

# 1 Wstęp

## 1.1 Fizyka Klasyczna

Zwyczajowo, określa się, że fizyka klasyczna jest całym korpusem fizyki, opracowanym przed pojawieniem się fizyki kwantowej. Historycznie zatem, jest to fizyka opracowana przed XX wiekiem, opracowana przez Newtona, Leibniza, Maxwella, et. al.

- Mechanika - Newton + Leibniz + Lagrange + Hamilton
- Elektrodynamika - Maxwell
- Termodynamika
- Fizyka statystyczna

### 1.1.1 Mechanika

Cała mechanika opiera się na trzech prawach Newtona:

1.  $\vec{F} = m\vec{a}$
2.  $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$
3. Każda akcja ma przeciwną i równą reakcję.

Z tych praw wynika cała mechanika, wraz z alternatywnymi ujęciami, takimi jak równania Lagrange'a i Hamiltona.

### 1.1.2 Elektrodynamika

Cała elektrodynamika wywodzi się z równań Maxwella:

1.  $\nabla \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
2.  $\nabla \vec{B} = 0$
3.  $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
4.  $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

## 1.2 Widmo absorpcji

W momencie, gdy światło przechodzi przez gazową postać pierwiastka, a następnie pryzmat, światło zamiast rozszczepić się na wszystkie kolory, rozszczepia się na prawie wszystkie kolory, pozostawiając luki w spektrum. To zjawisko nazywane jest widmem absorpcji.

Wynika ono z zachowania elektronów w atomach pierwiastka, które po trafieniu przez foton, zmieniają swój stan energii, co powoduje zmianę długości fali światła i co za tym idzie luki w spektrum.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

To zjawisko dowodzi tego, że poziomy energetyczne elektronów są skwantyzowane, czyli dyskretne. Na podstawie tego zjawiska opracowano model atomu Bohra, w którym atomy znajdują się na dyskretnych orbitalach dookoła jądra atomu. Przejście między tymi stanami energii kosztuje energię.

Dla atomu i elektronu na orbitalu w odległości  $r$  od jądra atomu:

$$m \frac{v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

$$mvr = n\hbar \rightarrow \text{promieniowanie jest absorbowane}$$

$$\text{promieniowanie} \leftrightarrow \text{zmiana orbity}$$

### 1.3 Katastrofa w ultrafiolecie

Poszukiwania zdolności emisyjnej ciał, doprowadziły do powstania prawa Rayleigha-Jeansa:

$$f(\nu, T) = 2 \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

$$f(\lambda, T) = 2 \frac{ckT}{\lambda^4}$$

Zcałkowanie tego prawa, po całym zakresie częstości, daje nam nieskończenie dużą energię. To jest niemożliwe. Co więcej, w komorze, będącej ciałem doskonale czarnym, promieniowanie ultrafioletowe zgodnie z tym prawem powinno w nieskończoność wydzielać energię. To oczywiście nie było zgodne z obserwacjami. Tą sprzeczność nazwano katastrofą w ultrafiolecie.

### 1.4 Energia relatywistyczna

Energia cząsteczki w ruchu to:

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

## 2 Efekt Fotoelektryczny

W wyniku promieniowania fotonami, elektrony atomów pierwiastka są wyrzucane z atomu. Efekt ten jest wykorzystywany w praktyce w napędzaniu fotodiod i fotokomórek.

Energia fotonu zależy od charakterystyk fali, w tym długości fali  $\lambda$ :

$$E_f = h\nu = \hbar\omega = \frac{hc}{\lambda} = pc$$

Foton padając na materiał powoduje wyrzucenie elektronu naładowanego  $U$  z energią kinetyczną  $E_{k\max}$ . W wyniku tego procesu utracona zostaje energia w postaci pracy wyjścia  $W$ :

$$E_{k\max} = E_f - W = eU$$

Częstością progową nazywamy najniższą częstość  $\omega_0$ , dla której  $E_{k\max} = 0$ .

## 3 Zjawisko Comptona

W zjawisku Comptona foton padający na elektron zmienia kierunek i częstość. Efekt ten jest wykorzystywany w praktyce w analizie struktury atomów i molekuł.

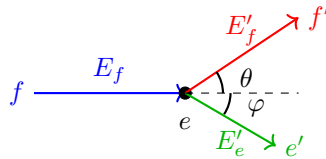


Diagram 1: Ilustracja zjawiska Comptona. Foton  $f$  ma długość fali  $\lambda$ .

W zjawisku zachowany jest pęd oraz energia, co wraz z równaniem Comptona:

$$(\lambda' - \lambda) \frac{m_e c}{h} = 1 - \cos \theta$$

Pozwala nam w istocie wyprowadzić wszystkie niewiadome w zjawisku.

$$p_f + p_e = p'_f + p'_e \Rightarrow \begin{cases} \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + p_e \cos \varphi \\ 0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta + p_e \sin \varphi \end{cases}$$

$$E_f + E_e = E'_f + E'_e \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + E'_e$$

## 4 Model Bohra

W modelu atomu Bohra, elektron porusza się wokół jądra wokół jednej z dyskretnych orbit. To też oznacza, że energia elektronu jest dyskretna lub zkwantowana.

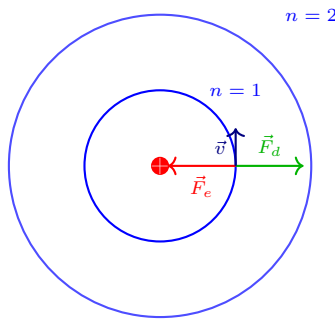


Diagram 2: Model Bohra atomu

Elektron na orbicie utrzymuje się w wyniku siły elektrostatycznej między elektronem a jądrem.

$$\frac{mv^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2}$$

$$mvr = n\hbar = n \frac{h}{2\pi}$$

Dla dowolnego ciała na orbicie:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

gdzie  $T$  jest czasem okresu orbity.

$$E_k = -\frac{E_p}{2}$$

Postulat Bohra:

$$\oint pdq = nh$$

## 5 Wzór Plancka

$$\langle E \rangle = \langle m h \nu \rangle = \langle m \rangle h \nu$$

Dla ciała doskonale czarnego:

$$\langle E \rangle = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{c}{\nu}$$

## 6 Zasada niepewności

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

gdzie, na przykład,  $\Delta x = \sigma(x)$ . Istotna jest jednak obserwacja, że dla  $\Delta x \rightarrow 0$ ,  $\Delta p \rightarrow \infty$ , i na odwrót.