

1. Efekt Comptona: wyprowadzić wzór na zmianę długości fali elektromagnetycznej rozpraszanej na elektronie.
2. Omówić oryginalne wyprowadzenie Maxa Plancka prawa promieniowania we wnęce

$$\rho(\omega, T) = \frac{1}{\pi^2 c^3} \frac{\hbar \omega}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1}, \quad (1)$$

gdzie  $k$  - stała Boltzmana,  $T$  - temperatura,  $\omega = 2\pi\nu$  - częstotliwość promieniowania,  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ .

3. Rozważyć wnąkę o pojemności  $V$  jako pojemnik fotonów i znaleźć rozkład energetyczny  $\frac{1}{V} \frac{dE}{d\omega}$  promieniowania ciała doskonale czarnego wychodzącego z wnęki:

$$\frac{1}{V} \frac{dE}{d\omega} = \frac{\hbar \omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1}. \quad (2)$$

Założyć, że liczba fotonów w stanie o energii  $E$  w temperaturze  $T$  wynosi (rozkład Bosego-Einsteina)

$$f_{BE} = \frac{1}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1}. \quad (3)$$

4. Znając spektralną dystrybucję promieniowania we wnęce o objętości  $V$ , równanie 2, wyprowadzić

- prawo Stefana-Boltzmana (całkowita energia promieniowania we wnęce o ściankach w temperaturze  $T$  jest proporcjonalna do  $T^4$ ),
- Prawo przesunięć Wiena

$$\lambda_{max} T = const,$$

$$\lambda_{max} = 2\pi c / \omega_{max}.$$

5. Użyć relacji de Broglie'a i pokazać, że

- Nie można zaobserwować własności falowych pyłka o średnicy  $1 \mu m$  i masie  $m \equiv 10^{-15}$  kg, poruszającego się z  $v \equiv 1$  mm/s,
- Neutrony termiczne,  $m \equiv 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg, w temperaturze 300 °K, mają długość fali porównywalną ze stałą krystaliczną (konsekwencje eksperymentalne?)
- Elektrony,  $m \equiv 0.9 \cdot 10^{-30}$  kg, przyśpieszane przy napięciu  $U$ , mają długość fali porównywalną z promieniowaniem X (przy napięciu kilkuset voltów).
- W akceleratorach używa się elektronów o energiach rzędu GeV. Jakiej długości fali odpowiada taka energia i jaką materię można w ten sposób badać (molekuły?, atomy?, nukleony?,...?)