

Małe h , wielka teoria

Ciało doskonale czarne charakteryzuje się tym, że całkowicie pochłania padające na nie promieniowanie. Za model ciała doskonale czarnego często bierze się dużą wnękę z jednym małym otworem, ściany wnęki są nieprzepuszczalne i mają wszędzie taką samą temperaturę. We wnęce znajduje się promieniowanie elektromagnetyczne oddziałujące ze ściankami i pozostające z nimi w równowadze termodynamicznej. Interesuje nas widmo tego promieniowania (które wydostaje się na zewnątrz przez otwór w jednej ze ścianek).

We wzorze podanym przez Rayleigha był początkowo błąd rachunkowy, który został sprostowany później przez J. H. Jeansa, dlatego też nazywa się ten wzór prawem Rayleigha–Jeansa.

$$h = 6,62606876(52) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Einstein twórcą teorii kwantów?

Ruchy Browna to chaotyczne drgania drobnych cząsteczek zawieszonych w cieczy lub w gazie. Ich wyjaśnienie przez Einsteina i Smoluchowskiego miało podstawowe znaczenie dla zrozumienia zakresu stosowalności teorii makroskopowych.

W fizyce przełomu XIX i XX wieku pojawiło się sporo faktów doświadczalnych będących w głębokiej sprzeczności z ówczesnymi teoriami. Jednym z takich faktów był kształt rozkładu promieniowania ciała doskonale czarnego. Ciało takie ogrzane do pewnej temperatury emituje promieniowanie elektromagnetyczne na wszystkich zakresach długości fali. Wzór Wiena na rozkład natężenia promieniowania $E(\lambda)$ jako funkcji długości fali promieniowania λ oparty na drugiej zasadzie termodynamiki, a w dokładniejszej jego wersji na sprawdzonym w termodynamice statystycznym rozkładzie prędkości cząsteczek w gazie, początkowo dobrze zgadzał się z wynikami doświadczalnymi. W 1900 roku pojawiły się nowe wyniki doświadczalne, które radykalnie zmieniły sytuację.

Interpretację tych nowych wyników podał już w tym samym roku J.W.S. Rayleigh. Biorąc za model ciała doskonale czarnego wnękę rezonansową, analizował on typy drgań pola elektromagnetycznego pozostającego w równowadze termodynamicznej ze ściankami wnęki. Zaproponowany przez niego wzór prowadził jednak do tzw. katastrofy w nadfiolecie – wynikało z niego, że całkowita wypromieniowywana energia liczona jako $\int_0^\infty E(\omega) d\omega$ jest nieskończona, co było oczywiście nieakceptowalne z fizycznego punktu widzenia. Wynik ten brał się z faktu, że dla dużych częstotliwości (stąd „nadfiolet”) coś dziwnego działo się we wzorze na $E(\omega)$.

Obserwowany kształt krzywej $E(\omega)$ wyjaśnił pod koniec 1900 r. Max Planck. Podobnie jak Rayleigh rozpatrywał on wnękę rezonansową i stosował wzór Boltzmanna (p. artykuł *Boltzmann i prawdopodobieństwo*, str. 6) na zależność entropii układu od liczby dopuszczalnych stanów. Planck wprowadził jednak jeszcze jeden dodatkowy element, który nijak się miał do obowiązujących czy nawet tylko hipotetycznie rozpatrywanych wtedy teorii fizycznych. Założył on, że część całkowitej wypromieniowywanej energii, przypadająca na jakiś jeden poszczególny atom drgający z częstotliwością ν , może być tylko wielokrotnością energii $h\nu$, którą Planck nazwał kwantem energii, a h enigmatycznie kwantem działania. Opierając się na tym postulatcie i rozważaniach statystycznych, otrzymał on ostateczny wzór na promieniowanie ciała doskonale czarnego. Przez porównanie tego wzoru na $E(\lambda)$ z danymi doświadczalnymi została wyznaczona wartość stałej h .

Stała Plancka h , razem z prędkością c światła w próżni, wartością ładunku elektrycznego elektronu e i stałą grawitacyjną G , jest uważana za podstawową i uniwersalną stałą przyrody. A dzień 14 grudnia 1900 roku, w którym Planck publicznie zaprezentował swoje rozważania, uważany jest za datę narodzin teorii kwantów.

E. Cz.

Albert Einstein, utożsamiany z niekwantową teorią względności i sporami o naturę mechaniki kwantowej, może być, obok Plancka, uważany także za twórcę teorii kwantów.

W 1905 roku Einstein opublikował trzy prace: jedna z nich jest wspomniana w artykule *Lorentz a przekształcenia Lorentza* (str. 5), są w niej zawarte podstawy szczególnej teorii względności. W pozostałych dwóch, równie przełomowych, Einstein analizował charakter ruchów Browna oraz zjawisko fotoelektryczne. Dla teorii kwantów fundamentalne znaczenie miało właśnie wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego.

Polega ono na tym, że światło padając na jakiś materiał, powoduje wybijanie z niego elektronów. Zaobserwowano, że dla każdej substancji istnieje pewna częstotliwość progowa ν_0 , taka że promieniowanie o częstotliwości mniejszej od ν_0 nie wywołuje emisji fotoelektronów, a dla częstotliwości wyższych od ν_0 maksymalna energia fotoelektronów zależy od różnicy $\nu - \nu_0$, a nie od natężenia padającego promieniowania. Wyniki te były sprzeczne z przewidywaniami opartymi na klasycznej falowej naturze światła. Ale są one dobrze wytłumaczone hipotezą, zgodnie z którą promieniowanie elektromagnetyczne jest strumieniem cząstek (nazwanych później fotonami), z których każda niesie energię $h\nu$.