（前期日程）

平成20年度　理　科

科目の選択方法

教育学部の受験者	届け出た１科目を解答すること。
理学部の受験者	各受験コースで指定された科目を解答すること。
医学部の受験者	物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）と，化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）を解答すること。
工学部の受験者	機械工学科，電気電子工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）を解答すること。 環境建設工学科，機能材料工学科，応用化学科，情報工学科を受験する者は，物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理），化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）のいずれか１科目を解答すること。
農学部の受験者	届け出た１科目を解答すること。

注 意 事 項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　出題科目及びページは，下表のとおりです。

出　題　科　目	ページ
物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）	1～11
化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）	12～21
生物Ⅰ・生物Ⅱ（生物）	22～35
地学Ⅰ・地学Ⅱ（地学）	36～43

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

4　解答は，すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。

物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験生は，$\boxed{1}$ ～ $\boxed{4}$ を解答すること。

医学部の受験生は，$\boxed{2}$ と $\boxed{4}$ を解答すること。

1 地球のまわりを運動する物体について以下の問いに答えよ。地球は質量 M，半径 R の一様な球であるとし，地球のまわりの物体は地球から万有引力を受けるが，他の惑星や太陽からの万有引力は無視してよいとする。地球の公転と自転，地球大気による空気抵抗は無視する。万有引力定数を G とする。

問 1 質量 m_0 の質点とみなせる宇宙ステーションが地球の中心のまわりを，半径 r，速さ v_0 で等速円運動している(図 1)。

(1) 宇宙ステーションが地球から受ける向心力の大きさを G，M，m_0，r を用いて表せ。

(2) 宇宙ステーションの向心加速度の大きさを r，v_0 を用いて表せ。

(3) 等速円運動の周期 T_0 を r，G，M を用いて表せ。

(4) ケプラーの第 3 法則によると，公転周期の 2 乗は軌道だ円の半長軸の 3 乗に比例する。ここで考えている宇宙ステーションのように軌道が円の場合には，半長軸として円の半径を用いればよい。すなわち，比例係数を k とすると，$T_0^2 = kr^3$ である。k を G，M を用いて表せ。

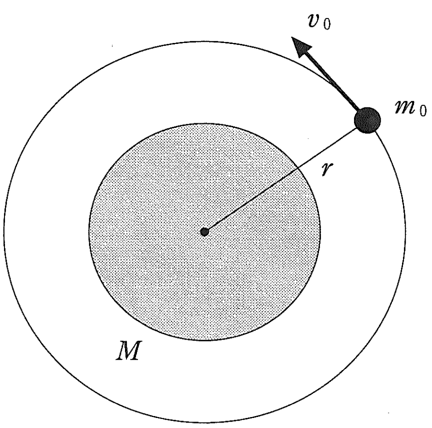

図 1

問 2　地球上の一点Aから地表の接線方向に，質量 m_1 の質点とみなせる補給船を初速 v_1 で打ち上げる。補給船はだ円軌道を描いて飛行する。地球に対して点Aの反対側の点Bに達したとき，地球の中心からの距離が r であり，そのときの速さが v_2 であった(図2)。

(1)　補給船の点Aと点Bでの力学的エネルギーはそれぞれ，

$$\boxed{\quad\text{(a)}\quad} + \frac{1}{2}m_1 v_1^2,\quad \boxed{\quad\text{(b)}\quad} + \frac{1}{2}m_1 v_2^2$$

であり，これらは等しい。空欄(a)，(b)にあてはまる適切な式を入れよ。ただし，万有引力による位置エネルギーは無限遠で0とする。

(2)　点Aと点Bでケプラーの第2法則(面積速度一定の法則)を用いると，

$$Rv_1 = rv_2$$

の関係が得られる。この式と問2(1)の関係を用いて，次の空欄にあてはまる適切な式を R と r で表せ。

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\,GMR}{\boxed{\qquad}}}$$

(3)　ケプラーの第3法則を用いて，このだ円運動の周期 T_1 を G，M，R，r を用いて表せ。ただし，問1(4)で導いた k の表式を用いよ。

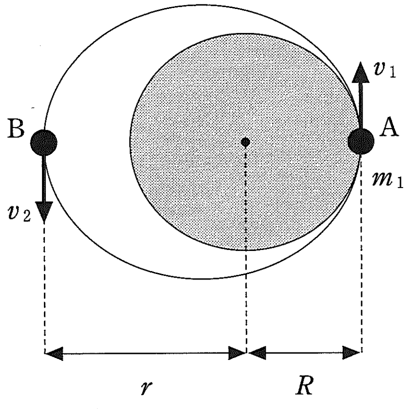

図2

問 3　問 1 の宇宙ステーションの運動と問 2 の補給船の運動を考える。問 1 の距離 r と問 2 の距離 r は等しく，宇宙ステーションと補給船はともに図 3 で同一平面内を反時計周りに運動する。宇宙ステーションと補給船の間に働く万有引力は無視する。

等速円運動する宇宙ステーションの位置を図 3 に示した角度 θ〔rad〕で表す。ただし，地球の中心から見て点 A の方向にあるときを $\theta = 0$ とし，反時計周りに θ の値が増加するものとする。

(1)　宇宙ステーションが $\theta = \theta_0$〔rad〕の位置に達した瞬間に，問 2 と同じように補給船を打ち上げる。補給船はだ円軌道を半周し点 B($\theta = \pi$〔rad〕)で宇宙ステーションと遭遇した。θ_0 を R，r を用いて表せ。

(2)　v_0 と v_2 の大小関係はどうなるか。また，補給船が宇宙ステーションと同じ軌道を等速円運動するには，補給船は点 B に達した瞬間に進行方向の速さをどのようにすればよいか。正しい組み合わせを次の中から選び記号で答えよ。

(ア)　$v_0 < v_2$，速さを増やす

(イ)　$v_0 < v_2$，速さを減らす

(ウ)　$v_0 > v_2$，速さを増やす

(エ)　$v_0 > v_2$，速さを減らす

(オ)　$v_0 = v_2$，速さを増やす

(カ)　$v_0 = v_2$，速さを減らす

(キ)　$v_0 = v_2$，速さを変えない

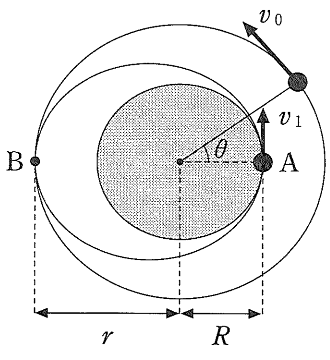

図 3

物理の試験問題は次ページに続く。

2 電気容量が100 μFの二つのコンデンサC_1，C_2と起電力が10.0 Vの電池が一つある。$1\,\mu F = 10^{-6}\,F$である。C_1，C_2の各々にたくわえられた電気量をQ_1〔C〕，Q_2〔C〕とする。最初は$Q_1 = Q_2 = 0$とし，以下の問いに答えよ。

問 1　まず図1のように，C_1とC_2を直列につなぎ，電池の負極を端子S_1，正極を端子S_3につないで，十分に時間をおいた。このとき，二つのコンデンサの合成容量C〔F〕はいくらになるか。C_2の極板間の電位差V_2〔V〕の絶対値はいくらになるか。

問 2　(1)　次に図2のように，端子S_1と端子S_3を導線でつないで十分に時間をおいた後，図3のように電池の正極を端子S_2に，負極を端子S_3に接続して，十分に時間をおいた。このとき，C_2にたくわえられた電気量Q_2〔C〕の絶対値はいくらになるか。C_2にたくわえられた静電エネルギーU〔J〕はいくらになるか。

(2)　電池を外した後，再び図1のように，電池を接続して十分に時間をおいた。このとき，C_1にたくわえられた電気量Q_1〔C〕の絶対値はいくらになるか。C_1の極板間の電位差V_1〔V〕の絶対値はいくらになるか。

(3)　その後，コンデンサC_1に可能な限り電気量をたくわえるため，以下の操作をおこなった。まず，電池を外した後，再び図3のように電池をつないで十分に時間をおいた。その後，図1のように電池をつないで十分に時間をおいた。このとき，C_1にたくわえられた電気量Q_1〔C〕の絶対値はいくらになるか。C_1の極板間の電位差V_1〔V〕の絶対値はいくらになるか。

(4)　図3と図1の電池の接続を交互に何度もくり返すと，V_1〔V〕の絶対値は徐々に増加した。ただし，このくり返し操作の途中で図2の接続はおこなわない。問2(2)で求めたQ_1の絶対値をP_1〔C〕とし，問2(3)で求めたQ_1の絶対値をP_2〔C〕とする。そして，n回くり返したときのQ_1の絶対値をP_n〔C〕とすると，

$$P_{n+1} = \boxed{\quad (a) \quad} + \boxed{\quad (b) \quad}\, P_n$$

となる。この式の空欄(a), (b)に適切な数値を入れよ。

(5) この操作を何度もくり返したとき，P_n〔C〕はいくらに近づくか。このとき，V_1〔V〕の絶対値はいくらに近づくか。なお，$0 < x < 1$ のとき n が大きくなると，x^n は 0 に近づき，$1 + x + x^2 + x^3 + \cdots\cdots + x^n$ は $1/(1 - x)$ に近づく性質がある。必要ならこれらの性質を用いてよい。

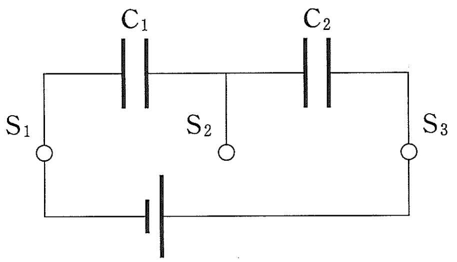

図 1

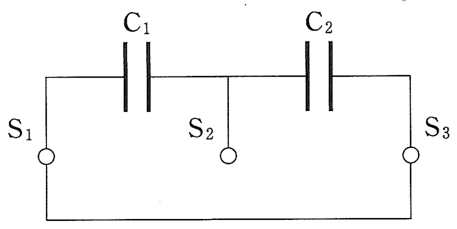

図 2

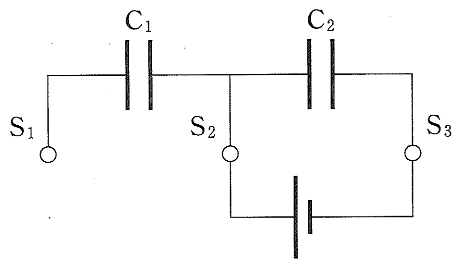

図 3

3 音の性質を調べるために，図1のような装置を考える。左側の音源Sから出た振動数f_0〔Hz〕の音は管の中に入り，点Aで二手に別れて進む。その後，別れた音はそれぞれ上下の反射板で反射され，点Dに到達する。この重ねあわされた音を点Dで測定する。図のように反射板の中心をBおよびCとし，音は点Bおよび点Cで反射するものとして考える。$\overline{\mathrm{AB}}=\overline{\mathrm{BD}}$であり，この長さを$d_0$〔m〕とする。また$\overline{\mathrm{AC}}=\overline{\mathrm{CD}}$であり，この長さを$d_1$〔m〕とし，反射板を移動させることにより$d_1$を調節することが可能である。さらに，$\overline{\mathrm{AD}}$は$\overline{\mathrm{AB}}$や$\overline{\mathrm{AC}}$に比べて十分小さく無視できる。音源Sから点Dまでの空気中と管の中の音速は一定であり，v_0〔m/s〕とする。点Dで測定される音に関して，二回以上の反射は考える必要はない。

以下の問いに答えよ。

問 1　音源Sから点Aに伝わる音の波長λ〔m〕を求めよ。

問 2　音が点Aから点Bに到達するまでに要する時間t〔s〕を求めよ。

問 3　d_0をl_0〔m〕に固定し，d_1を$l_0 < d_1 < l_0+\dfrac{3}{4}\lambda$の範囲で調節して，点Dで音の強さを測定した。このとき，音が最も弱くなるときのd_1をh_1〔m〕とし，音が最も強くなるときのd_1をh_2〔m〕とする。h_1およびh_2をf_0，l_0，v_0を用いて表せ。ただし二枚の反射板で反射のしかたは同じであり，λ〔m〕は音の波長である。

問 4　上側の反射板を図2のように上向きに一定の速さu〔m/s〕で動かす。ここでuはv_0よりも小さい場合を考える。次の文章中の(a)から(e)までに適切な式を入れ，(f)と(g)に数値を入れよ。ただし式は，f_0，u，v_0のうち必要なもののみを用いて表せ。

速さuで動いている上側の反射板上の点C，および点Dでの音の振動数について考える。点Cから見ると点Aから点Cに伝わる音の速さは$\boxed{\quad(a)\quad}$〔m/s〕になっている。点Cで音を測定したとき，入射する音の振動数f_1は$\boxed{\quad(b)\quad}$〔Hz〕である。点Cで反射された音は，点Dでは速さuで後退している音源から発生しているように聞こえる。そのために点Cか

ら点Dに到達する音の振動数f_2は $\boxed{\text{(c)}}$ f_1〔Hz〕である。$f_1 =$ $\boxed{\text{(b)}}$ 〔Hz〕を用いると，$f_2 =$ $\boxed{\text{(d)}}$ 〔Hz〕となる。点Bと点Cで反射された音が重ねあわされた結果，点Dでは毎秒 $\boxed{\text{(e)}}$ 回のうなりが測定される。たとえば，空気中および管の中の音速を$v_0 = 3.4 \times 10^2$ m/sとし，音源Sから発せられる振動数を$f_0 = 1.0 \times 10^3$ Hzとする。このとき，音源Sから点Aに伝わってきた音の波長は $\boxed{\text{(f)}}$ mであり，上側の反射板を$u =$ $\boxed{\text{(g)}}$ m/sで動かしたとき点Dで毎秒4.0回のうなりが測定される。

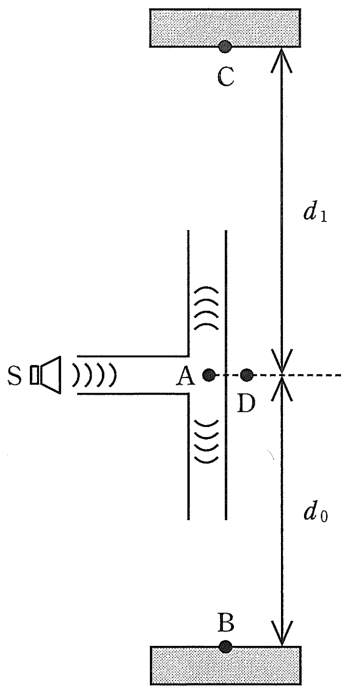

図1

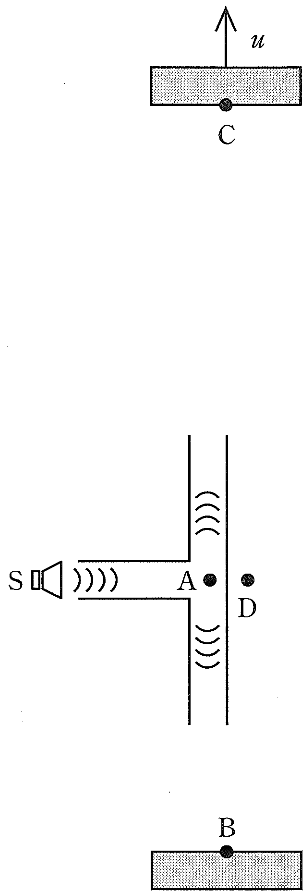

図2

4 単原子分子の理想気体 n〔mol〕を用いて，図１，図２，図３に示す状態変化を１サイクルとする３種類の熱機関を考える。これらの熱機関は１サイクルで，外部から熱量 Q_1〔J〕を吸収し，外部に仕事 W〔J〕を行い，外部に熱量 Q_2〔J〕を放出する。状態Ａの圧力を p_1〔Pa〕，体積を V_1〔m^3〕とするとき，以下の問いに答えよ。ただし，気体定数を R〔J/mol・K〕とする。気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$，定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$ である。

問１　図１のＡ→Ｂ→Ｃ→Ａの１サイクルの状態変化を考える。

(1)　A，B，Cの各状態での温度 T_A〔K〕，T_B〔K〕，T_C〔K〕を n，R，p_1，V_1 を用いて表せ。

(2)　A→B，B→C，C→Aの各過程で熱の移動はどうなるか，次の中から選び記号で答えよ。

(ア)　気体は熱を吸収する。　　(イ)　気体は熱を放出する。

(ウ)　気体への熱の移動はない。

(3)　(2)の各過程で移動した熱量の大きさを p_1，V_1 を用いて表せ。熱の移動がないときは０と記せ。

(4)　１サイクルで気体が外部にした仕事 W を p_1，V_1 を用いて表せ。

問２　図２のＡ→Ｃ→Ｄ→Ａの１サイクルで気体が外部から吸収した熱量 Q_1 を p_1，V_1 を用いて表せ。

問３　図３のＡ→Ｂ→Ｅ→Ｆ→Ａの１サイクルで気体が外部から吸収した熱量 Q_1 を p_1，V_1 を用いて表せ。

問 4　図1，図2，図3の熱機関の効率をそれぞれ e_1，e_2，e_3 とするとき，これらの効率を比較するとどうなるか，次の中から選び記号で答えよ。

ただし，熱機関の効率は $\frac{W}{Q_1}$ である。

(ア)　$e_1 > e_2 > e_3$，　(イ)　$e_1 > e_3 > e_2$，　(ウ)　$e_2 > e_1 > e_3$，

(エ)　$e_2 > e_3 > e_1$，　(オ)　$e_3 > e_1 > e_2$，　(カ)　$e_3 > e_2 > e_1$，

(キ)　$e_1 = e_2 = e_3$，　(ク)　$e_1 = e_2$ かつ $e_2 > e_3$，　(ケ)　$e_1 = e_2$ かつ $e_3 > e_2$.

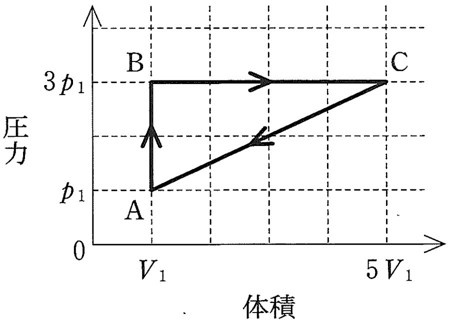

図 1

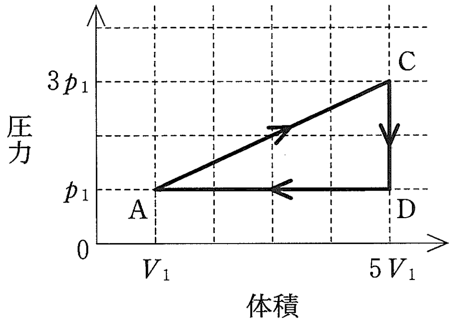

図 2

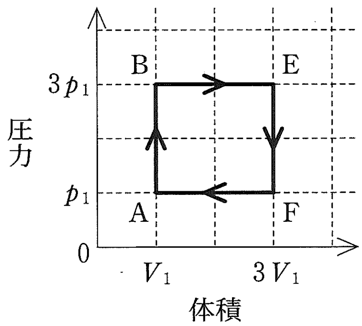

図 3