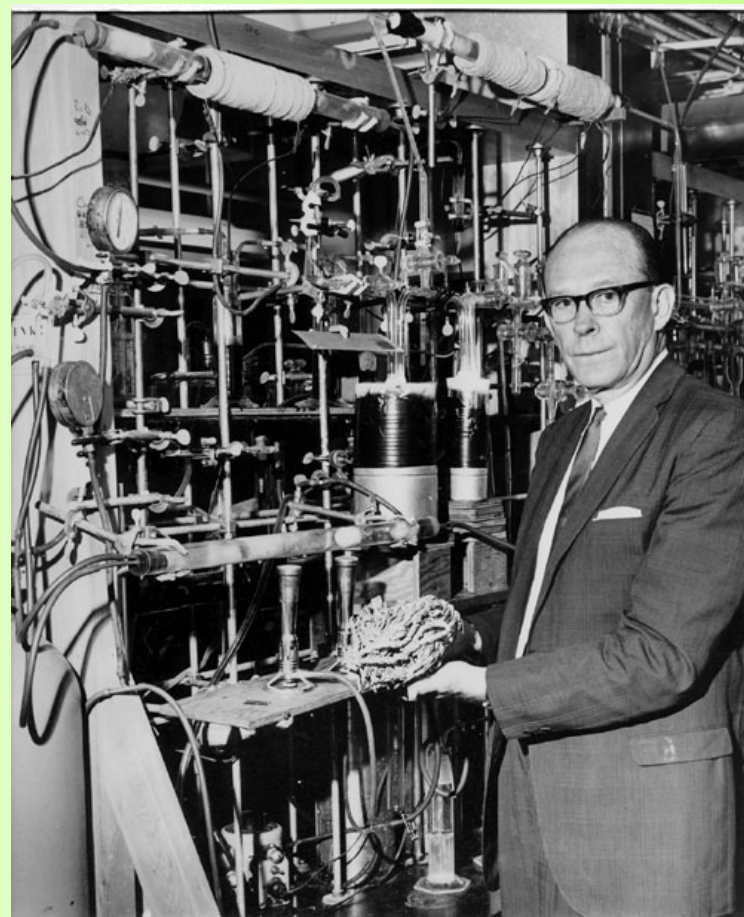
Sztuczna promieniotwórczość

- Joliotowie zaobserwowali emisję pozytonów, poza wyzwaniem neutronów, również podczas bombardowania cząstkami α pierwiastków lekkich: boru, magnezu, glinu. Usunąwszy następnie źródło promieni α , stwierdzili, że emisja pozytonów nie ustała, a jej natężenie zmniejsza się wykładniczo z czasem. Tym samym otrzymali po raz pierwszy sztucznie nowe nuklidy promieniotwórcze, które wysyłają pozytony.
- Odkryte zjawisko nazwano sztuczną promieniotwórczością.^{1, 22}



Willard F. Libby

- Libby szczególnie zainteresował się hipotezą Harkinsa o możliwości powstania radiowęgla z azotu: ${}^{14}_7N + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6C + {}^1_1p$
- Potwierdzenie hipotezy udało się dopiero w 1939 roku Serge Korff. Wybuch wojny przerwa te badania.
- Dopiero w 1946 roku Libby przedstawia mechanizm produkcji ${}^{14}C$ w atmosferze oraz dochodzi do wniosku, że materia żywa zawiera węgiel o stałym stosunku ${}^{14}C/{}^{12}C$.
- Opierając się na tym fakcie w 1947 roku Libby zaproponował metodę wyznaczania wieku przedmiotów pochodzenia biologicznego.
- Metoda Libby'ego znalazła szerokie zastosowanie w geologii, archeologii, antropologii, geofizyce, meteorologii, oceanografii i innych naukach.^{1, 27}



Powrót

1939 rokiem rozbicia jądra atomowego



Otto Hahn

- W 1939 roku Hahn i Strassmann rozbili uran przy pomocy bombardowania neutronami, otrzymując bar, co Lise Meitner i Otto Frisch słusznie rozpoznali jako podział jądra atomowego.



Fritz
Strassmann

- Szilard swój własny, pierwszy podział jądra przeprowadził razem z Walterem Zinnem 3 marca 1939 w MET Labs na Columbia University. Jako źródło neutronów służył, kupiony na kredyt, rad.²⁸



Lise Meitner



Otto Frisch

[Powrót](#)

Leon Szilard



- 2 grudnia 1942 Szilard i Enrico Fermi, wywołali pierwszą reakcję łańcuchową w reaktorze. Niezależnie od nich udało się to też Joliotowi (w Paryżu).
- Szilard naciskał na poufne traktowanie informacji o tych eksperymentach, zostały one opublikowane przez Joliota, a następnie również przez innych naukowców.
- Miało to bardzo poważne skutki. Już w 1945 roku nastąpiły wybuchy pierwszych bomb jądrowych nad Hiroszimą i Nagasaki.²⁸

Literatura

1. J. Hurwic, *Twórcy nauki o promieniotwórczości*, PWN, Warszawa 1989
2. W.B. Mann, S.B. Garfinkel, *Promieniotwórczość i jej badanie*, PWN, Warszawa 1966
3. M. Laue, *Historia fizyki*, PWN, Warszawa 1947
4. A.A. Czerwiński, *Energia jądrowa i promieniotwórczość*, OE, 1998
5. B. Goldsmith, *Geniusz i obsesja. Wewnętrzny świat Marii Curie*, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław 2006
6. G. Białkowski, *Stare i nowe drogi fizyki. Fizyka XX wieku*, Omega, Warszawa 1982
7. O. Oldenberg, N. C. Rasmussen, *Fizyka współczesna*, PWN, Warszawa 1970
8. R. Eisberg, R. Resnick, *Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych*, PWN, Warszawa 1983
9. M. R. Wechr, J. Richards, *Fizyka atomu*, PWN, Warszawa 1963
10. E. Skrzypczak, Z. Szeferkiński, *Wstęp do fizyki jądrowej i cząstek elementarnych*, PWN, Warszawa 2001
11. V. Acosta, C. L. Cowan, B. J. Graham, *Podstawy fizyki współczesnej*, PWN, Warszawa 1981
12. A. K. Wróblewski, *Wiedza i życie*, 4/1998
13. weglinski.fm.interia.pl/radioactive/index.swf
14. http://www.fizyka.umk.pl/phys/ZAKLADY/PDF/Pokazy_2006/18.html
15. http://library.thinkquest.org/28383/nowe_teksty/html/2_5.html

Literatura

16. http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/fizyka/c_fizyka_at_i_kw/biografie.html
17. http://library.thinkquest.org/28383/nowe_teksty/html/2_5.html
18. http://www.sciaga.pl/tekst/24279-25-budowa_lampy_rentgenowskiej
19. <http://atomistyka.pl/promien/odkrycia.html>
20. www.fuw.edu.pl/~neutrina/promieniowanie.html
21. http://www.fotohistoria.pl/main.php?g2_itemId=106180
22. <http://www.gutfiz.friko.pl/promieniotworczosc-pliki/reka.jpg>
23. <http://atomistyka.pl/promien/odkrycia.html>
24. http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/fizyka/c_fizyka_at_i_kw/index.html
25. <http://library.thinkquest.org/19662/high/pol/exp-rutherford.html>
26. http://library.thinkquest.org/28383/nowe_teksty/html/2_23.html
27. sunsite.berkeley.edu/.../libby_willard.html
28. A.K. Wróblewski, *Wiedza i życie*, Nr 8/1998
29. <http://www.wnt.if.pwr.wroc.pl/kwazar/mtk2/fizycy/117122/NOBEL.HTM>