

XXIX OLIMPIADA FIZYCZNA (1979/1980). Stopień W, zadanie teoretyczne – T3-B.

Źródło:	XXIX – XXXI Olimpiada fizyczna.
Autor:	Andrzej Nadolny, Krystyna Pniewska
Nazwa zadania:	Prawo Kirchhoffa, zdolność emisyjna i absorpcyjna ciał.
Działy:	Fizyka kwantowa
Słowa kluczowe:	zdolność emisyjna, zdolność absorpcyjna, prawo Kirchhoffa

Zadanie teoretyczne T3-B, zawody stopnia wstępnego, XXIXOF.

Rozwiąż wybrane przez siebie dwa zadania spośród poniższych trzech:

Prawo Kirchhoffa głosi, że w stanie równowagi termodynamicznej stosunek zdolności emisyjnej $\varepsilon(\nu, T)$ ciała do jego zdolności absorpcyjnej $a(\nu, T)$ nie zależy od rodzaju ciała. Uodwodnij to prawo.

Wskazówka: Wykaż, że w przeciwnym wypadku otrzymałoby się sprzeczność z II zasadą termodynamiki.

Rozwiązanie

Zdolność emisyjna $\varepsilon(\nu, T)$ równa jest energii fal elektromagnetycznych emitowanych przez jednostkową powierzchnię ciała, w danej temperaturze T , w ciągu jednostki czasu i w jednostkowym przedziale częstotliwości fal. Oznaczmy przez $\varepsilon_p(\nu, T)$ energię padającą na jednostkową powierzchnię ciała pozostającego w stanie równowagi termodynamicznej z otoczeniem, w ciągu jednostki czasu i w jednostkowym przedziale częstotliwości fal. Zdolność absorpcyjna $a(\nu, T)$ określa, jaką część energii padającej na powierzchnię ciała zostaje pochłonięta.

Przyjmijmy, że dwa (lub więcej) ciała są zamknięte w pudle zwierciadlanym, tak że promieniowanie wysyłane przez nie jest odbijane wewnątrz pudła, dopóki nie zostanie pochłonięte.

W stanie równowagi gęstość promieniowania wewnątrz pudła jest w każdym punkcie taka sama i na jednostkową powierzchnię każdego ciała pada tyle samo promieniowania. Oznaczmy tę stałą ilość energii padającej jako $\varepsilon_p(\nu, T)$ (jak poprzednio, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, jednostkę czasu i jednostkę przedziału częstotliwości). Energia zaabsorbowana będzie, zatem wynosić $a(\nu, T) \varepsilon_p(\nu, T)$. Musi być ona równa energii wyemitowanej $\varepsilon(\nu, T)$, gdyż w przeciwnym przypadku ciało ogrzewałoby się lub oziębiało kosztem energii dopływającej z drugiego ciała. W stanie równowagi powstałaby więc różnica temperatur, co jest sprzeczne z II zasadą termodynamiki.

Zatem stosunek

$$\frac{\varepsilon(\nu, T)}{a(\nu, T)} = \varepsilon_p(\nu, T)$$

nie zależy od rodzaju ciała, czego należało dowieść.

Proponowana punktacja

0-5 pkt