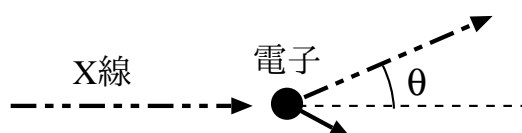


# 物理学演習 B [発展コース] 問題

担当 栗本 (krmt@sci.u-toyama.ac.jp)

## 量子力学の基礎

1. 古典物理学では説明できないが量子力学では説明できる現象を2つ挙げ、その詳細について説明せよ。ただし、対象は物理学科で量子力学を修得した者とする。
2. あるレーザーポインターからは波長  $\lambda$  [m] の光が出力  $P$  [W] で放出される。このレーザーポインターから1秒間に放出される光子の数を求めよ。また、このレーザー光を真正面から浴び、それを全て完全反射しているときに受ける力の大きさを求めよ。
3. 静止している電子(質量  $m$ ) に波長  $\lambda$  の X 線を照射した。入射方向に対して角度  $\theta$  の方向に散乱された X 線の波長を  $\lambda'$  とするとき、 $\lambda' - \lambda$  を  $m$  と  $\theta$  の関数として表せ。ただし、電子の運動は非相対論的に扱うものとし、 $(\lambda' - \lambda)^2$  は無視できるものとする。



4. 1次元だけで考える。粒子の波動関数が  $Ae^{-(k/2)(x-c)^2}$  ( $A, k > 0, c$  は実数の定数) で与えられている時,
  - (a) 規格化条件から  $A$  を求めよ。
  - (b)  $x$  の期待値  $\langle x \rangle$  を求めよ。
  - (c)  $(x - \langle x \rangle)^2$  の期待値  $\langle (\Delta x)^2 \rangle$  を求めよ。
  - (d) 運動量の期待値  $\langle p \rangle$  を求めよ。
  - (e)  $(p - \langle p \rangle)^2$  の期待値  $\langle (\Delta p)^2 \rangle$  を求めよ。
  - (f)  $\sqrt{\langle (\Delta x)^2 \rangle \langle (\Delta p)^2 \rangle}$  を求めよ。
5. 3次元の球座標で、波動関数が  $Ne^{-r/a}$  の場合,
  - (a) 規格化条件から  $N$  を求めよ。
  - (b)  $r$  の期待値を求めよ。
  - (c) 粒子が  $r \leq a$  に存在する確率を求めよ。
  - (d) 粒子が  $r > a$  に存在する確率を求めよ。
6. デイラックの  $\delta$  関数に関する以下の性質が成立することを示せ。
  - a)  $\delta(x) = \delta(-x)$
  - b)  $x\delta(x) = 0$
  - c)  $\delta(ax) = \frac{1}{|a|}\delta(x)$  ( $a$  は0でない実数定数)
  - d)  $x\delta'(x) + \delta(x) = 0$