（前期日程）

平成25年度　理科　物理Ⅰ・物理Ⅱ（物理）　化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）

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）	1～13
化学Ⅰ・化学Ⅱ（化学）	14～24

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁およ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，$\boxed{2}$，$\boxed{4}$ を解答すること。

1

図1に示すように，水平面から角度θだけ傾いた動かない斜面上に，質量mの物体があり，質量を無視できる軽いばねにつながれている。ばねのもう一方の端は斜面の下端に設けられた台に固定されている。この斜面の下端を原点Oにとり，斜面に沿って上っていく向きをx軸の正の向きとなるように座標軸をとる。x軸上の物体の位置xを，物体とばねがつながれた点の位置で表し，x軸方向の物体の運動を考える。ばねの自然長をL，ばね定数をk，重力加速度をg，空気の影響は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

問1　まず，物体との間に摩擦を生じない滑らかな斜面を使った場合を考える。物体をばねの長さが自然長となる位置Aで押さえておき，そっと離すと物体は単振動をはじめた。

(1)　x軸上における物体の単振動の中心の位置を求めよ。

(2)　単振動をしている物体の最大の速さを求めよ。

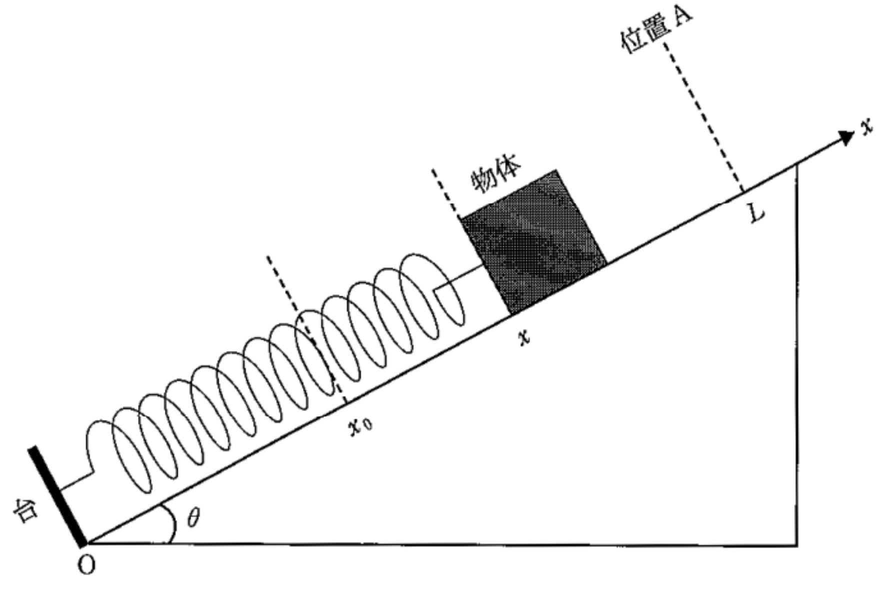

図1

問 2　つぎに，物体との間に摩擦が生じる斜面を使った場合を考える。物体と斜面の間の静止摩擦係数を μ_0，動摩擦係数を μ' とする。位置Aで押さえておいた物体をそっと離した。$\tan\theta$ が $\boxed{\quad ① \quad}$ よりも大きいとき，物体は斜面を滑り降り始める。滑り降りた物体は，$x = x_0$ の位置に到達したときに，はじめて速さが0になった。位置Aから滑り降りて，速さが0になるまでに成り立つ物体の運動方程式は，物体が位置 x にあるとき，$ma = \boxed{\quad ② \quad}$ と表される。ここで a は x 軸方向の物体の加速度である。物体が位置Aから位置 x に滑り降りるまでに重力が物体にした仕事 W_1 は $\boxed{\quad ③ \quad}$ である。また，この間に摩擦力が物体にした仕事 W_2 は $\boxed{\quad ④ \quad}$ となる。物体が位置 x にあるとき，ばねの弾性エネルギーを U，物体の運動エネルギーを K とすると，U，K，W_1，W_2 の間には関係式 $U = \boxed{\quad ⑤ \quad}$ が成り立つ。

(1)　①～⑤の空欄に当てはまる適切な式を示せ。①～④には θ，L，k，m，g，μ_0，μ'，x の中から必要なものを，⑤には K，W_1，W_2 を用いよ。

(2)　はじめて物体の速さが0になる位置 x_0 を θ，L，k，m，g，μ' を用いて表せ。

2

以下の設問に答えよ。

問 1　図 1 のように，長さ l の導体棒が単独で磁束密度 B の磁場中を一定の速さ v で動いている。導体棒の端面の中心を P，Q とすると P，Q は水平面上にあり，磁場は鉛直上向きで，導体棒の速度の向きは導体棒 PQ と磁場のどちらにも垂直である。導体棒の中の自由電子(電荷 $-e$)は導体棒とともに動くので各自由電子には $\boxed{\text{(ア)}}$ 力がはたらき，その大きさは $\boxed{\text{(イ)}}$，その向きは $\boxed{\text{(ウ)}}$ の $\boxed{\text{(エ)}}$ の法則から $\boxed{\text{(オ)}}$ である。その結果(オ)の始点側の端面の自由電子が少なくなり，終点側の端面の自由電子が増える。このため，$\boxed{\text{(カ)}}$ の向きに電場が生じる。このように磁場中での導体の移動によって生じる PQ 間の電位差 V を誘導起電力という。生じた電場によって自由電子には $\boxed{\text{(キ)}}$ の大きさの力が(オ)の向きとは逆向きにはたらく。したがって定常状態においては(イ)と(キ)の力がつり合い，誘導起電力 V が $V=$ $\boxed{\text{(ク)}}$ で与えられることがわかる。導体棒が十分細いとき(ク)の表式は導体棒が単位時間に横切った磁束に等しい。

図 2 のように，導線と電圧計を配置し，その上に十分細い導体棒 PQ を接続して回路を構成する。導体棒 PQ を動かした場合，回路内に生じる誘導起電力の大きさが回路内を貫く磁束の時間変化率に等しいことが見出される。これは $\boxed{\text{(ケ)}}$ の電磁誘導の法則として知られている。

(1)　文章中に発見者の名前を冠した法則が 3 つ登場する。(ア)，(ウ)，(ケ)に最も適当な法則の発見者の名前を入れよ。

(2)　文章中の(イ)，(キ)，(ク)に適当な式を入れよ。

(3)　文章中の(エ)，(オ)，(カ)に入るものをそれぞれ下記の選択肢から選び，記号に○をつけよ。

(エ) $\begin{cases} \text{a} & \text{左手} \\ \text{b} & \text{右手} \end{cases}$，　(オ) $\begin{cases} \text{a} & \text{P} \rightarrow \text{Q} \\ \text{b} & \text{Q} \rightarrow \text{P} \end{cases}$，　(カ) $\begin{cases} \text{a} & \text{P} \rightarrow \text{Q} \\ \text{b} & \text{Q} \rightarrow \text{P} \end{cases}$

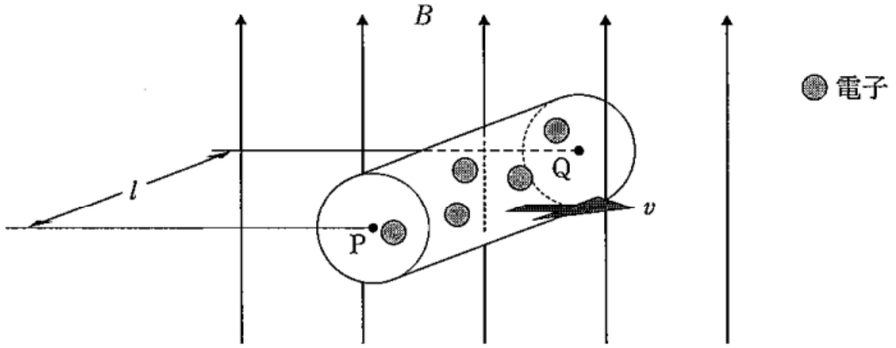

図 1

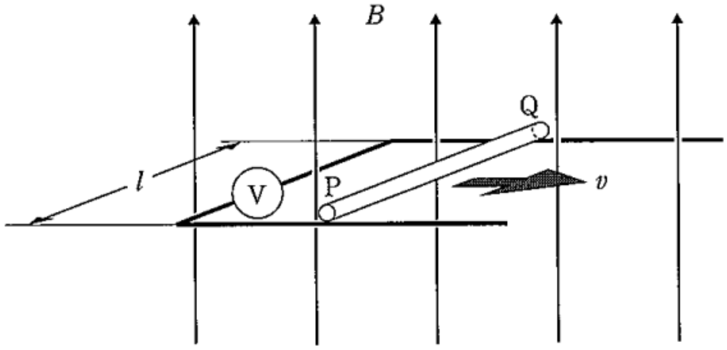

図 2

問 2　図 3 に示すように鉛直上向きの一様な磁束密度 B 内で起電力 E の電池を途中に配置したコの字型の針金を水平面に対して角度 θ だけ傾けて固定する。これに電気抵抗 R をもつ，長さ l のじゅうぶん軽い導体棒 PQ を橋渡しし，手で押さえておく。この導体棒には質量 m のおもりが滑車を通してつり下げられている。導体棒からそっと手を離したところ，導体棒に引っ張られてこのおもりが上昇し始めた。重力加速度の大きさを g とし，針金の電気抵抗，回路を流れる電流がつくる磁場，可動部分に生じる摩擦は無視できるものとする。導体棒と針金は十分細いとして良い。

(1)　おもりの速さが v になったときの誘導起電力の大きさ V，導体棒を Q から P に流れる電流 I とその電流が磁場から受ける力の大きさ F をそれぞれ求めよ。

(2)　手を離してもおもりが動かなくなる傾斜角度 θ_0 に対する余弦 $\cos\theta_0$ を求めよ。

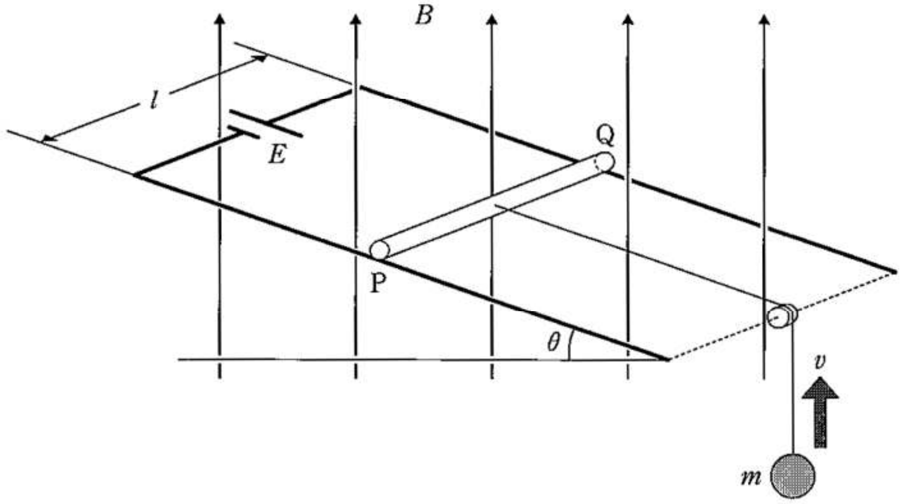

図 3

物理の試験問題は次ページに続く。

3

以下の設問に答えよ。

問 1　水面を伝わる波を観測するために，水平に置かれた十分に広い水槽に水をはり，水槽の中心に周期 T で単振動する波源 S_1 を置く。波源から出た波は速さ V で円形に広がり，任意の位置で観測される水面の変位は単振動する。

(1)　波の振動数 f_0 と波長 λ_0 を，T と V の中から必要なものを用いて表せ。

(2)　波源 S_1 を置いた時刻を $t = 0$ とし，波源 S_1 を置いた位置の水面が図 1 のように変位する。波源 S_1 から $2.5\,\lambda_0$ 離れた点 A で観測される水面の変位の時間変化を図示せよ。ただし，点 A で観測される波の振幅を 1 とせよ。

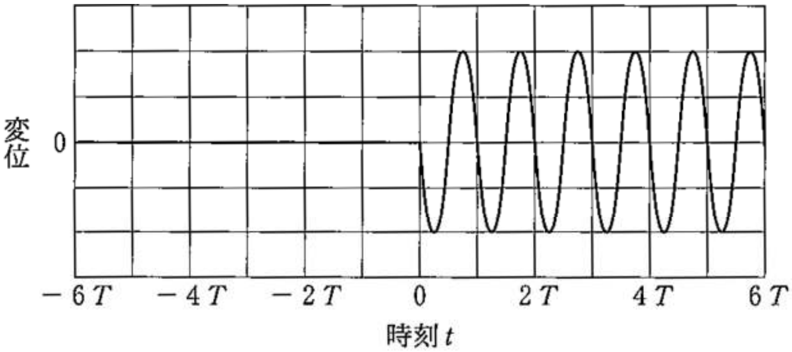

図 1　波源 S_1 での水面の変位の時間変化

(3)　$t = 10.75\,T$ のときに一定の速さ $v\,(v < V)$ で点 A に向って波源 S_1 が動きだす。波源 S_1 が位置する水面の変位は(2)と同様，図 1 で与えられる。

(i)　点 A で観測される波の振動数は，波源 S_1 が点 A に向かって進む間に f_0 から f にかわる。f は f_0 の何倍になるか求めよ。

(ii)　時刻 $t = 14.75\,T$ のとき水槽の上から波を記録する。点 A に向って波源 S_1 が動きだしてから発生した波の山の位置を，$v = 0.5\,V$ の場合について実線で図示せよ。図では，波源 S_1 が横軸右向きに進むものとせよ。

問 2　問 1 と同様の水槽の水面に図 2 のように座標軸をとり，単振動する波源 S_1 と S_2 を間隔 a 離した位置に置く。S_1 と S_2 とが同位相で振動するとき，次の問いに答えよ。ここで，発生する波の波長は λ_1 である。

(1)　波源 S_1，S_2 からの距離がそれぞれ l_1，l_2 で表される点 B がある。

(i)　2 つの波源から出た波が点 B で強めあう条件を書け。

(ii)　2 つの波源から出た波が点 B で打ち消しあう条件を書け。

(2)　点 B の位置が $(2a,\ a)$ にあるとき，2 つの波源から出た波が強めあった。波の波長 λ_1 を a を用いて書け。ただし，点 B と点 B に最も近い x 軸上の点とを結んだ線分上には，打ち消し合う場所が 1 つだけあった。

(3)　点 B が(2)の位置から波源 S_1 との距離を一定に保ち反時計回りに移動した。このとき，波は一度打ち消しあい，再び強めあった。再び強めあったときの l_2 を a を用いて書け。

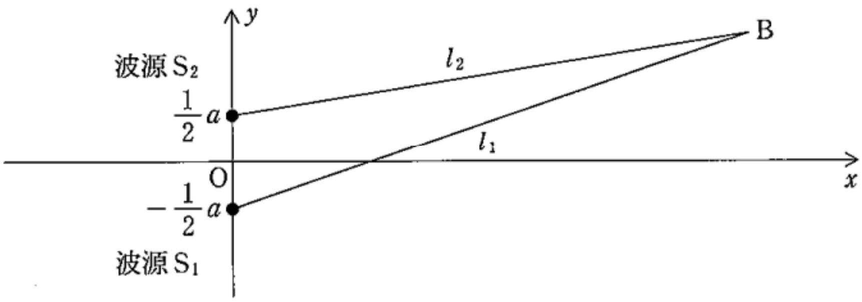

図 2　水槽を上から見た図

4 なめらかに動く断面積 S のピストンがついたシリンダー内に 1 mol の理想気体が閉じ込められている。シリンダーに取り付けた熱交換器を通して十分ゆっくり熱を気体に加える，または，熱を気体から外部に放出することにより，気体の圧力 p，体積 V，温度 T を変化させる。ピストンとシリンダーは断熱材でできており，ピストンとシリンダーと熱交換器の熱容量は無視できる。この理想気体の内部エネルギー U は $U = \frac{3}{2}RT$ である。ここで，R は定数である。また，この理想気体に対して，$pV = RT$ が成り立つ。はじめ，気体の状態は状態A（圧力が p_0，体積が V_0）であった。

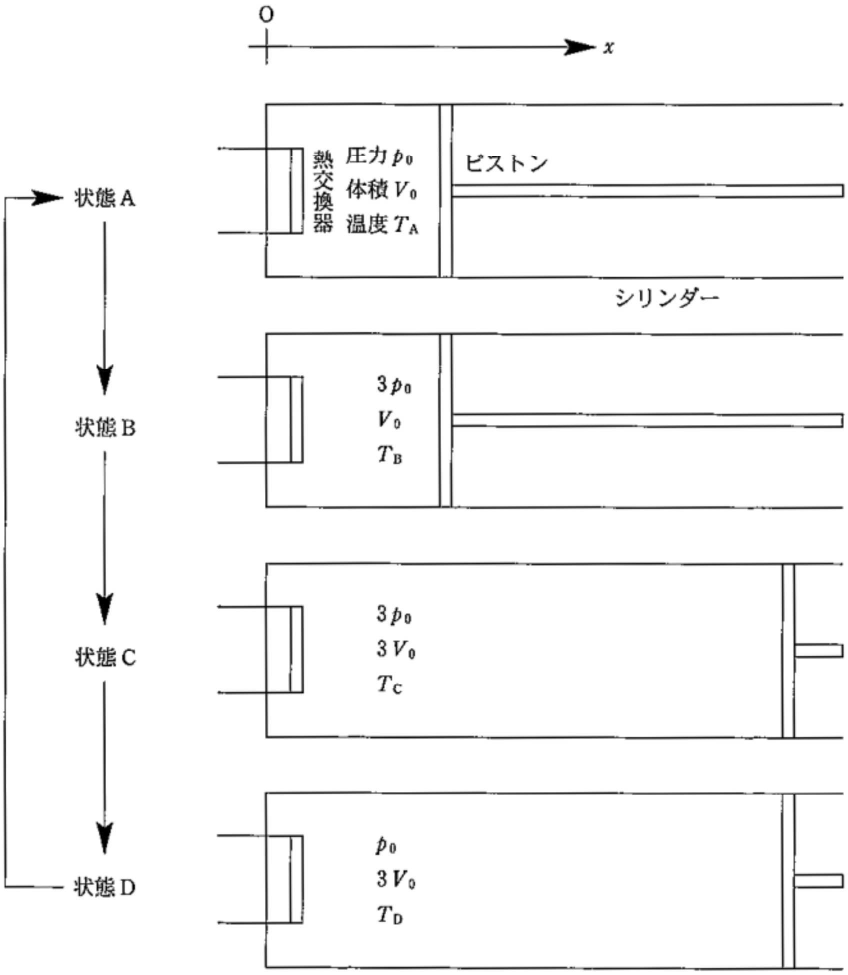

図 1

問 1　図 1 に示すように状態 A の気体に対して，体積を V_0 に保ちながら熱量 Q_{AB} を加えると，圧力が $3p_0$ の状態 B に変化した。状態 B の気体に対して，圧力を $3p_0$ に保ちながら熱量 Q_{BC} を加えると，体積が $3V_0$ の状態 C に変化した。状態 C の気体より，体積を $3V_0$ に保ちながら熱量 Q_{CD} を外部へ放出すると，圧力が p_0 の状態 D に変化した。状態 D の気体より，圧力を p_0 に保ちながら熱量 Q_{DA} を外部へ放出すると，体積が V_0 の状態 A に戻った。

(1)　各状態 A，B，C，D に対応する点ならびに，状態変化 A → B → C → D → A における気体の圧力 p と体積 V の変化を，圧力—体積図に示せ。示す際は図 2 を参考に，各状態 A，B，C，D に対応する点を圧力—体積図に描き，その点の近くに状態を表す A，B，C，D を記せ。状態変化の途中の気体の圧力と体積を表す実線を描き入れよ。さらに，変化の向きを示す矢印を実線上に描き入れよ。

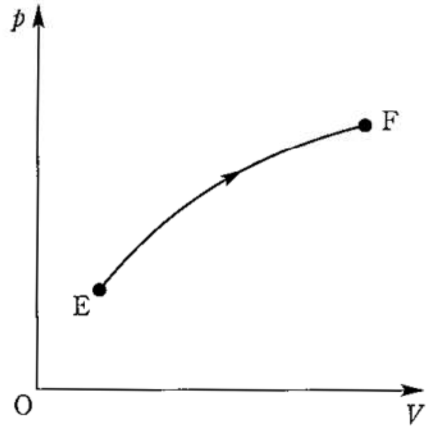

図 2

(2)　気体の圧力が p のとき，気体がピストンを押す力をピストンの断面積 S を用いて表せ。

(3)　気体の体積が ΔV 変化したとき，ピストンの位置の変化 Δx は x をピストンの位置として $\Delta x = \Delta V/S$ となる。このことを用いて，B → C，D → A それぞれの状態変化で気体が外部にした仕事 W_{BC}，W_{DA} を，p_0 および V_0 を用いてそれぞれ表せ。

(4)　各状態 A，B，C，D における温度 T_A，T_B，T_C，T_D を，p_0，V_0 および R を用いてそれぞれ表せ。

(5)　状態変化 A → B における気体の内部エネルギーの変化 $\Delta U_{AB} = U_B - U_A$ を，p_0 および V_0 を用いて表せ。ここで，U_A，U_B は，それぞれ状態 A，状態 B の内部エネルギーである。同様に，B → C，C → D，D → A の各状態変化における気体の内部エネルギーの変化 ΔU_{BC}，ΔU_{CD}，ΔU_{DA} を，p_0 および V_0 を用いてそれぞれ表せ。

(6)　Q_{AB}，Q_{BC}，Q_{CD}，Q_{DA} を，p_0 および V_0 を用いてそれぞれ表せ。

(7)　状態変化 A → B → C → D → A を繰り返す熱機関の効率を求めよ。

問 2　状態 A の気体に対して，体積を V_0 に保ちながら熱量 $Q_{AB'}$ を加えると，圧力が $(1 + 2\lambda)p_0$ の状態 B′ に変化した。ここで，λ は正の実数である。状態 B′ の気体に対して，圧力を $(1 + 2\lambda)p_0$ に保ちながら熱量 $Q_{B'C'}$ を加えると，体積が $\left(1 + \frac{2}{\lambda}\right)V_0$ の状態 C′ に変化した。状態 C′ の気体より，体積を $\left(1 + \frac{2}{\lambda}\right)V_0$ に保ちながら熱量 $Q_{C'D'}$ を外部へ放出すると，圧力が p_0 の状態 D′ に変化した。状態 D′ の気体より，圧力を p_0 に保ちながら，熱量 $Q_{D'A}$ を外部へ放出すると，体積が V_0 の状態 A に戻った。

(1)　状態変化 A → B′ → C′ → D′ → A を繰り返す熱機関の効率を求めよ。

(2)　直前の(1)で求めた熱機関の効率を最大にする λ と，そのときの効率 e_{max} を求めよ。

化学の試験問題は次ページに続く。