

WSTĘP DO FIZYKI KWANTOWEJ I STATYSTYCZNEJ

Fizyka Techniczna, 2 rok, grupa 1, zestaw nr 2 (14.10.2025) - promieniowanie termiczne. Zadania dostępne na stronie <http://newton.fis.agh.edu.pl/~wiendlocha/>

1. Wyprowadzić wzór na liczbę możliwych poprzecznych fal stojących o częstotliwościach z przedziału $[\nu, \nu + d\nu]$ powstających w sześcienniej wnęce o boku a , przyjmując sztywne warunki brzegowe (znikanie fal na ściankach). (gęstość stanów dla fotonów).
2. Prawdopodobieństwo, że w temperaturze T w układzie fizycznym zrealizowany zostanie stan układu o energii E jest proporcjonalne do $\exp(-\beta E)$, gdzie $\beta = 1/k_B T$, k_B - stała Boltzmanna. Obliczyć średnią energię układu fal EM/fotonów, generowanych przez ciało doskonale czarne w temperaturze T , przyjmując, że (a) fala EM może mieć dowolną energię (rozkład ciągły, model klasyczny); (b) generujemy n fotonów o energii $h\nu$ każdy (rozkład dyskretny, model kwantowy).
3. Korzystając z wyników poprzednich zadań uzyskać klasyczne prawo promieniowania ciała doskonale czarnego (Rayleigha-Jeansa):

$$\rho(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} k_B T \quad (1)$$

gdzie $\rho(\nu)d\nu$ jest gęstością energii promieniowania c.d.cz. w przedziale częstotliwości $[\nu, \nu + d\nu]$. Wyjaśnić na czym polega tzw. *katastrofa w nadfiolecie*.

4. Korzystając z wyników poprzednich zadań zapisać kwantowe prawo promieniowania ciała doskonale czarnego (wzór na gęstość energii gazu fotonów zamkniętego w pudle) tzn. rozkład Plancka. Na czym polegało zasadnicze założenie, prowadzące do rozkładu Plancka, w porównaniu do teorii klasycznej?
5. Wyrazić prawo Plancka na rozkład widmowy gęstości energii c.d.cz.:

$$\rho(\nu)d\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/k_B T) - 1} d\nu \quad (2)$$

w funkcji długości fali zamiast częstotliwości.

6. Z prawa Plancka wyprowadzić prawo Stefana-Boltzmanna.
7. Z prawa Plancka wyprowadzić prawo przesunięcia Wiena.
8. Pokazać, że w granicy długofalowej z prawa Plancka wynika klasyczne prawo promieniowania Rayleigha-Jeansa, a w granicy krótkofalowej klasyczny wzór Wiena na rozkład widmowy promieniowania (czasem zwany drugim prawem Wiena, C - stałe):

$$\rho(\lambda) = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(C_2/\lambda T)} \quad (3)$$

9. Dysponujesz następującymi danymi doświadczalnymi: stała słoneczna $S = 1370 \text{ W/m}^2$ (ilość energii na sekundę jaką średnio otrzymuje 1 m^2 powierzchni Ziemi ustawiony prostopadle do promieni słonecznych), stała promieniowania ciała doskonale czarnego $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, średnica kątowa Słońca obserwowanego z Ziemi $\alpha = 32'$, odległość Ziemia-Słońce $R = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$. Traktując Ziemię i Słońce jako ciało doskonale czarne oblicz średnią temperaturę powierzchni Ziemi i Słońca oraz roczny ubytek masy Słońca na skutek promieniowania.

Bartłomiej Wiendlocha

7 października 2025