

## 2020 年度大学院博士前期課程冬季入学試験問題「物理学 II」

[1] 以下の問いに答えよ。結果だけでなく、求め方や計算の過程も示すこと。プランク定数を  $h$ ,  $\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$  とする。

$V_0 > 0$  として式 (1) で表される一次元ポテンシャルに  $x < 0$  の領域から正の向きに、質量  $m$ , エネルギー  $E$  の量子論的自由粒子が入射する。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ V_0 & (x \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

$E = 2V_0$  の粒子が入射するとき

問 1 透過率を求めよ。

問 2 古典論的粒子の場合には透過率がどうなるか答えよ。計算の必要はない。

$E = \frac{1}{2}V_0$  の粒子が入射するとき

問 3 反射率を求めよ。

問 4  $x \geq 0$  における粒子の存在確率密度を、 $x = 0$  で 1 とする  $x$  の関数として表わし、おおまかに図示せよ。

## 2020 年度大学院博士前期課程冬季入学試験問題「物理学 II」

[2] 以下の問いに答えよ。結果だけでなく、求め方や計算の過程も示すこと。ボルツマン定数を  $k$  とする。

大きさが  $\frac{1}{2}$  のスピン  $N$  個からなるスピン系が一様な磁束密度  $B$  の磁場中に置かれていて、外界から孤立している。各スピンは磁場に平行あるいは反平行の向きのみが許されており、それぞれ、磁場に平行なスピンは  $-\mu B$ 、反平行なスピンは  $+\mu B$  のエネルギーをもつ。ここで、 $\mu$  は磁気モーメントの大きさである。いまこの系において、磁場に平行なスピンの数が  $\frac{1}{2}(N+L)$  個、磁場に反平行なスピンの数が  $\frac{1}{2}(N-L)$  個あるとする。

問1 系の全エネルギー  $E$  と磁化  $M$  を求めよ。

問2 この系の状態数  $W$  を求めよ。

問3 この系のエントロピー  $S$  を求めよ。ただし、 $N \gg 1$  のときに成り立つ近似式  $\ln N! \approx N \ln N - N$  を用いること。

いま、熱力学量  $T$  を

$$\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial E}$$

と定義する。

問4 系の全エネルギー  $E$  を  $T$  の関数として表せ。

問5  $B \rightarrow 0$  で磁化率が  $\chi = \frac{N\mu^2}{kT}$  になることを示せ。