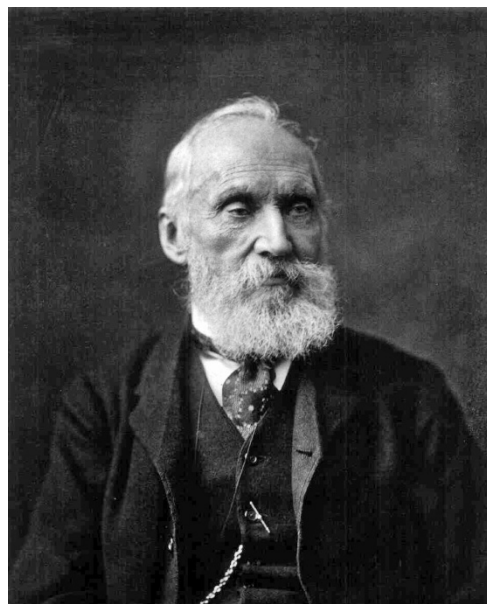


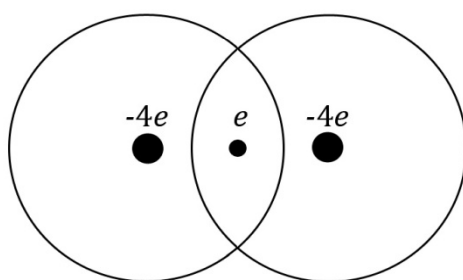
3.1. Model Kelvina-Thomsona – ciasto z rodzynkami

William Thomson (1824-1907) (Rysunek 3-6), który w 1892 roku uzyskał tytuł Lord Kelvin (4), był pierwszym uczonym, który wykorzystał nowoodkrytą cząstkę – elektron – do stworzenia modelu budowy atomu. Odkrywcą temperatury zera bezwzględnego i zjawiska magnetooporowego oraz twórca drugiej zasady termodynamiki (32) stwierdził swojego czasu: *"Dopóty jestem niezadowolony, dopóki nie potrafię zbudować modelu mechanicznego badanego zjawiska. Jeśli mi się to udaje – zjawisko rozumiem, jeżeli zaś nie – zjawisko pozostaje niezrozumiałym"*. (33)



Rysunek 3-6 - William Thomson, Lord Kelvin

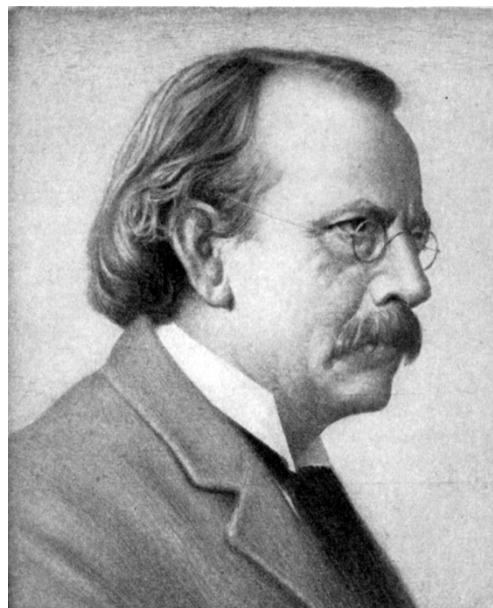
Rezultatem badań Kelvina nad promieniotwórczym polonem było powstanie w 1902 roku autorskiej teorii budowy atomów tego pierwiastka (34). Według poczynionych założeń, centralną część atomu polonu stanowiły cztery elementarne ładunki ujemne (Rysunek 3-7) (32). Jednostkowy ładunek dodatni spełniał zaś funkcje spoiwa łączącego atomy tego samego pierwiastka. Jego położenie w równej odległości od ładunków ujemnych gwarantowało, według Kelvina, silne połączenie obu atomów. Za niwelowanie dysproporcji w bilansie obu rodzajów ładunku odpowiedzialne były dodatkowe elementarne ładunki dodatnie poruszające się w całej objętości atomu, a które, w związku z promieniotwórczym charakterem polonu, były z niego z czasem emitowane. (35)



Rysunek 3-7 - Model budowy polonu według Lorda Kelvina

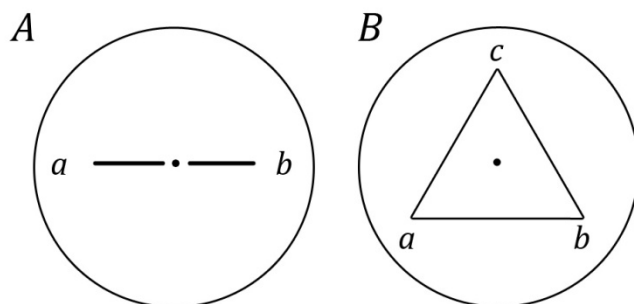
Teoria Kelvina posłużyła Josephowi Johnowi Thomsonowi za podstawę do dalszych rozważań na temat natury atomu.

Joseph John Thomson (1856-1940) (Rysunek 3-8), laureat nagrody Nobla z 1906 roku za badania nad przewodnictwem elektrycznym gazów i odkrycie elektronu, w 1904 roku zaproponował własną teorię budowy atomu (4). Opisywał on atom jako równomiernie naładowaną dodatnio kulę, wewnątrz której po orbitach poruszają się elektrony (Rysunek 3-9) (35). Aby zachować równowagę elektryczną atomu, całkowity ładunek ujemny elektronów musiał być równoważony przez odpowiedni ładunek dodatni kuli.



Rysunek 3-8 - Joseph John Thomson

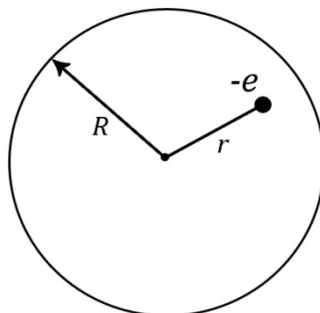
Thomson ściśle określił sposób ułożenia elektronów w atomie. Uważał, że jest ono zależne od ich ilości i ściśle symetryczne względem środka kuli. Zdaniem Thomsona, jeśli atom posiadał dwa elektrony, to musiały być one ułożone w linii prostej przechodzącej przez środek kuli. Przy trzech elektronach układ ten przyjmował kształt trójkąta równobocznego. Cztery lub większa liczba elektronów w atomie powodowałyby rozmieszczenie ich na wierzchołkach kolejnych wielokątów foremnych. Thomson określił na osiem górną granicę liczebności elektronów w atomie, przy której układają się one w jednej płaszczyźnie. W przypadku ich większej liczby, układ przyjąłby formę dwóch lub większej liczby wielokątów foremnych ułożonych na różnych płaszczyznach. W takiej sytuacji punkt przecięcia płaszczyzn był jednocześnie środkiem całego atomu.



Rysunek 3-9 - Ułożenie elektronów w modelu atomu Josepha Johna Thomsona: A - atom dwuelektronowy, B - atom trójelektronowy

W swoich rozważaniach na temat położenia elektronów w atomie Thomson zakładał ich statyczność wobec kuli ładunku dodatniego (5). Przyjmując zgodność zachowania się układu ładunków z ogólnie poznanymi prawami stwierdził jednak, że jeśli dostarczymy do układu energię, elektrony we wnętrzu kuli zaczną poruszać się wokół jej środka po orbitach wyznaczonych ich pierwotnym położeniem. W skutek tego ruchu pojawi się dodatkowa siła odśrodkowa, która wraz ze wzrostem prędkości elektronów w coraz większym stopniu będzie oddalać je od środka kuli, zwiększając w ten sposób orbitę ich obiegu. Elektrony opuszczą wnętrze kuli, aby ostatecznie poruszać się po orbitach wokół niej. W przypadku dostarczenia im odpowiednio dużej energii, elektrony oderwą się od układu i atom zostanie rozerwany.

Dokonując analizy matematycznej modelu Kelvina-Thomsona można wyznaczyć teoretyczne wymiary atomu dla układu jednoelektronowego (Rysunek 3-10) (35).



Rysunek 3-10 - Atom jednoelektronowy wg modelu Josepha Johna Thomsona

Natężenie pola elektrycznego wewnątrz równomiernie naładowanej kuli opisane jest wzorem:

$$E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{R^3} r \quad (0 \leq r \leq R)$$

gdzie E – natężenie pola elektrycznego, r – odległość od środka kuli, w której wyznaczone jest natężenie pola, e – ładunek kuli, R – promień kuli, ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni.

Na elektron znajdujący się w odległości r od środka kuli (położenia równowagi) (Rysunek 3-10) będzie więc działać siła F równa :

$$F = -kr = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{R^3} r$$

gdzie współczynnik $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{R^3}$ jest charakterystycznym parametrem siły zwrotnej, odpowiedzialnej za wykonywanie oscylacji przez ładunek wychylony z położenia równowagi. Częstość tych oscylacji wynosi:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{mR^3}}$$

gdzie m – masa elektronu

Przekształcenie wzoru na częstość pozwala wyznaczyć promień atomu modelu Kelvina-Thomsona:

$$R = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m\omega^2} \right)^{1/3}$$

W widzialnym zakresie widma światła, typowej długości fali $\lambda = 6000 \text{ \AA}$ (600 nm) odpowiada częstość około $\omega = 3 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$. Uzupełniając wzór odpowiednimi wartościami otrzymujemy ostateczną wielkość promienia atomu Kelvina-Thomsona:

$$R = \left(\frac{1,6^2 \cdot 10^{-38} \text{ C}^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 3^2 \cdot 10^{30} \text{ s}^{-2}} \right)^{1/3} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Analiza matematyczna proponowanego przez Thomsona układu przez moment uważana była za dowód jego prawdziwości, gdyż otrzymany wynik zgodny był, co do rzędu wielkości, z wynikiem oszacowanym w 1865 roku przez Josepha Loschmidta (1821-1895) na bazie kinetyczno-molekularnej teorii gazów. Model Kelvina-Thomsona tłumaczył także wiele zjawisk chemicznych i fizycznych, w tym jonizację, jako wytrącanie poza obręb atomu jednego lub kilku elektronów oraz emisję światła – jako skutek drgań elektronów (36).

Pomimo tych początkowych sukcesów model „ciasta z rodzynkami”, jak jest dziś nazwany, dość szybko został podważony przez wyniki dalszych badań.