平成 18 年度入学試験問題

理　　　　科

物理Ⅰ・物理Ⅱ　　化学Ⅰ・化学Ⅱ
生物Ⅰ・生物Ⅱ　　地学Ⅰ・地学Ⅱ

注　　意

1　問題冊子は1冊，解答用紙は物理Ⅰ・物理Ⅱ4枚，化学Ⅰ・化学Ⅱ4枚，生物Ⅰ・生物Ⅱ4枚，地学Ⅰ・地学Ⅱ5枚，下書き用紙は2枚です。

2　出題科目，ページおよび選択方法は，下表のとおりです。

出題科目	ページ	選択方法
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 9	左記科目のうちから志望する学部，学科等が指定する数(1または2)の科目を選択し，解答しなさい。
化学Ⅰ・化学Ⅱ	10 ～ 23	
生物Ⅰ・生物Ⅱ	24 ～ 35	
地学Ⅰ・地学Ⅱ	36 ～ 45	

3　選択する科目のすべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。

4　解答は，すべての解答用紙の指定されたところに書きなさい。

5　選択しなかった科目の解答用紙を試験時間中に監督者が回収するので，大きく✕印をして机の通路側に重ねて置きなさい。

6　試験終了後，問題冊子と下書き用紙は必ず持ち帰りなさい。

物理Ⅰ・物理Ⅱ

各問の（　　　）の中にいれるべき適当な数値，数式または字句などを解答用紙の指定されたところに記入せよ。その他の設問に対する解答は，指示にしたがって解答欄に書け。問題に単位の指定がない場合，用いられる記号はSI（国際単位系）単位にしたがっているものとする。

第1問

図1(a)に示すように，水平な xy 平面内に2本のレールが距離0.50〔m〕だけへだてて x 軸と平行に置かれている。これらのレールは十分に長い導体であり，その一端には起電力3.0〔V〕の電池，5.0〔Ω〕の抵抗，および電球が図のように導線で接続されている。このレールの上に導体棒PQをレールと直角に置く。電池の内部抵抗，および導線，レール，導体棒の電気抵抗は無視できるとする。数値の解答は有効数字2桁で記入し，（　オ　）の解答については導出の過程も記述せよ。

(1) はじめにPQをレールに固定した。このとき回路に流れる電流を I〔A〕，電球の両端にかかる電圧を V〔V〕とすると，I と V の関係式は（　ア　）となる。

(2) 電球の電流－電圧特性は，図1(b)と解答用紙のグラフに示された曲線で与えられる。解答用紙のグラフに（　ア　）の関係式を表す線を描け。これらの線の交点から，回路に流れる電流の大きさは（　イ　）〔A〕となることがわかる。

次に，前問までの状態でこの回路に磁束密度1.0〔T〕の一様な磁界を鉛直上向き（図1(a)の z 軸の正の向き）にかけた。

(3) 導体棒PQが磁界から受ける力の大きさは（　ウ　）〔N〕，力の向きは x 軸の（　エ　）の向きである。

(4) PQの固定をはずし，PQをレールと直角に保ったままx軸の正の向きに動かしはじめ，一定の速さ2.0〔m/s〕となった。このとき回路に流れる電流の大きさは（　**オ**　）〔A〕である。また，このときの電球の明るさはPQを固定していたときの電球の明るさの（　**カ**　）倍である。ただし，電球の明るさは電球で消費される電力に比例するものとする。

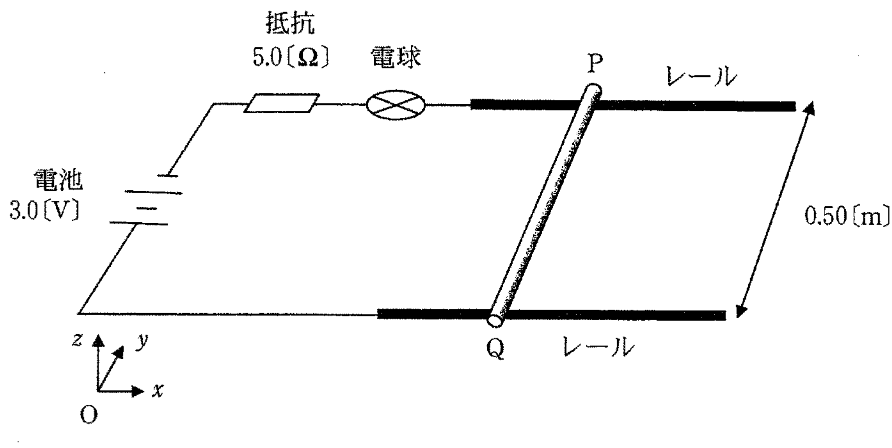

図1(a)

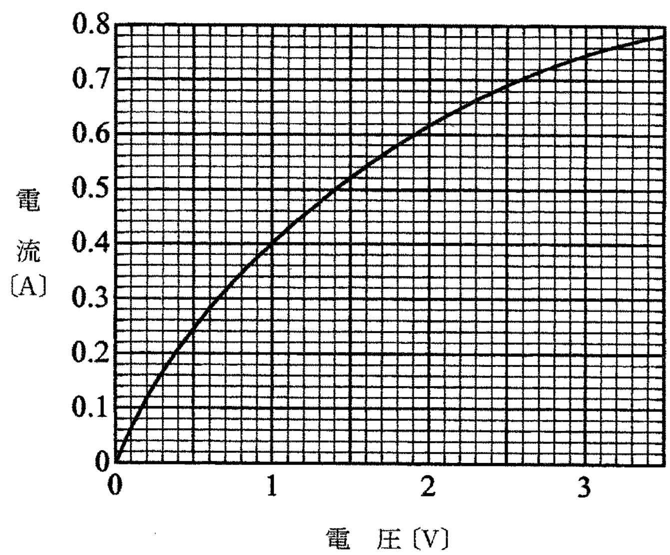

図1(b)

第2問

図2(a)のように，質量M，断面積Sのなめらかに動くピストンにより一定量の空気を閉じ込めたシリンダーが水平に置かれている。このとき，閉じ込められた空気の絶対温度はT_0，体積はV_0であった。外気圧をP_0，重力加速度の大きさをgとし，閉じ込められた空気は理想気体として扱う。(**キ**)から(**シ**)の解答は，P_0，T_0，T_2，V_0，S，M，g，C，θのうち必要なものを用いて表せ。(**コ**)の解答については導出の過程も記述せよ。

(1) 絶対温度をT_0に保ったまま，シリンダーをゆっくりと傾けていき，図2(b)のようにシリンダーと水平面のなす角度がθとなったときシリンダーを固定した。このとき，閉じ込められた空気の圧力P_1は(**キ**)，体積V_1は(**ク**)となる。

(2) 次に，図2(b)のようにシリンダーを固定したまま，閉じ込められた空気の絶対温度をT_0からT_2に上げた。この過程における空気の熱容量をCとする。絶対温度T_2のとき，閉じ込められた空気の体積V_2は(**ケ**)となる。この温度上昇の過程において，閉じ込められた空気が外部に対してした仕事Wは(**コ**)，吸収した熱量Qは(**サ**)であるので，閉じ込められた空気の内部エネルギーの増加ΔUは(**シ**)となる。

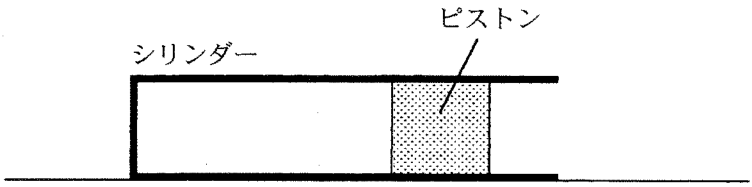

図 2(a)

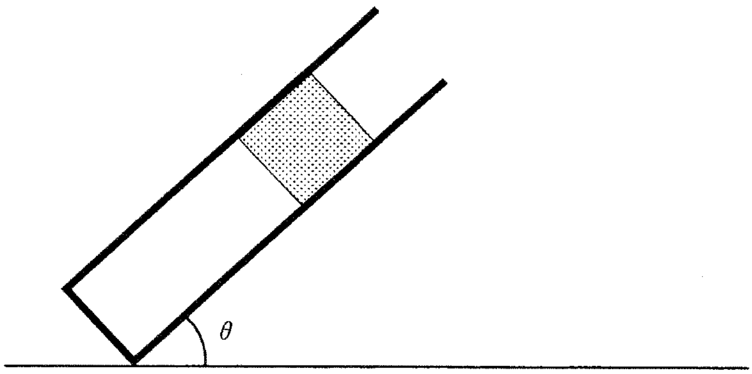

図 2(b)

第3問

(1)　白色光から単一の波長λをもつ単色光を得るのに屈折の現象を利用するなら，光学機器として(　ス　)が用いられる。回折の現象を利用するなら回折格子が用いられる。回折格子の格子定数をd_1，回折した光と入射光のなす角をθ，mを0または正の整数とすると，回折した光が強めあうときのθとλの関係式は(　セ　)となる。そこで，$d_1 = 5.0 \times 10^{-6}$〔m〕の回折格子によって可視光が$\theta = 0.10$〔rad〕で観察されたとすれば，波長は有効数字2桁で(　ソ　)〔m〕となる。ただし，可視光の波長の範囲は3.8×10^{-7}〔m〕〜7.7×10^{-7}〔m〕であり，θ〔rad〕が小さい時には$\sin\theta \fallingdotseq \theta$がなりたつものとする。

(2)　図3のように，屈折率n_1のガラスの表面に，屈折率n_2で厚さd_2の薄膜をつくり空気中に置いた。そして，波長λの可視光をその上から膜面に垂直に当てて，その反射強度を測った。ただし，$n_2 > n_1 > 1.0$とする。この薄膜と空気との境界での入射光の山の波面と反射光の山の波面の関係(位相の関係)は，固定端の場合と同様である。一方，薄膜とガラスとの境界での入射光の山の波面と反射光の山の波面の関係(位相の関係)は，自由端の場合と同様である。また，屈折率n_2の薄膜中の光の波長は(　タ　)となる。したがって，mを0または正の整数とすると，反射光が強め合う条件をみたす式は(　チ　)である。そこで，$n_1 = 1.5$，$n_2 = 2.3$，$\lambda = 6.0 \times 10^{-7}$〔m〕であるときに，光が最も強く反射される膜の厚さd_2の中で最小の値は有効数字2桁で(　ツ　)〔m〕となる。

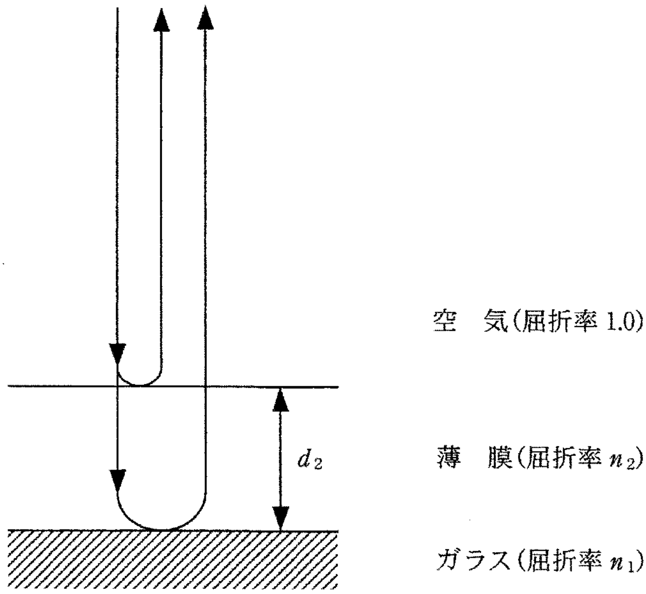

図 3

第4問

ガリレオ・ガリレイは，1610年に木星が4つの衛星を持つことを発見した。図4(a)に示すように，軌道の内側からイオ，エウロパ，ガニメデ，カリストの4つのガリレオ衛星と呼ばれるものである。3年A組では，課題研究として望遠鏡を用いてこれらのガリレオ衛星の運動を観測し，木星の質量を求めた。

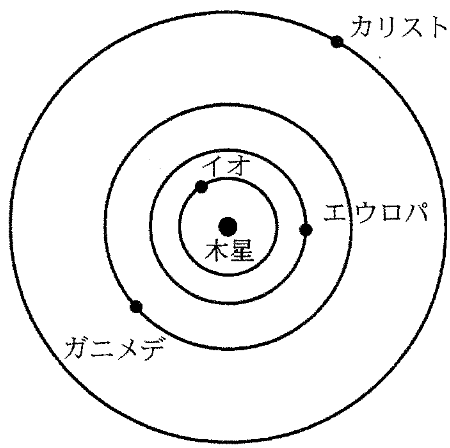

図4(a)

(1) 測定方法の原理

図4(b)に示すように，質量Mの木星のまわりを，質量mのガリレオ衛星が等速円運動しているものとする。衛星の軌道半径をR，角速度をω，公転周期をTとする。衛星の運動を軌道面の真横から観測したとすると，その正射影は単振動と同じ運動をする。時刻tにおける原点Oからの正射影の変位xをR，T，tを用いて表すと$x=$(**テ**)となる。ただし$t=0$のとき，衛星の正射影は原点Oにあったものとする。

衛星は，円の中心すなわち木星に向かって向心力を受けている。万有引力定数をGとすると，この向心力の大きさが万有引力の大きさ(**ト**)に等しいから，$\dfrac{T^2}{R^3}=$(**ナ**)$=$(一定)となり，ケプラーの第3法則が導かれる。この関係式から，木星の質量Mを求めることができる。

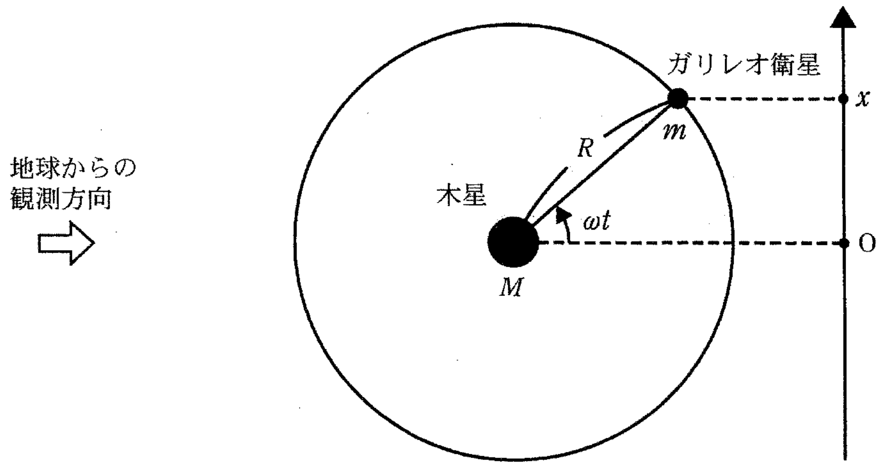

図 4(b)

(2) 観測結果

ガリレオ衛星を望遠鏡で 10 日間観測し，時刻 t における x の値を調べた。このデータを $x =$ (テ) の関係式を用いて解析し，下の表に示すような軌道半径 R〔m〕と公転周期 T〔s〕を求めた。表には，R^3 と T^2 の計算結果も示した。

衛　　星	R〔m〕	T〔s〕	R^3〔m^3〕	T^2〔s^2〕
イ　　オ	4.2×10^8	1.5×10^5	0.074×10^{27}	0.023×10^{12}
エウロパ	6.7×10^8	3.1×10^5	0.30×10^{27}	0.096×10^{12}
ガニメデ	11×10^8	6.2×10^5	1.3×10^{27}	0.38×10^{12}
カリスト	19×10^8	14×10^5	6.9×10^{27}	2.0×10^{12}

これらのガリレオ衛星について，R^3 を横軸に T^2 を縦軸にとって，解答用紙の方眼目盛上にグラフを作成しなさい。測定値を×印で示し，R^3 と T^2 の関係を表す線を描きなさい。

(次のページにも問題があります。)

(3) 考察と結論

作成したグラフから，木星のガリレオ衛星に対してケプラーの第3法則が成り立つことがわかる。グラフの線の傾きを有効数字2桁で求めると，$\dfrac{T^2}{R^3}=$(　ニ　)〔s^2/m^3〕となる。これより，$\dfrac{T^2}{R^3}=$(　ナ　)の関係式を用いると，木星の質量Mは有効数字1桁で(　ヌ　)〔kg〕となる。計算においては，万有引力定数$G=6.67\times10^{-11}\fallingdotseq\dfrac{20}{3}\times10^{-11}$〔$N\cdot m^2/kg^2$〕，$\pi^2\fallingdotseq9.9$の近似値を用いなさい。