

平成 31 年度 入学 試験 問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

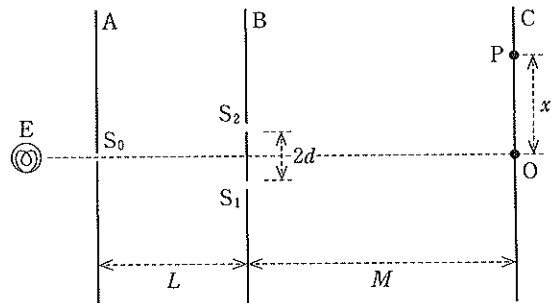
I 以下の文章の①～④に式，⑤，⑥に数値を入れよ。なお，分数や三乗根号を用いても構わない。

地球を質量 M [kg]，半径 R [m] の球体とする。自転や地球以外の天体の影響はないものとし，万有引力定数を G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$] とすると，地表の重力加速度 g [m/s^2] は (①) と表される。

月は地球を中心とした等速円運動をしている質点とする。月と地球の中心の間の距離を R の x 倍とし，月の公転周期を T [s] とすると， R ， x ， T を用いて月の加速度の大きさ a [m/s^2] は (②) と表される。また， a を M ， R ， G ， x で表すと (③) である。これらより， x を R ， g ， T で表すと (④) となる。

地上から静止しているように見える衛星(静止衛星)を赤道の上空に打ち上げ，地球を中心とした等速円運動をさせた。静止衛星に対する地球以外の万有引力は無視できるものとし，月の公転周期を 27 日とすると，静止衛星の軌道半径は月の軌道半径の (⑤) 倍であり，静止衛星の速さは月の速さの (⑥) 倍である。

II スリット S_0 を持つ平板 A，スリット S_1 と S_2 を持つ平板 B，平らなスクリーン C と，波長 λ [m] の単色光源 E がある(各スリットの幅は十分に小さい)。A，B，C は図の様に平行に置かれており，各スリットも互いに平行になっている。E から C に向かって下ろした垂線は， S_0 を通り， S_1 と S_2 の中点を通過して，点 O で C と交わっている。O から図の上方向に距離 x [m] だけ離れた C 上の点を P とする。E を点灯すると，C 上に明暗の縞模様が表示された。はじめ，装置は空气中に置かれており，AB，BC の距離はそれぞれ L [m]， M [m]，



また S_1 ， S_2 間の距離は $2d$ [m] である。 d ， x は L や M に対して十分に小さいものとし，空気の屈折率は 1 として，以下の間に答えよ。

(1) S_1 から P までの距離 $\overline{S_1P}$ [m] を表せ。

(2) S_2 から P までの距離を $\overline{S_2P}$ [m] とするとき， $\overline{S_1P}$ と $\overline{S_2P}$ の差を表す以下の式の①～③の空欄を埋めよ。ただし， $|a| \ll 1$ のとき， $(1+a)^b \approx 1+ba$ を用いる。

$$\overline{S_1P} - \overline{S_2P} \approx M \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\boxed{\text{①}} \right)^2 \right\} - M \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\boxed{\text{②}} \right)^2 \right\} = \boxed{\text{③}} \times x$$

(3) O にある明線と O に最も近い明線との距離 x_1 [m] を表せ。

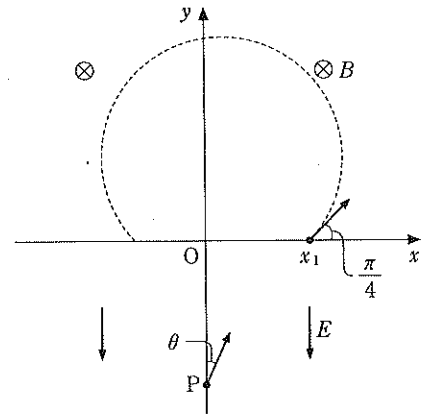
次に，AB および BC 間を屈折率 1.5 の透明な物質で満たして同様の実験を行った。

$L = 0.50$ m， $M = 2.40$ m， $d = 2.0 \times 10^{-4}$ m， $\lambda = 4.5 \times 10^{-7}$ m として，以下の間に有効数字 2 桁で答えよ。

(4) O にある明線と O に最も近い明線との距離 x_2 [m] を求めよ。

(5) 板 B を 1.0×10^{-4} m だけ図の上方向に平行にずらすと，始め O にあった明線が距離 x_3 [m] だけ移動した。その移動は図の上方向か，下方向か。また，その隣の明線との距離は x_4 [m] であった。 x_3 と x_4 を求めよ。

Ⅲ 図の $y < 0$ の領域には、 y の負の向きに大きさ E [V/m] の電場があり、 $y > 0$ の領域には、 xy 平面に垂直で紙面の上から下に向かう磁束密度 B [Wb/m²] の磁場がある。 y 軸上 ($y < 0$) の点 P から陽子を y 軸から時計回りに θ [rad] の方向に速さ V_0 [m/s] で打ち出した。陽子の質量を m [kg]、電荷を e [C] として、以下の①から⑩の間に E 、 B 、 e 、 m 、 V_0 、 θ のうち必要なものを使って答えよ(ただし、①、②については、必要ならば時間 t も使うこと)。また、⑪から⑮については記号イ、ロ、ハで答えよ。



- (1) $y < 0$ の領域では、打ち出されてから t [s] 後の陽子の x 軸方向の速度 V_x [m/s] と y 軸方向の速度 V_y [m/s] はそれぞれ $V_x =$ (①), $V_y =$ (②) となる。陽子が x 軸上 ($y = 0$) に到達したとき、陽子の速度の向きは x 軸から反時計回りに $\frac{\pi}{4}$ [rad] であった。陽子が打ち出されてから x 軸上に到達するまでの時間は (③) [s] であり、陽子が x 軸を横切った位置と原点 O との距離 x_1 [m] は $x_1 =$ (④), また、原点 O と点 P の間の距離は (⑤) [m] である。
- (2) 陽子が x 軸を超えて $y > 0$ の領域に入ると、陽子は磁場の影響を受けて円運動をする。陽子の速さは (⑥) [m/s] であり、円運動の半径は (⑦) [m] である。また、円運動の中心の x 座標は (⑧) [m]、 y 座標は (⑨) [m] である。もし、円運動の中心の x 座標が 0 ならば、陽子の軌道は y 軸に対して対称となり、陽子は x 軸を $x = -x_1$ で横切り、打ち出し点 P に戻ってくる。このためには電場と磁場の間に $\frac{E}{B} =$ (⑩) の関係がなければならない。
- (3) $\frac{E}{B} =$ (⑩) の関係を維持させたまま、陽子のかわりに α 粒子 (${}^4\text{He}$ の原子核) を y 軸上の点 P から、 y 軸から時計回りに θ [rad] の方向に速さ V_0 [m/s] で打ち出した。このとき、 α 粒子が x 軸を横切る時の速度の向きと x 軸との間の角度は $-\frac{\pi}{4}$ (⑪ イ. より大きい ロ. と等しい ハ. より小さい)。また、 α 粒子が x 軸を横切るときの x 座標は、陽子のときの x_1 (⑫ イ. より大きい ロ. と等しい ハ. より小さい)。 α 粒子が $y > 0$ の領域で円運動するとき、その速さは陽子のとき (⑬ イ. より大きい ロ. と等しい ハ. より小さい)。また、円運動の半径は陽子のとき (⑭ イ. より大きい ロ. と等しい ハ. より小さい)。これらを考慮すると、 α 粒子が再び $y < 0$ の領域に入り y 軸を横切る位置と原点との間の距離は、打ち出し位置と原点との間の距離 (⑮ イ. より大きい ロ. と等しい ハ. より小さい)。

Ⅳ 以下の問に答えよ。

- (1) 発電所から遠く離れた町に送電線で電気が送られている。その町の 100 軒の家が同時に電気を使用すると、送電線で 2.0 % の電力損失が生じた。1000 軒の家が同時に電気を使用すると、送電線での電力損失は何%になるか。なお、一軒あたりの使用電力はすべて同じとする。
- (2) 容器に水を入れて、台はかりに載せると、目盛は 5.5 kg になった。球をばねはかりにつり下げ、容器にふれないように水に完全に沈めたところ、ばねはかりの目盛は 1.6 kg、台はかりの目盛は 6.3 kg になった。水の密度を 1.0×10^3 kg/m³、重力加速度を 9.8 m/s² として、球の密度 (kg/m³) を有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) ある理想気体を体積 1.00 m³ の容器 A と体積 2.00 m³ の容器 B に入れた。温度、圧力はそれぞれ 200 K、1000 hPa と 300 K、1000 hPa であった。これらの 2 つの容器を細い管でつないで気体を混合したとき、理想気体の温度はいくらになるか。有効数字 3 桁の絶対温度で答えよ。ただし、容器の外と熱の出入りはないものとする。