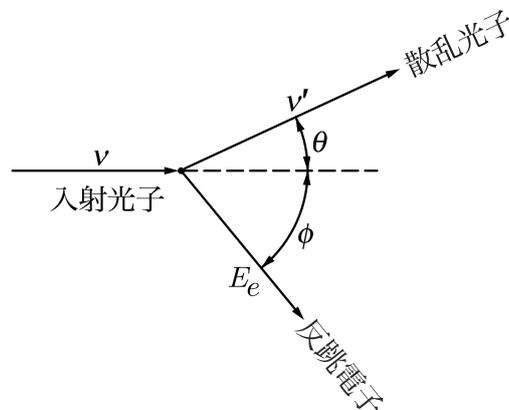


2008年度
理学研究科 博士課程前期課程 物理学専攻
入学試験問題（物理学）

[注意]

- ・大問は5題。全ての問題に解答すること。
- ・解答は全て解答用紙に記入し、大問1問につき解答用紙1枚を使用すること。

I. 図に示すように、振動数 ν の光子が静止している自由電子（質量 m ）と衝突する二体問題を考える。衝突後、光子は振動数 ν' をもって入射方向に対し角度 θ で散乱され、また電子は運動エネルギー E_e をもって角度 ϕ 方向へ反跳される。電子は相対論的エネルギーを持つとして、以下の設問に答えよ。ただしプランク定数を h 、光速を c とする。



図

1. この衝突におけるエネルギー保存則を書け。
2. 入射光子および散乱光子それぞれの運動量を書け。
3. 反跳電子の運動量 p_e を E_e を用いてあらわせ。
4. この衝突における運動量保存則を、光子の入射方向および垂直方向について書け。
5. 散乱光子がもつ最大および最小エネルギーを求めよ。

II. 真空中の以下の図のような領域に、電荷が一様に分布している。その体積電荷密度を ρ 、真空中の誘電率を ϵ_0 として、以下の設問に答えよ。

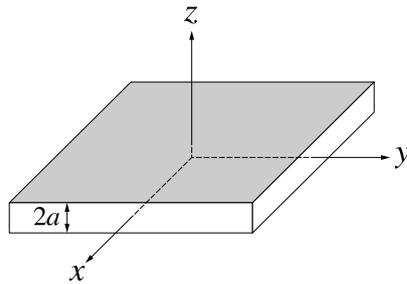


図 (a) x, y 軸の正負方向に無限に伸びている厚さ $2a$ の平板状の領域。厚さ方向の中心は $z = 0$ にある。

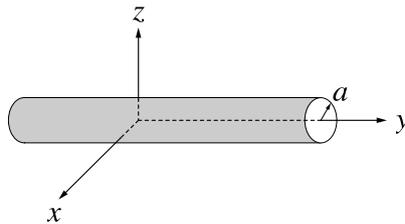


図 (b) y 軸の正負方向に無限に伸びている半径 a の円柱状の領域。中心軸は y 軸上にある。

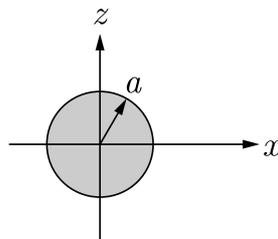


図 (c) 原点を中心とする半径 a の球状の領域。

1. 図 (a), (b), (c) に示された領域とそのまわりの空間について、 z 軸上の電場 $E(z)$ を求めよ。
2. 図 (a), (b), (c) に示された領域とそのまわりの空間について、 $E(z)$ を配布したグラフ用紙に示せ。グラフの縦軸、横軸には目盛りを入れ、 z の範囲は $-3a \sim +3a$ とせよ。

III. 以下の 1 次元ポテンシャル中での質量 m , エネルギー E の粒子を量子論で取り扱う。

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (|x| \leq a) \\ V & (|x| > a) \end{cases}$$

ここで , ポテンシャルは $V \rightarrow \infty$ の極限を考える。以下の設問に答えよ。

1. $|x| \leq a$ におけるエネルギー固有値方程式を書け。
2. $|x| \leq a$ における規格化された固有関数とエネルギー固有値を求めよ。

IV. 角振動数 ω の 1 個の 1 次元調和振動子を量子論で取り扱う。以下の設問に答えよ。なお , ボルツマン定数を k_B とせよ。

1. この系の絶対温度 T での分配関数 (状態和) を求めよ。
2. 問 1 で求めた分配関数 (状態和) を用いて平均エネルギーを求めよ。
3. 低温極限 $T \rightarrow 0$ と高温極限 $T \rightarrow \infty$ における平均エネルギーの振る舞いを求め , その物理的理由を説明せよ。

V. 以下の設問に答えよ。

1. 以下の式で求められる物理量 F がある。

$$F = \frac{3d^2e}{2abc^3}$$

ここで a, b, c, d, e は測定値であり , それぞれ独立な $\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta d, \Delta e$ の測定誤差を含むものとする。物理量 F の誤差 ΔF を求めよ。

2. 放射性同位元素 ^{60}Co から放射される β 線の信号数を測定したところ , 1 秒あたり 500 個だった。以下の設問に答えよ。
 - a. 60 日後に同じ測定を行った場合に予想される 1 秒当たりの信号数を求めよ。 ^{60}Co の半減期を 2000 日とし , 必要であれば以下の値および近似式を用いて良い。 $\ln 2 \cong 0.693$
 $\exp(-x) \cong 1 - x \quad (x \ll 1 \text{ の時})$
 - b. 上で求めた 60 日後に予想される信号数が , 現在の信号数と比べて「減少した」と判断するためには , 何秒以上計数する必要があるか。ただし , その判断基準を明記すること。