

Przyjmijmy że elektron w atomie H (proton + elektron) porusza się wokół jądra po orbicie kołowej o promieniu R i obwodzie $2\pi R$. Zgodnie z **konceptcją de Broglie’a** elektronowi możemy przypisać falę o długości λ . Aby uniknąć (auto)interferencji destruktywnej fali związanej z elektronem (interferencja destruktywna to zjawisko, w którym fala po nałożeniu się z inną falą, powoduje jej osłabienie lub nawet całkowite wygaszenie), jej długość λ powinna zawierać się (całkowitą liczbę razy) w obwodzie okręgu, tzn. $2\pi R = n\lambda$ (gdzie $n = 1, 2, 3, \dots$). A więc:

$$L = pR = \frac{hR}{\lambda} = \frac{nhR}{2\pi R} = n\hbar$$

Oznacza to, że **orbitalny moment pędu** L elektronu powinien stanowić całkowitą wielokrotność zredukowanej stałej Plancka: $L = n\hbar$. Liczbę naturalną n nazwijmy **główną liczbą kwantową**. Ponieważ prawdziwe jest równanie: $L = pR = mvR = n\hbar$:

$$v = \frac{n\hbar}{mR}$$

Dla $R \rightarrow 0$, $v \rightarrow \infty$ a dla $R \rightarrow \infty$, $v \rightarrow 0$. Oznacza to, że im dalej elektron znajduje się od jądra tym ma mniejszą prędkość v i odwrotnie.

W MK rezygnuje się z pojęcia orbity jako nieskończenie wąskiej linii matematycznej na rzecz prawdopodobieństwa P znalezienia elektronu w pewnym punkcie przestrzeni wokół jądra. Rzeczywista wartość orbitalnego momentu pędu L elektronu w atomie H wynosi:

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$$

Liczbę całkowitą $l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$ nazywamy **poboczną (orbitalną) liczbą kwantową**. Poboczna liczba kwantowa l zależy od **głównej liczby kwantowej** $n = 1, 2, 3, \dots$ i może przyjąć jedną z n możliwych wartości. Uwaga! Elektron w atomie H w **stanie podstawowym** ($n = 1$) nie posiada orbitalnego momentu pędu ($L = 0$). Nie oznacza to jednak, że w stanie podstawowym (stan o najniższej energii całkowitej) elektron pozostaje w spoczynku względem jądra – jego funkcja falowa posiada symetrię sferyczną, co skutkuje po prostu zerowym orbitalnym momentem pędu. Dla $l \gg 1$ zachodzi $l+1 \approx l$. A więc

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \approx \sqrt{l^2}\hbar = l\hbar$$

Iloczyn $l(l+1)$ nazywamy **kwadratem kwantowym**. Kwadrat orbitalnego momentu pędu stanowi więc iloczyn **liczby pronicznej** $P_l = l(l+1)$ i zredukowanej stałej Plancka $\hbar$ podniesionej do kwadratu. Uwaga! Przymiotnik *orbitalny* nie nawiązuje do terminu orbita lecz **orbital**.

$$L^2 = l(l+1)\hbar^2 = P_l\hbar^2$$

Liczba proniczna P_l to iloczyn dwóch kolejnych liczb naturalnych i stanowi dwukrotną wartość **liczby trójkątnej** T_l , która jest sumą liczb naturalnych od 1 do l włącznie (**suma Gaussa**):

$$T_l = 1 + 2 + 3 + \dots + l = \frac{P_l}{2}$$

Pęd p jest wektorem (ma wartość, kierunek, zwrot i punkt przyłożenia). W związku z tym, również orbitalny moment pędu L jest wektorem ($L = pR$). Każdy wektor posiada składowe, a orbitalny moment pędu L nie powinien być wyjątkiem. **Zasada nieoznaczoności Heisenberga** pozwala jednak jedynie na jednoczesny pomiar L oraz jego rzutu na jedną z osi kartezjańskiego układu współrzędnych (umownie jest to oś pionowa z): składowe L_x oraz L_y po prostu nie istnieją! Orbitalny moment pędu L jest **skwantowany**. W związku z tym również jego rzut L_z jest **skwantowany** i może przyjmować jedynie dyskretne (stroboskopowe) wartości: $L_z = m_l\hbar$, gdzie $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm l$ to **magnetyczna liczba kwantowa** ($2l+1$ wartości: l ujemnych, l dodatnich i 0). Dolny indeks l podkreśla bezpośredni związek magnetycznej liczby kwantowej od pobocznej liczby kwantowej. Dla $l=1$: $L = \sqrt{2}\hbar$ i L_z może przyjąć jedną z trzech wartości: $L_z = -\hbar$, $L_z = 0$ lub $L_z = +\hbar$. Ile wynosi maksymalna wartość rzutu L_z ?

$$\max L_z = \max m_l\hbar = l\hbar$$

W związku z tym:

$$\frac{\max L_z}{L} = \frac{l\hbar}{\sqrt{l(l+1)}\hbar} = \frac{l}{\sqrt{l(l+1)}} = \frac{\sqrt{l^2}}{\sqrt{l(l+1)}} = \sqrt{\frac{l \cdot l}{l(l+1)}} = \sqrt{\frac{l}{l+1}} = \sqrt{\frac{l}{1+l}}$$

↓

$$\max L_z = L \sqrt{\frac{l}{1+l}}$$

Poza trywialnym przypadkiem ($l = 0$) dla $l \neq 0$ zachodzi nierówność $\max L_z < L$, tzn. składowa L_z wektora L jest zawsze mniejsza niż sam wektor. Oznacza to, że wektor orbitalnego momentu pędu L nie może być ustawiony równolegle do osi z kartezjańskiego układu współrzędnych (może być do niej prostopadły lub ustawiony pod $2l$ innymi kątami). Jedynie dla $l \gg 1$, $1 + l \approx l$ i $\max L_z \rightarrow L$, co potwierdza słuszność **zasady korespondencji**, która stwierdza, że fizyka klasyczna stanowi graniczny przypadek MK dla dużych wartości liczb kwantowych.