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. 受験票は机上に出しておくこと。

物　理（前　期）　（その１）

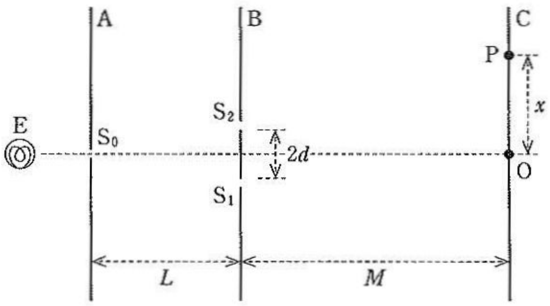
Ⅰ　以下の文章の①～④に式，⑤，⑥に数値を入れよ。なお，分数や三乗根号を用いても構わない。

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[N·m^2/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れた。はじめ，装置は空気中に置かれており，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，以下の問に答えよ。



(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，$(1+a)^b \fallingdotseq 1+ba$ を用いる。

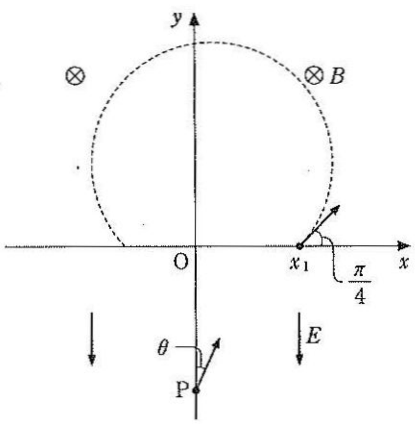
$$\overline{S_1P} - \overline{S_2P} \fallingdotseq M\left\{1+\frac{1}{2}\left(\boxed{\quad ① \quad}\right)^2\right\} - M\left\{1+\frac{1}{2}\left(\boxed{\quad ② \quad}\right)^2\right\} = \boxed{\quad ③ \quad} \times x$$

(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，以下の問に有効数字 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/m^2]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の問に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(ゼロ)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}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/m^3，重力加速度を9.8 m/s^{2}として，球の密度(kg/m^3)を有効数字2桁で答えよ。

(3)　ある理想気体を体積1.00 m^{3}の容器Aと体積2.00 m^{3}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。