

人間も黒体といえる。

### Wienの変位則の例

$$T \times \lambda_{\text{max}} = 2.88 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

温度 /K	最大波長	
300	9600 nm	赤外
1000	2900 nm	近赤外
3600	800 nm	近赤外
6000	480 nm	可視(青緑)
10000	290 nm	紫外
3	1 mm	ミリ波



シフト

宇宙背景放射

### 古典物理学による説明

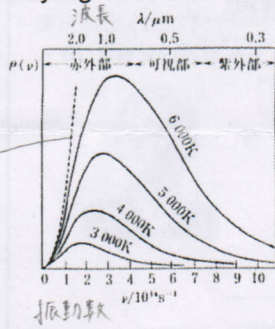
- Rayleigh-Jeans (レイリー・ジーンズ) の公式  
-  $\nu \sim \nu + d\nu$  の範囲にある輻射エネルギー

$$\rho(\nu) d\nu = kT \times \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu$$

k: Boltzmann (ボルツマン) 定数  
( $k = 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ )  
c: 光速 ( $c = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

### 古典物理学による説明

- Rayleigh-Jeans (レイリー・ジーンズ) の公式



$$\rho(\nu) d\nu = kT \times \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu$$

高振動数(紫外)の領域で  
実験とあわない  
**紫外外部破綻**

図1.2 黒体放射のエネルギー分布  $\rho(\nu)$   
\* 破綻は Rayleigh-Jeans の公式 (6000 K) による。

図の出自: 大野公一 量子物理化学

古典物理学

### Planck (プランク) の量子仮説

- Planck (1900)  
- 振動数  $\nu$  の振動子が持つエネルギーは  
離散的な値に限られる。

$$\epsilon = nh\nu \quad \text{エネルギーの量子化}$$

量子数  $n=0, 1, 2, \dots$   
 $h = 6.62607 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$   
Planck 定数



「やむをえない。我々は量子論を受け入れなければならない。  
しかも、それはもっとひろがるだろう。光学だけに限られず、  
あらゆる分野へひろがっていくだろう。  
我々はそれに耐えねばならない」  
(素粒子物理学をつくった人々)

平均エネルギー

### Planckの公式

- Planck (1900)

$$\rho(\nu) d\nu = \frac{h\nu}{e^{\beta h\nu} - 1} \times \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu$$

ただし  $\beta = 1/kT$

定数  $h$  をうまく選ぶことにより、  
どの温度の実測結果とも振動数の  
全領域にわたってぴったり一致

#### 量子論の必要性

量子論(前期量子論)と量子力学  
「論」とは違ふんです。(一語略)「論」は要するに論であって、いろんなことを言う。  
すると別の人があいつがあんなことを言うと言って議論する。「学」というのはもう  
出来とるわけやね。出来ていると認うわけやね。まずその枠組みがきちっと決まり、  
そしてその後適用範囲もわかってくるわけやね。その範囲内でうまく対応づけられてきて、  
ちゃんと教科書にも書いてある。(湯川秀樹 物理講義)

$h\nu \rightarrow \infty, \rho(\nu) d\nu \rightarrow 0$

### 黒体輻射についての問題

- 問1-1.  $h\nu/kT \ll 1$  のとき、Planckの公式はRayleigh-Jeans  
の公式に一致することを示せ。
- 問1-2. Wienは、熱力学に基づく推論から、パラメータ  $h, \beta$   
を含む次式を得た(1896)。  
$$\rho(\nu) d\nu = h\nu e^{-\beta h\nu} \times \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu$$
  
この式では紫外外部破綻は起こらず、振動数の高い領  
域で実測のスペクトルとよく合う。この式は、どのような  
極限でPlanckの公式と一致するか？
- 問1-3. Planckの公式の変数を  $\nu$  から  $\lambda$  に変換すると、  
どのように書けるか？