

令和5年度入学試験問題(後期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、**①**から**③**までの3問題が印刷されていて、合計6ページある。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA-1～A-3を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

【解答上の注意】

1. 解答の式には、問題文の指定の記号等のほか、必要な数値や問題文および図中の記号を含めても差し支えない。

1 質量 m 、電荷 $-q$ ($q > 0$) の荷電粒子が、真空の領域で、水平方向に速さ v_0 で運動を始めたとする。この領域には、一様で大きさ E の電場(電界)と一様で磁束密度の大きさ B の磁場(磁界)を加えることができるようになっており、鉛直下向きに重力がはたらいっている。ここで、重力加速度の大きさを g とし、円周率を π とする。なお、以下の問中の図では、領域の水平面を xy 面、鉛直方向を z 軸としている。

問 1 電場と磁場の大きさが 0 で、荷電粒子にはたらく力が重力のみであるとき、荷電粒子は図 1 のように放物運動をする。

- (1) 荷電粒子が鉛直方向に h だけ降下したとき、降下するのに要した時間 t を、 h を含む式で答えなさい。
- (2) 水平方向に移動した距離 l を、 v_0 と h を含む式で答えなさい。

問 2 領域に鉛直下向きの一様な電場を加えると、図 2 のように荷電粒子を水平方向に直線運動させることができる。つり合いの関係から、そのときの電場の大きさ E_1 を、 q を含む式で答えなさい。

問 3 問 2 のつり合いの状態、鉛直上向きの一様な磁場を加えた場合、荷電粒子は図 3 のように水平面内で円運動をする。

- (1) このときの円運動の半径 R を、 v_0 、 q 、 B を含む式で答えなさい。
- (2) 1 周するのにかかる時間 T を、 q と B を含む式で答えなさい。

問 4 領域の電場を 0 とし、鉛直上向きの一様な磁場を加えた場合、荷電粒子は図 4 のように半径 R のらせん状の運動をする。

- (1) 荷電粒子が鉛直方向に h だけ降下したときの速さ v を、 v_0 と h を含む式で答えなさい。
- (2) 荷電粒子が鉛直方向に $2R$ 降下するまでの時間が t 、荷電粒子がらせん状の運動の中心軸まわりに 1 周するのにかかる時間が T であるとき、それらの比 $\frac{t}{T}$ を P とする。このとき、比電荷 $\frac{q}{m}$ を、 P 、 v_0 、 B を含む式で答えなさい。

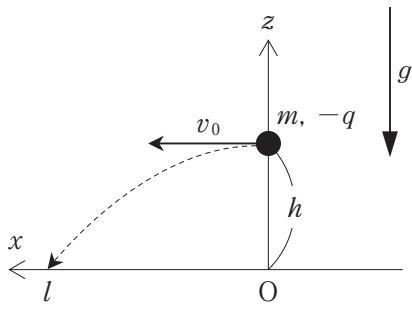


图 1

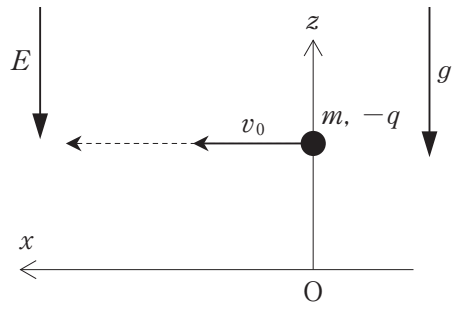


图 2

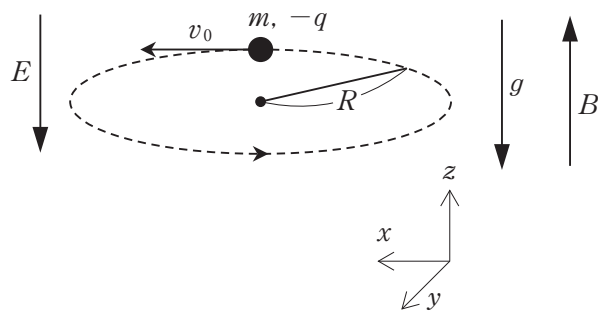


图 3

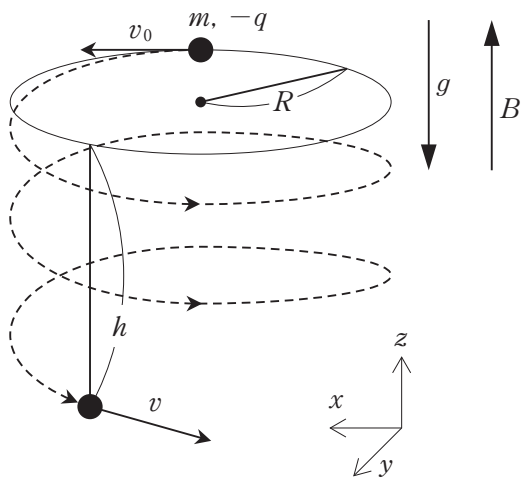


图 4

- 2** 光は異なる物質の境界で屈折するため、水中にある物体は、水面下の実際の深さよりも浅いところにあるように見える。空気，水，油の屈折率をそれぞれ 1 ， $\frac{4}{3}$ ， $\frac{3}{2}$ とし、以下の問いに答えなさい。

問 1 図 1 に示すように、水面上の点 A より深さ D [cm] の水中にある、物体 B (白色の矢印) を上から見た場合を考える。物体 B から出た光は、水面上の点 O を通り入射角 θ_1 ，屈折角 θ_0 で進む。ここで、 θ_0 および θ_1 は十分小さく、 $\tan \theta_0 \simeq \sin \theta_0$ ， $\tan \theta_1 \simeq \sin \theta_1$ が成り立つ。

- (1) θ_0 と θ_1 の間に成り立つ関係式を答えなさい。
- (2) 点 A の真上近くから水中にある物体 B を見たときの見かけの深さを、 D [cm] を用いて答えなさい。

問 2 つぎに、図 2 に示すように、水面上に厚さ 5.0 cm の油の層を作り、油面上の点 C より深さ d [cm] の水中に物体 B を置いた。

- (1) 物体 B を点 C の真上近くから見た場合、物体 B は実際の深さよりも、どれだけの長さ浮き上がって見えるか。深さ d [cm] を用いて答えなさい。
- (2) さらに、図 3 に示すように、油面から上方 5.0 cm のところに焦点距離が 10.0 cm の凸レンズを置いた。凸レンズによって物体 B の実像が生じるとき、深さ d [cm] が超えていなければならない長さを答えなさい。

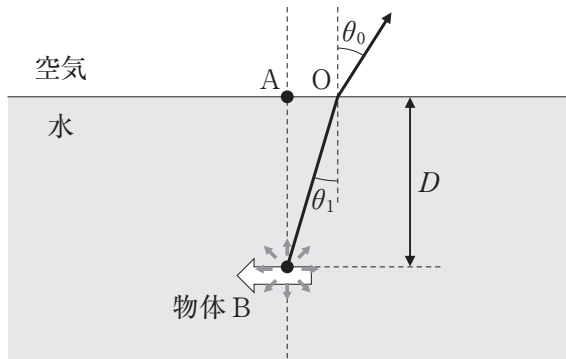


图 1

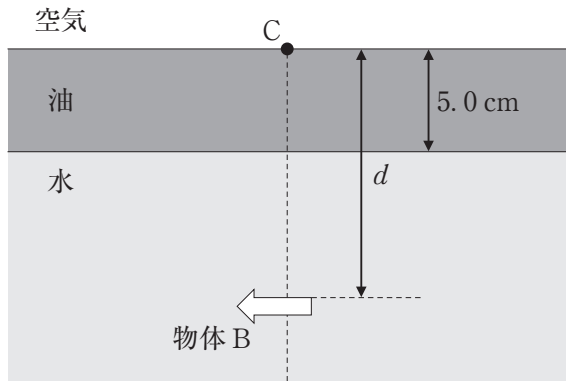


图 2

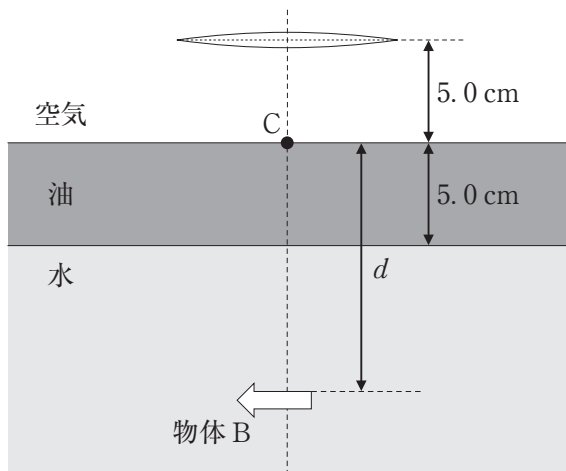


图 3

3 原子や X 線・ γ 線について、以下の問いに答えなさい。プランク定数を h 、真空中の光速を c とする。

問 1 セシウム放射性同位体 $^{137}_{55}\text{Cs}$ は β 崩壊する。Cs の原子番号は 55 である。 $^{137}_{55}\text{Cs}$ が β 崩壊を起こした後にできる原子核について、陽子の数と質量数を答えなさい。

問 2 $^{137}_{55}\text{Cs}$ の β 崩壊の半減期を 30 年として、 $^{137}_{55}\text{Cs}$ の数が N から $\frac{N}{16}$ となるまでに何年かかるかを答えなさい。

問 3 $^{137}_{55}\text{Cs}$ はまた、 β 崩壊の後に続けて 1 個の γ 線光子を放出する放射性崩壊をすることが多い。 γ 線も X 線や可視光と同様に電磁波である。放出される γ 線光子のエネルギーを E として、この γ 線の波長を答えなさい。

問 4 問 3 の γ 線を X 線回折と同様の方法で、図 1 のように結晶面(格子面)の間隔が d の結晶に入射させたところ、入射線と結晶面が、0 でないある角度 θ をなすとき、反射線が強く現れた。 γ 線も X 線の場合と同様にブラッグの条件(ブラッグの反射条件)を満たしたときに反射線が強く現れる。 γ 線光子のエネルギー E と θ の間に成り立つ関係式を答えなさい。必要な場合は、正の整数 m を用いなさい。

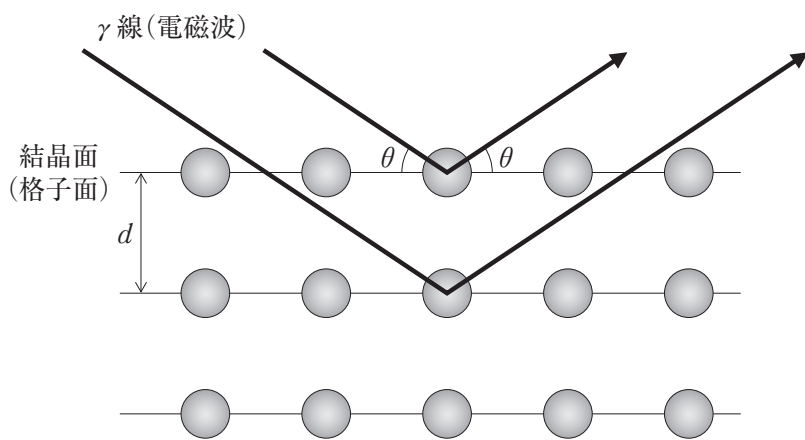


图 1