

# 物理学演習II 第10回 Schrödinger 方程式

2016年12月9日 担当：佐藤 純

## 問題1 [波を表す式, Schrödinger 方程式]

(1-1)  $y = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$  のグラフを描け.

(1-2)  $y = x^2$  と  $y = (x-3)^2$  のグラフを重ねて描き, これら2つのグラフの関係を述べよ.

(1-3) 時刻  $t = 0$  の波形が  $y = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$  で表される波が, 速度  $c$  で  $x$  軸の正方向に進んでいるとき, 時刻  $t$  における波形を表す式を書け.

(1-4) 波の波長  $\lambda$ , 速度  $c$ , 振動数  $\nu$  の間に成り立つ関係式を求めよ.

(1-5) 波の波数  $k$  と, 角振動数  $\omega$  を,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \omega = 2\pi\nu$$

で定義する. これを使って (1-3) で求めた波の式を書き直せ.

(1-6)  $f(x) = e^{ax}$  とするとき,  $f'(x)$  を求めよ.

(1-7)  $f(x) = \cos x + i \sin x$  とするとき,  $f'(x) = if(x)$  を示せ.

(1-8) 波動関数を

$$\psi(x, t) = Ae^{i(kx - \omega t)}$$

とする. 偏微分  $\frac{\partial \psi}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial \psi}{\partial t}$  を計算せよ.

(1-9) 粒子性と波動性をつなぐ式

$$E = h\nu, \quad p = \frac{h}{\lambda}$$

を使って,

$$E = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}, \quad p = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$$

を示せ.

(1-10) 質量  $m$  の粒子が運動量  $p$  で運動しているとき, その運動エネルギーを求めよ.

(1-11) 質量  $m$  の粒子がポテンシャル  $V(x)$  の中で運動量  $p$  で運動しているとき, 粒子の全エネルギーは  $E = \frac{p^2}{2m} + V(x)$  と書けることから, Schrödinger 方程式

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(x, t) = \left( -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) \right) \psi(x, t)$$

を導け.