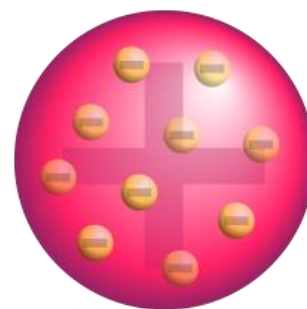


Doświadczenie Rutherforda. Budowa jądra atomowego.

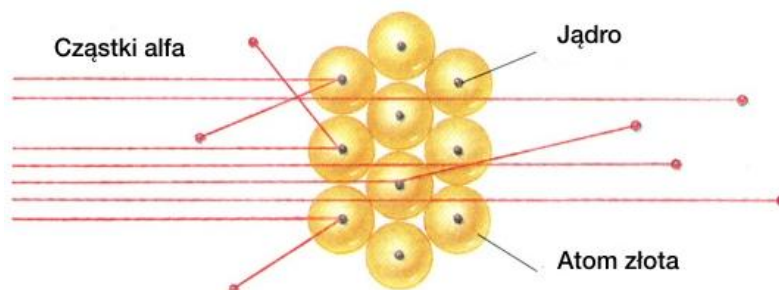
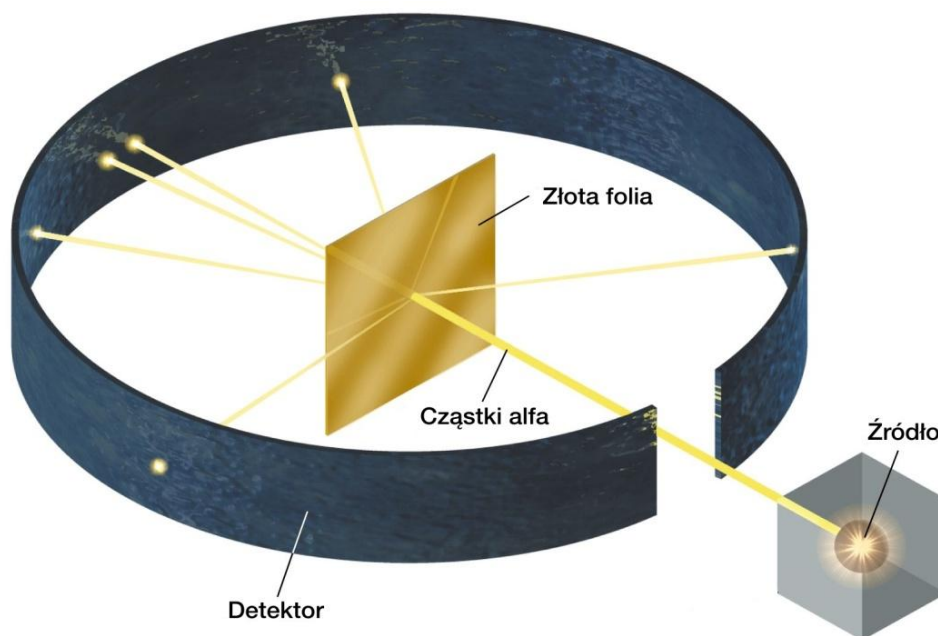
Rozwój poglądów na budowę atomu

Model atomu Thomsona - zwany także modelem "ciasta z rodzynekami". Został zaproponowany przez brytyjskiego fizyka J. J. Thomsona. Zgodnie z tym modelem każdy atom jest zbudowany z jednorodnej kuli naładowanej dodatnio, wewnątrz której znajdują się ujemnie naładowane elektrony. Praca Thomsona opisująca ów model została opublikowana w 1904 roku,



Model atomu planetarny - doświadczenie Rutherforda

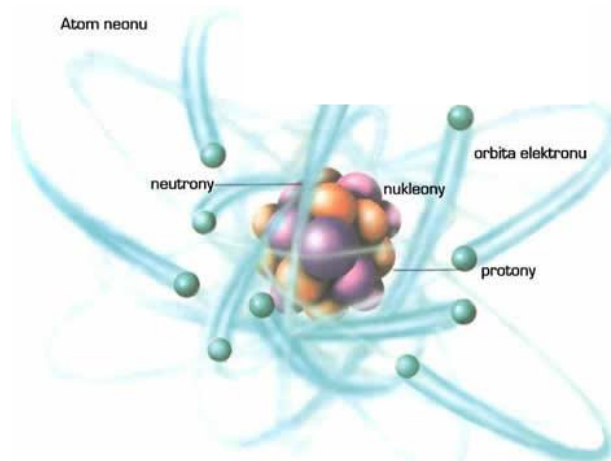
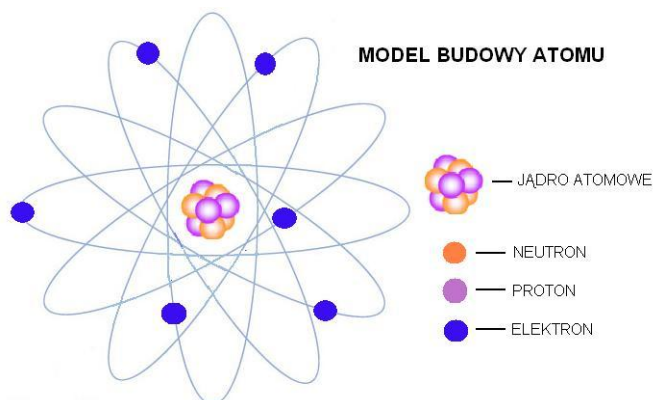
Celem eksperymentu Rutherforda było potwierdzenie teorii, że atomy są łatwo przenikalnymi, neutralnymi kulkami. W roku 1909 współpracownicy Rutherforda (Hans Geiger i Ernest Marsden) przeprowadzili badania nad rozpraszaniem cząstek alfa (${}^4_2\text{He}$) w cienkich foliach metalowych. W trakcie doświadczenia ciekłą folię złota, o grubości około 0.0004 mm (co odpowiadało warstwie o grubości około 400 atomów złota) bombardowali cząstkami alfa (ich źródłem był izotop polonu ${}^{214}_{84}\text{Po}$) o dużej energii. Oczekiwano, że naładowane cząstki alfa będą się przebijać na wprost przez folię i zostawią ślad na niewielkim wycinku ekranu ustawionego za folią. Wykonane pomiary pokazały, że co prawda większość cząstek alfa zachowała się zgodnie z przewidywaniami, ale niewielka ich część ulegała rozproszeniu pod kątem większym niż 90° (raz na około 20 tysięcy badanych cząstek!).



Właśnie fakt istnienia rozprożeń pod dużymi kątami, choć rzadkich, był tym co zadziwiło eksperymentatorów i samego Rutherforda. Jak stwierdził Rutherford: " *Było to równie nieprawdopodobne jak odbicie się piętnastocentymetrowego pociągu od kawałka papierowej bibułki i jego powrót do lufy...*

Zgodnie z modelem Thomsona wewnątrz atomu cząstka α nie powinna napotykać znacznego ładunku, który mógłby się przyczynić do takiego rozproszenia. Wyniki doświadczenia doprowadziły Rutherforda do wniosku, że rozproszenia pod dużymi kątami są spowodowane przez ładunek elektryczny o dużej wartości skoncentrowany w bardzo małej objętości wewnątrz atomu. Obecnie tę część atomu nazywa się jądrem atomowym.

Atom (w modelu Rutherforda) składa się jądra atomowego i powłoki elektronowej. Jądro o dodatnim ładunku skupia w sobie prawie całą masę atomu, mimo że rozmiar jądra jest bardzo mały (rzędu 10^{-15} m). Pomiędzy elektronami a jądrem działa siła dośrodkowa (siła kulombowska). Ładunek całkowity elektronów jest równy ładunkowi jądra (co do wartości bezwzględnej), tak że atom jako całość pozostaje elektrycznie obojętny.



Model Bohra budowy atomu (wodoru)

Jeżeli (zgodnie z modelem Rutherforda) elektrony krążą wokół jądra, to zgodnie z elektrodynamiką klasyczną musiałyby wypromieniowywać energię w postaci fali elektromagnetycznej, co natomiast prowadziłoby do tego, że elektron zamiast poruszać się „na orbicie” wokół jądra, poruszałby się po spirali i „spadał” na to jądro. Dodatkowo widmo promieniowania atomu powinno być widmem ciągłym a nie jak pokazywały eksperymenty widmem liniowym (dyskretnym). Podstawą modelu Bohra były trzy postulaty kwantowe (omówione w poprzednim dziale, tzn. Fizyka atomowa). Model Bohra pokonał trudności związane ze stabilnością atomu tkwiące w modelu Rutherforda oraz wyjaśnił liniowość widma promieniowania wodoru. Model ten uważa się za początek kwantowej teorii budowy atomu.

Podstawowe pojęcia związane z atomem i jego budową

1. Atom - najmniejsza część pierwiastka chemicznego zachowująca jeszcze jego właściwości. W części centralnej, zwanej jądrem, znajdują się protony i neutrony; zgromadzona jest w nim prawie cała masa atomu. „Promień” jądra jest około sto tysięcy razy mniejszy od „promienia” atomu. Wokół jądra atomowego krążą cząstki zwane elektronami.

- elektron – cząstka elementarna o ładunku ujemnym ($q_e \approx -1,6 \cdot 10^{-19} C$) i masie spoczynkowej $m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31} kg$
- proton – cząstka elementarna o ładunku dodatnim ($q_p \approx 1,6 \cdot 10^{-19} C$) i masie spoczynkowej $m_p \approx 1,672 \cdot 10^{-27} kg$
- neutron – cząstka elementarna elektrycznie obojętna, o masie spoczynkowej $m_n \approx 1,675 \cdot 10^{-27} kg$

W fizyce jądrowej jako jednostek masy używa się często jednostek umownych:

$$1 u (\text{unit}) \approx 1,66 \cdot 10^{-27} kg \Rightarrow m_e \approx 0,00055 u, \quad m_p \approx 1,00728 u, \quad m_n \approx 1,00866 u$$

2. Siły jądrowe - istnienie trwałych jąder atomowych wiąże się z koniecznością istnienia sił przyciągania pomiędzy nukleonami (protonami i neutronami znajdującymi się w jądrze atomowym); w przeciwnym razie jądro natychmiast rozpadłoby się na wskutek elektrostatycznego odpychania między protonami. Siłami tymi, nazwanymi jądrowymi, nie mogą być siły grawitacyjnego przyciągania pomiędzy nukleonami, gdyż są one około 10^{36} razy mniejsze od sił elektrostatycznych.

nego odpychania. Wynika stąd, że musi istnieć oddziaływanie, nazwane siłami jądrowymi, niespotykane w świecie makroskopowym. Właściwości sił jądrowych:

- krótkozasięgowość (około $2,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, tzn. tylko wewnątrz jądra atomowego),
- niezależność od ładunku elektrycznego nukleonu, tzn. oddziaływania między dwoma protonami, dwoma neutronami lub protonem i neutronem są takie same,
- są najsilniejszymi (spośród znanych) oddziaływań w przyrodzie (około 100 razy silniejsze od oddziaływań elektrostatycznych).

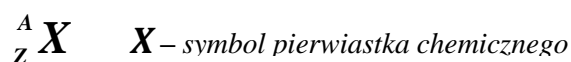
Według współczesnych poglądów oddziaływanie pomiędzy nukleonami w jądrze atomowym polega na wymianie między nimi cząstki zwanej mezonem π (o masie około 250 razy większej od masy elektronu).

3. Liczba atomowa Z - liczba protonów znajdujących się w jądrze atomowym, jest to jednocześnie numer porządkowy pierwiastka w układzie okresowym. Jeżeli atom jest elektrycznie obojętny, to jest to równocześnie liczba elektronów na powłokach elektronowych.

4. Liczba masowa A - łączna liczba protonów i neutronów (tzn. nukleonów) znajdujących się w jądrze. Liczba ta określa przybliżoną masę jądra w jednostkach umownych.

5. Izotopy pierwiastka - „odmiany” pierwiastka, mają takie same liczby protonów (taką samą liczbę atomową Z) a różne liczby neutronów (różne liczby masowe A); mają takie same właściwości chemiczne a różne fizyczne.

Symboliczny zapis izotopu:



Np. znane są następujące izotopy wodoru:



„Promień” jądra atomowego można oszacować z wzoru:

$$r_j = r_o \cdot \sqrt[3]{A} \quad r_o \approx 1,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Uwaga:

1. W roku 1897 (oficjalna data odkrycia) Joseph John Thompson odkrywa istnienie cząstki zwanej elektronem.
2. W roku 1909, podczas badania rozpraszania cząstek alfa na cienkiej folii złota (doświadczenie przeprowadzone przez współpracowników Ernesta Rutherforda, tzn. Hansa Geigera i Ernesta Marsdena) wykazało, że dodatni ładunek elektryczny w atomie jest umieszczony w bardzo małej objętości, zwanej jądrem atomu.
3. W roku 1919 Ernest Rutherford i James Chadwick odkryli proton.
4. W roku 1932 James Chadwick odkrył istnienie neutronu.
5. Na początku 2010 roku znane były dowody na istnienie 118 pierwiastków chemicznych.
6. Żaden z pierwiastków o liczbie atomowej powyżej 94 (począwszy od polonu) nie występuje naturalnie.
7. Znane są łącznie 272 izotopy stabilne (trwałe) różnych pierwiastków.
8. Znanych jest blisko 3000 izotopów niestabilnych (promieniotwórczych) różnych pierwiastków.
9. Istnienie izotopów pierwiastków odkrył w 1910 roku Frederick Soddy.

10. Pierwiastki o liczbie atomowej większej niż 26 (żelazo), powstają w przyrodzie podczas wybuchów tzw. supernowych.
11. Technet ($Z=43$) był pierwszym pierwiastkiem wytworzonym sztucznie przez człowieka z innych pierwiastków.
12. Za badania dotyczące promieniotwórczości Maria Skłodowska-Curie, Piotr Curie i Henri Becquerel otrzymali w roku 1903 Nagrodę Nobla (z fizyki).
13. W roku 1911 Maria Skłodowska-Curie otrzymała Nagrodę Nobla za wydzielenie czystego radu (z chemii).
14. W ciele człowieka znajdują się także izotopy promieniotwórcze pierwiastków, głównie $^{14}_6\text{C}$ i $^{40}_{19}\text{K}$.
15. „Promień” jądra atomowego można oszacować z wzoru:

$$r_j = r_o \cdot \sqrt[3]{A} \quad r_o \approx 1,5 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$