

# 令和3年度第3年次編入学試験

## 物理問題冊子

### 注意事項

1. 監督者の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。
2. 解答用紙には、必ず本学部の受験番号を所定の場所に記入すること。
3. 解答は、問題番号に対応する解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙の中の※印欄には記入しないこと。
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

## 物理 問題

1 質量分布が一様な、剛体球1と薄い球殻2がある。いずれも質量は $M$ 、半径は $R$ とする。以下の問いに答えなさい。ただし、各球の運動における空気抵抗の影響は無視できるものとする。

問1 球の直径を回転軸とする剛体球1の慣性モーメント $I_1$ を求めることを考える。図1のように座標系を定め、剛体を微小部分に分割したときの $i$ 番目の微小部分の体積を $V_i = abc$ とする。ただし、 $a, b, c$ は微小部分の3辺の長さである。密度を $\rho$ とすると微小部分の質量は $m_i = \rho V_i$ と書けるので、 $z$ 軸のまわりの慣性モーメント $I_1$ は次の式で求められる。ただし、 $l_i$ は微小部分と $z$ 軸の間の距離である。

$$I_1 = \sum_i m_i l_i^2 = \iiint [\rho(dr)(rd\theta)(r \sin \theta d\varphi)](r \sin \theta)^2$$

- (1) 剛体球1の密度 $\rho$ を $M$ と $R$ を用いて表しなさい。
- (2) 上式中の $dr, rd\theta, r \sin \theta d\varphi, r \sin \theta$ は、それぞれ $l_i, a, b, c$ のどれに相当するかを書きなさい。
- (3) 上の積分式を計算して $I_1$ を求めなさい。(参考:  $\sin^3 \alpha = \frac{3}{4} \sin \alpha - \frac{1}{4} \sin 3\alpha$ )
- (4) 以上を参考に、球の直径を回転軸とする薄い球殻2の慣性モーメント $I_2$ を求めなさい。

問2 各球が球の重心を通る軸を固定軸として角速度 $\omega$ で回転するとき、各球の回転の運動エネルギー $K_1$ と $K_2$ を求めなさい。

問3 図2のように、剛体球1と薄い球殻2のそれぞれが水平面と角度 $\beta$ をなす斜面上を滑らずに転がるとする。水平面からの高さ $H$ の点を原点とする $XY$ 座標をとり、各球の重心は時刻 $t=0$ において座標原点に静止しているとする。重力加速度を $g$ とする。このとき、時刻 $t>0$ における球の重心の斜面に沿った方向の速度は $v(t) = R\omega(t)$ と書ける。

- (1) 力学的エネルギー保存則を利用して、各球の重心の斜面に沿った方向の加速度 $a_1$ と $a_2$ を求めなさい。
- (2) どのようにすれば質量と半径が等しい剛体球と球殻を破壊せずに判別できるかを説明しなさい。

物理 問題

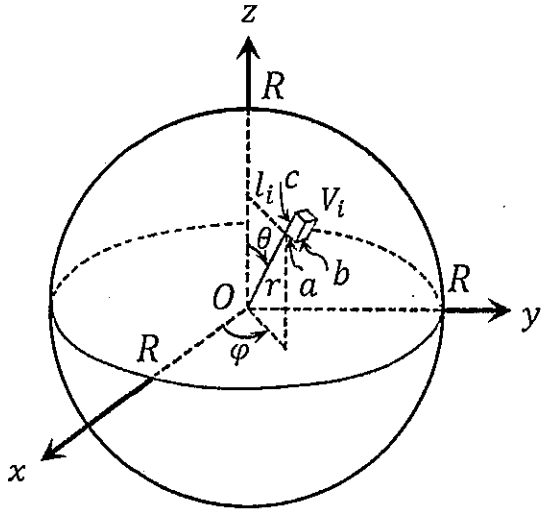


図1

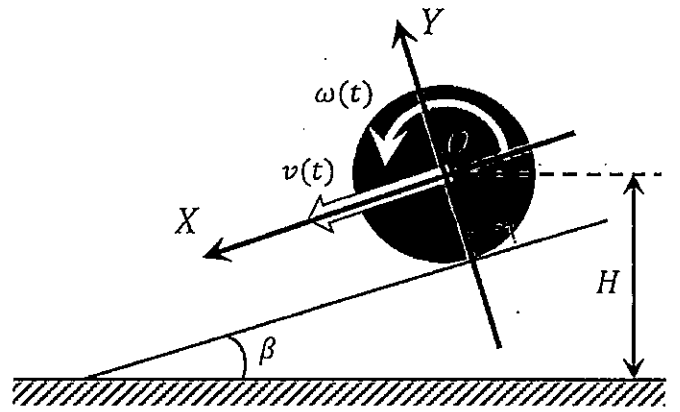


図2

## 物理 問題

2 ある試料の抵抗  $R_s$  を求めるために、図のような回路の電流と電圧を測定した。電源に固定電圧  $V_0$  を用いるとき、以下の問いに答えなさい。なお、導線の抵抗は無視してよい。また、問1, 2では、電流計、電圧計、電源をつなぐ際の接触抵抗は考えない。

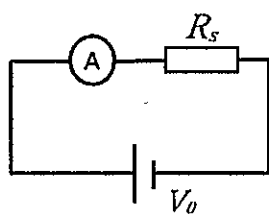


図 1

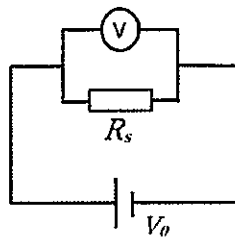
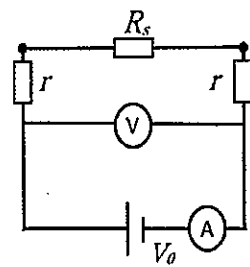
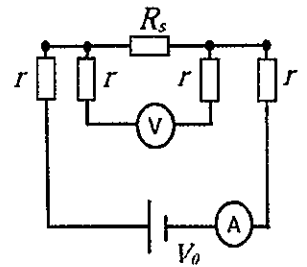


図 2



(a)



(b)

図 3

問1 図1に示すように、抵抗  $R_s$  と電流計を直列に接続した。電流計の内部抵抗を  $R_A$  としたとき、

- (1)  $R_s$ ,  $R_A$  にかかる電圧を求めなさい。
- (2) 電流を測定する際に、電流計が理想的に働くためには  $R_A$  をどのようにすればよいか答えなさい。

問2 図2に示すように、抵抗  $R_s$  と電圧計を並列に接続した。電圧計の内部抵抗を  $R_V$  としたとき、

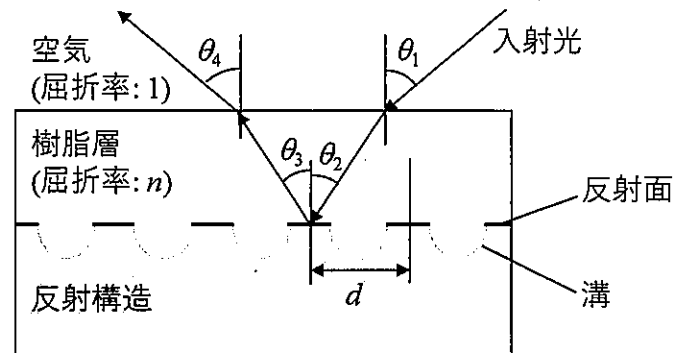
- (1)  $R_s$ ,  $R_V$  に流れる電流を求めなさい。
- (2) 電圧を測定する際に、電圧計が理想的に働くためには  $R_V$  をどのようにすればよいか答えなさい。

問3 電圧計、電流計、および電源を試料につなぐ際に生じる接触抵抗を考慮し、図3(a), (b)の2通りの回路で  $R_s$  の抵抗を求めることを考える。それぞれの回路には、図のように  $r$  の接触抵抗があると想定する。以下では、電圧計および電流計は理想的な働きをすると考えて良い。

- (1) (a)の回路で電圧計が示す電圧および電流計が示す電流の値を求めなさい。
- (2) (b)の回路で電圧計が示す電圧および電流計が示す電流の値を求めなさい。
- (3) 電圧計と電流計の示す値から、試料の抵抗  $R_s$  を正確に求めるには、(a), (b)どちらの方法が適しているか、その理由とともに答えなさい。

## 物理 問題

3 CD や DVD などの光ディスク記憶媒体は、溝と反射面が一定の周期で並んだ反射構造を、透明の樹脂層で保護した回折格子とみなすことができる。下図はその断面と、空気中から樹脂層を経由してある一つの反射面で反射し再び空気中に出射する光の進行方向を模式的に表している。空気の屈折率を1，樹脂層の屈折率を $n (> 1)$ とし， $\theta_1 \sim \theta_4$  は光ディスク表面および反射面の垂線に対する光線の角度の大きさであり，90度よりも小さいとする。反射面の間隔 $d$ は光の波長よりも大きく，反射面の幅は光の波長に比べ十分小さいため，一つの反射面による光の干渉は無視できるものとする。また，空気と樹脂層との界面や，溝での反射や散乱は無視するとき，以下の問いに答えなさい。



問1 空気中で波長 $\lambda$ のレーザー光を，光ディスク表面に対し入射角度 $\theta_1$ で入射した場合を考える。

- (1) 樹脂層内でのレーザー光の波長を求めなさい。
- (2) レーザー光の樹脂層から反射面への入射角度 $\theta_2$ を求めなさい。

問2 隣り合う二つの反射面に，同じ入射角度 $\theta_2$ で入射した二つのレーザー光について考える。

- (1) 二つの光が反射面に入射した後あらゆる方向へ反射されるとき，反射後に樹脂層内で二つの光が互いに強め合うために角度 $\theta_3$ が満たすべき条件式を求めなさい。
- (2) 光ディスクから十分に離れた空気中において，二つのレーザー光による強め合いが見られるときの出射角度 $\theta_4$ を求めなさい。
- (3) 赤色と緑色のレーザーポインターを使って，光ディスクに対し垂直 ( $\theta_1 = 0$ ) にレーザー光を入射したとき，空気中において強め合いが見られる出射角度 $\theta_4$ の最小値は，赤色と緑色のどちらの場合が大きいかと考えられるか，理由とともに述べなさい。ただし， $0 < \theta_4 < 90$ 度とする。