

量子力学の起源

- 古典力学の復習
- 古典物理学の破綻
 - エネルギーの量子化
- 波と粒子の二重性
 - 電磁放射線の粒子性
 - 粒子の波動性

熱力学 巨視的なものの性質
量子力学 個々の原子、分子の研究

個々の原子や分子の構造の理解



粒子の力に対する応答の把握

19世紀まで

原子や粒子の運動 ← 古典力学の法則

1920年代 量子力学の登場

古典力学

2つの方程式

1. 全エネルギー一定(外力がない)
2. 粒子に働く力に対する応答

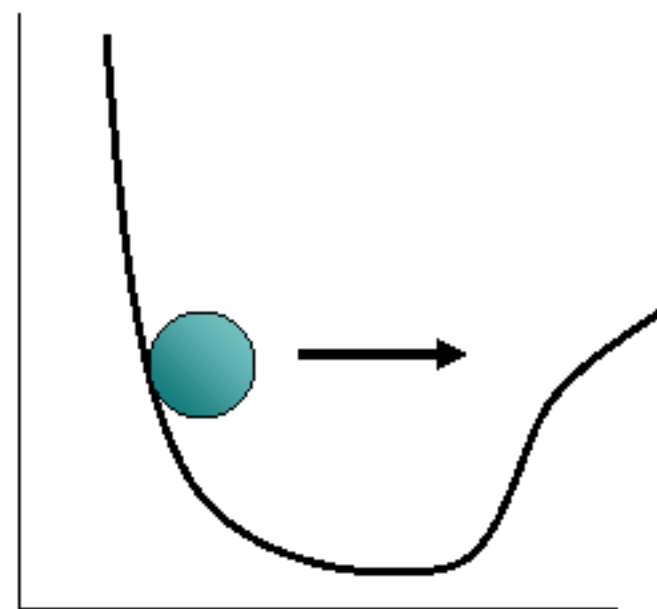
1. 粒子の全エネルギー E は、 $E = E_k + V(x)$

E_k : 運動エネルギー $V(x)$: ポテンシャルエネルギー

力 F は、 $F = -\frac{dV}{dx}$ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

2. ニュートンの運動方程式

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F \quad E_K = \frac{F^2 \tau^2}{2m}$$



古典物理学の破綻

1. 黒体(空洞)放射

電磁波のエネルギーの波長依存性

一般、物質や表面状態によって変わる。

理想的な放射体 $\longrightarrow$ 黒体
温度だけに依存する

ウィーンの変位法則 $T\lambda_{max} = \frac{1}{5}c_2$

シュテファン-ボルツマンの法則

エネルギー密度 $\varepsilon = aT^4$ $\lambda = c/\nu$

レイリー—ジョーンズの法則 $d\varepsilon = \frac{8\pi kT}{\lambda^4} d\lambda$

紫外外部破綻

プランク分布 $d\varepsilon = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \left(\frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \right)$

プランク定数 $k\beta = h$

$$E = nh\nu \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

エネルギーの量子化

離散的

熱容量

原子の振動

モル定容熱容量

3R

アインシュタインの式

$$C_{V,m} = 3Rf^2 \quad f = \frac{\theta_E}{T} \left(\frac{e^{\theta_E/2T}}{e^{\theta_E/T} - 1} \right)$$

アインシュタイン温度 $\theta_E = h\nu/k$

デバイの式

$$C_{V,m} = 3Rf \quad f = 3 \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{\theta_D/T} \frac{x^4 e^x}{(e^x - 1)^2} dx$$

光エネルギーの量子化

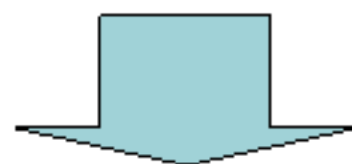
$$E = nh\nu \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

プランク定数 h 振動数 ν

光のエネルギーは $h\nu$ 単位のとびとびの値を取る

光のエネルギーは、1個、2個と数えられる小さな固まり、
いわば「粒」のようなもの

ひと固まりとして考えられる小さな単位量



量子

光エネルギーでは $h\nu$