

平成 23 年 度

# 理 科

物	理	1 ページ～ 8 ページ
化	学	9 ページ～16 ページ
生	物	17 ページ～25 ページ

## 注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理、化学(その1～その5)、生物(その1～その4)の3科目を綴つてある。

解答を始める前に、自分の選択する科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

(試験監督者用)

補 足 説 明

(様式 2)

受験者に対して、試験開始前に補足説明があることを口頭で伝え  
てください。

試験開始後、下枠内の記載事項を黒板に板書してください。

補足説明

- (1) 教科・科目名      理科・物理
- (2) 補足説明する問題      1 の問 4
- (3) 訂正箇所      1 ページ 下から 3 行目

<誤> 問 4 . . . 静止摩擦係数  $\mu$  を  
 $\theta_0$  を用いて表せ。

<正> 問 4 . . . 静止摩擦係数  $\mu$  を  
 $\theta_0, M, m$  を用いて表せ。

(試験監督者用)

問 題 訂 正

(様式 2)

受験者に対して、試験開始前に問題訂正があることを口頭で伝え  
てください。

試験開始後、下枠内の記載事項を黒板に板書してください。

問題訂正

- (1) 教科・科目名      理科・生物

- (2) 訂正する問題      3 の問 3

- (3) 訂正箇所      2 2 ページ 下から 5 行目

<誤>      問 3 触覚・複眼 . . . . .

<正>      問 3 触角・複眼 . . . . .

# 物 理

1 図1-1のように、水平面と角度 $\theta$ をなす斜面1と、斜面1と直交する斜面2があり、斜面1上に質量 $M$ の物体1がある。AB間の距離を $\ell$ 、BC間の距離を $2\ell$ 、重力加速度を $g$ 、物体1と斜面1との動摩擦係数を $\mu'$ として、以下の問いに答えよ。

問1 物体1が地点Aから地点Cに向かってすべり下りるとき、物体1の斜面1に沿っての加速度の大きさを求めよ。

問2 物体1が地点Aにおける初速度を0としてすべり下りるとき、地点Bから地点Cまでに要する時間、および地点C通過時の速さを求めよ。

問3 次に、地点Cに置いた物体1を地点Aまで到達させたいとき、物体1へ与えるべき斜面1に沿った最小の初速度の大きさを求めよ。

図1-2のように、斜面2に質量 $m$ の物体2をおき、斜面1上にある物体1と糸で結びつけ、その糸を頂上で質量の無視できる滑車にかけた。物体1のある斜面1の傾斜角 $\theta$ が $\theta_0$ のとき2つの物体は静止しており、 $\theta$ を $\theta_0$ よりわずかに大きくすると、物体1は斜面1をすべりだした。ただし、角度 $\theta$ を変えても、斜面1と斜面2は常に直交するようにしてある。加速度の向きは、物体1がすべり下りる方向および物体2がすべり上がる方向を正として、また、2つの物体を結ぶ糸の伸び縮み、および物体2と斜面2との摩擦はないものとして、以下の問いに答えよ。

問4 物体1と斜面1との間の静止摩擦係数 $\mu$ を $\theta_0$ を用いて表せ。

問5 斜面1の角度が $\theta$  ( $\theta > \theta_0$ ) のとき、2つの物体を結ぶ糸の張力を $T$ 、加速度を $a$ として、物体1および物体2の運動方程式をそれぞれ記せ。

問 6  $\theta$  を  $\frac{\pi}{6}$ , 物体 1 と斜面 1 との動摩擦係数  $\mu'$  を  $\frac{1}{2\sqrt{3}}$  としたとき, 物体 2 の加速度は  $1.0 \text{ m/s}^2$  であった。物体 1 の質量は物体 2 の質量の何倍であるか, 重力加速度  $g$  を  $9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$  として有効数字 2 桁で求めよ。

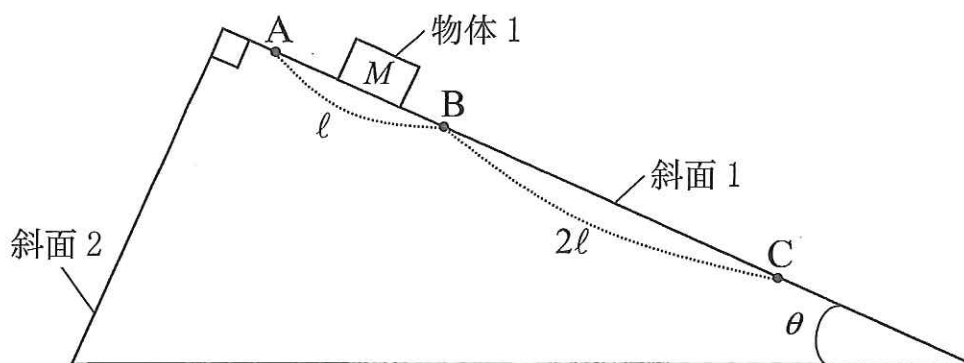


図 1-1

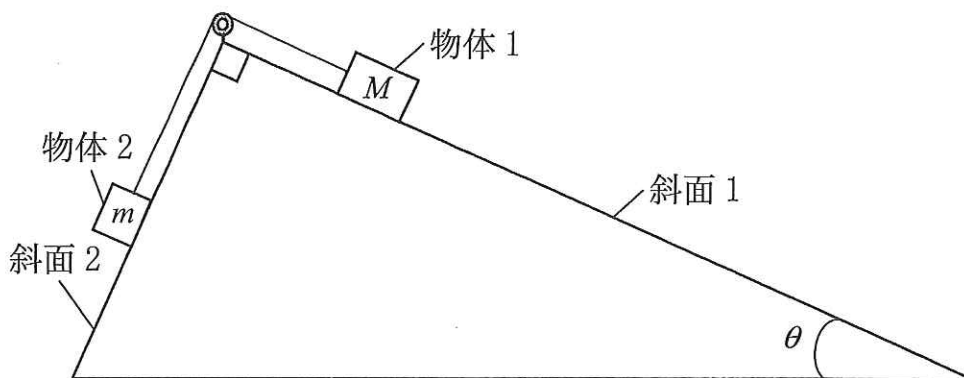


図 1-2

2 図 2-1 のように、 $xy$  平面上に電気抵抗の無視できる 2 本の直線導線レール CD と EF が平行に並べられ、同平面に対し垂直に磁束密度  $B$  の磁場がかけられている。DF 間には内部抵抗の無視できる起電力  $E$  の電池が接続されている。これらのレール上には、 $y$  軸に対し平行を保ちながらなめらかに動く、長さ  $\ell$ 、質量  $m$ 、電気抵抗  $R$  の細い金属棒 PQ があり、その中点と CE 間に固定してある絶縁体でできた棒の中点とが、質量が無視できる絶縁体でできたばね (ばね定数:  $k_0$ ) でつながれている。ばねは自然長から長さ  $d_0$  だけ伸び、金属棒はレールに対し直角となって静止している。このときの金属棒が静止している位置を  $x = 0$  として、問いに答えよ。ただし、磁束密度  $B$  は、図 2-2 に示すように、 $x$  軸方向には  $B = \gamma x + B_0$  ( $\gamma, B_0$ : 正の定数) と表せ、 $x$  の増加とともにある点を境にして負から正に変化する、すなわち、磁束密度の向きが下向きから上向きに変化するものとする。また、磁束密度  $B$  は、 $y$  軸方向にはその大きさおよび方向の変化がないものとする。重力は無視でき、円周率を  $\pi$  とする。

問 1 金属棒に流れている電流の大きさを求めよ。

問 2  $x = 0$  における磁束密度の大きさ  $B_0$  を  $k_0, \ell, d_0, E, R$  を用いて表せ。

問 3 金属棒を  $x = 0$  から右方向に動かし、 $x = x_0$  に静止させた後に静かに放したところ、金属棒は静止し続けた。 $\gamma$  を  $k_0, \ell, E, R$  を用いて表せ。

次に、ばねを、ばね定数が  $k$  で自然長が等しい絶縁体のばねに交換したとして、問いに答えよ。

問 4 金属棒を  $x = x_0$  に静止させた後に静かに放したところ、金属棒はゆっくりとした運動を始めた。金属棒の位置を  $x$ 、加速度を  $a$  として運動方程式を記せ。ただし、この運動によって金属棒に発生する誘導起電力は無視する。

問 5 問 4 の運動が単振動であるための条件を  $k$ ,  $k_0$  を用いて表せ。また、振動の周期  $T$  を求めよ。

再び、ばねを、ばね定数が  $k_0$  のものに交換した。金属棒を  $x = x_0$  に静止させた後に静かに放しても金属棒は静止していた。そこで、金属棒が一定の速さ  $v$  で左向きに動くようにしたところ、金属棒に誘導起電力が発生したとして問いに答えよ。

問 6 金属棒が  $x = 0$  に達したとき、金属棒を流れる電流の大きさ  $I_0$  を  $k_0$ ,  $v$ ,  $d_0$ ,  $E$ ,  $R$  を用いて表せ。

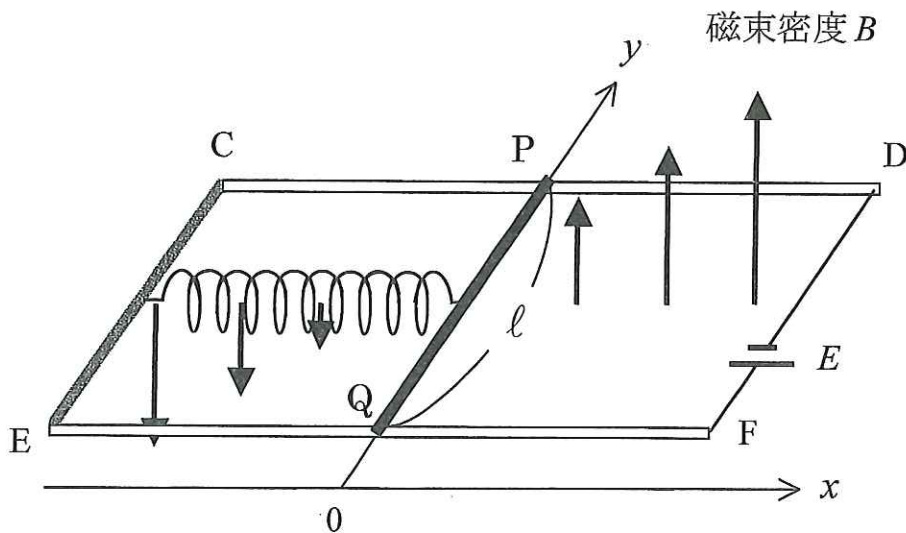


図 2-1

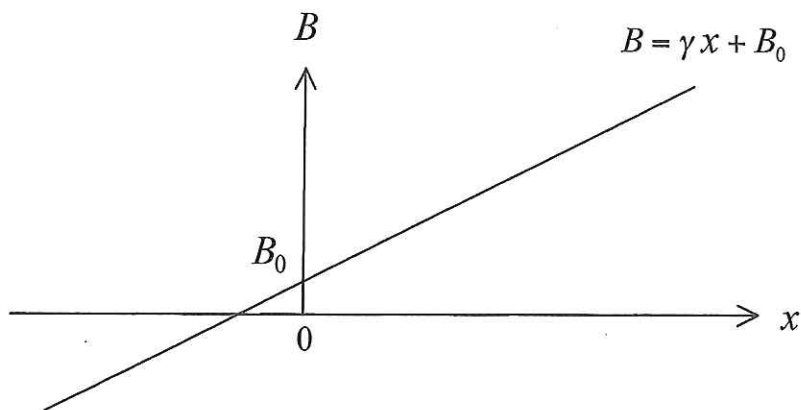


図 2-2

3 なめらかに動くピストンのついたシリンダーの中に、単原子分子の理想気体 1 モルが閉じ込められている。シリンダー内には熱交換器があり、気体の状態(圧力  $p$ 、体積  $V$ 、絶対温度  $T$ )は、熱交換器とピストンにより自由に変化させることができる。ピストンとシリンダーは断熱材でできており、ピストン、シリンダー、および熱交換器の熱容量は無視できる。

はじめ、シリンダー内の気体が、図 3 の状態 A (圧力  $p_0$ 、体積  $V_0$ ) にあった。これを、以下に説明する 2 つの経路で、状態 A と同じ温度で体積が 4 倍の、状態 B に変化させることを考える。なお、図 3 の状態 A と状態 B を結ぶ点線は、等温における変化を示す曲線(等温線)を表している。

経路 1 (図 3 の実線) : 状態 A から、気体の体積を一定に保ちながら冷却し、圧力が  $\frac{1}{4} p_0$  の状態 C に移す。次に、気体の圧力をそのまま一定に保ちながら加熱し、膨張させて状態 B に移す。

経路 2 (図 3 の破線) : 圧力一定のもとでの加熱過程と、体積一定のもとでの冷却過程とをくり返し、状態を  $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow B$  と変化させる。状態 E は、状態 A と同じ温度で体積は 2 倍である。

気体定数を  $R$  として、以下の問いに、 $p_0$ 、 $V_0$ 、 $R$  のうち必要なものを用いて答えよ。数値は、整数、あるいは既約分数を用いて表せ。なお、この気体の内部エネルギー  $U$  は  $U = \frac{3}{2} RT$  である。

問 1 状態 A における気体の温度を求めよ。

問 2 経路 1 の状態 A から状態 C までの過程において、気体から出る熱量を求めよ。

問 3 経路 1 の状態 C から状態 B までの過程において、気体が外部にする仕事を求めよ。

問 4 経路 2 上の状態 D における気体の温度を求めよ。

問 5 経路 2 の状態 A から状態 D までの過程において、気体に加えられる熱量を求めよ。

問 6 経路 2 の全過程で、気体が外部にする仕事の総量を求めよ。

問 7 経路 2 にしたがって気体を状態 A から状態 B に変化させ、次に、経路 1 を逆にたどって状態 A に戻すとすると、サイクルとなる。このサイクルの熱効率を求めよ。

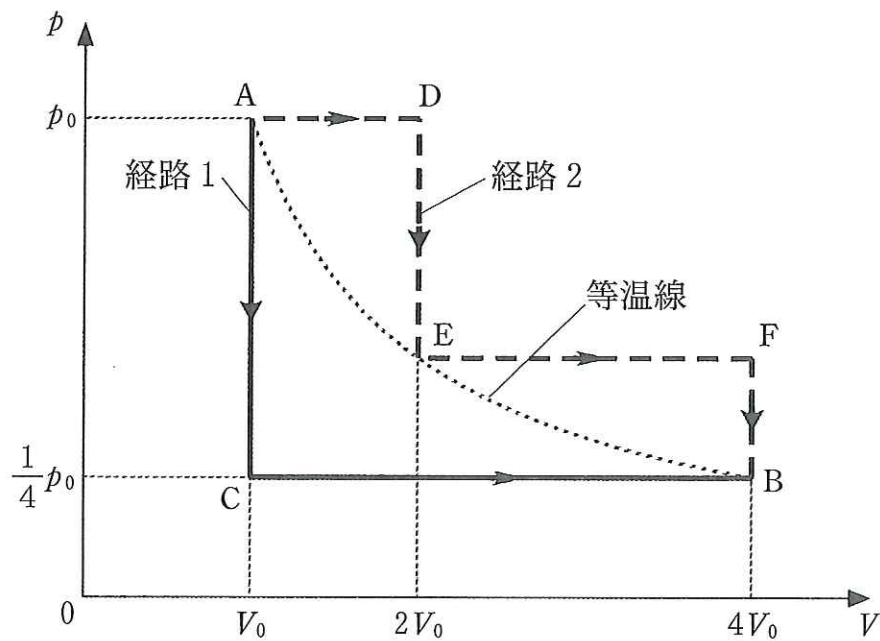


図 3



4 図4-1のように、質量  $m$  の人工衛星が地球の中心  $O$  を含む平面上(以下、軌道平面とする)で  $O$  を中心とする半径  $r$ 、速さ  $v$  の等速円運動をしている。万有引力定数を  $G$ 、地球の半径を  $R$  ( $r > R$ )、質量を  $M$ 、地球は球とする。地球の自転、他の天体からの影響、および人工衛星の大きさは無視するものとして、問いに答えよ。

問 1 人工衛星の速さ  $v$  を求めよ。

問 2 万有引力による位置エネルギーの原点を無限遠方にとった場合の人工衛星の力学的エネルギー  $E$  を  $r$  を用いて表せ。

問 3 人工衛星の力学的エネルギーが減少したとすると、円運動の速さおよび回転半径はそれぞれどのように変化するか、理由とともに解答欄に記せ。

次に、図4-2のように、地表かつ軌道平面上にある点を  $P$ 、点  $P$  を含む軌道平面上の地球の接線と人工衛星の軌道との交点を点  $A$ 、点  $B$  とする。人工衛星は、速さ  $c$ 、周波数  $f_0$  の電波を発しながら円運動をしている。人工衛星が点  $A$ 、点  $B$  で発した電波を点  $P$  で観測したときの周波数を、それぞれ  $f_A$ 、 $f_B$  として問いに答えよ。ただし、電波に対しても音波など一般の波と同じようにドップラー効果を考えることができる。この問題では、人工衛星の速さは光速より十分に小さいので、音波のドップラー効果の関係式を用いることができる。

問 4  $f_A$ 、 $f_B$  をそれぞれ、 $r$ 、 $R$ 、 $v$ 、 $c$ 、 $f_0$  を用いて表せ。

問 5  $f_0$  を  $f_A$ 、 $f_B$  を用いて表せ。

問 6 人工衛星の速さ  $v$  を  $f_A$ 、 $f_B$ 、 $r$ 、 $R$ 、 $c$  を用いて表せ。

問 7 人工衛星の軌道半径  $r$  を  $f_A$ 、 $f_B$ 、 $R$ 、 $c$ 、 $G$ 、 $M$  を用いて表せ。

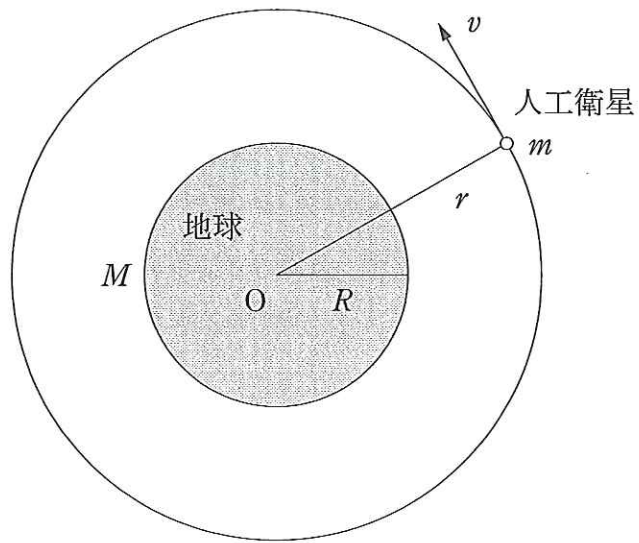


图 4-1

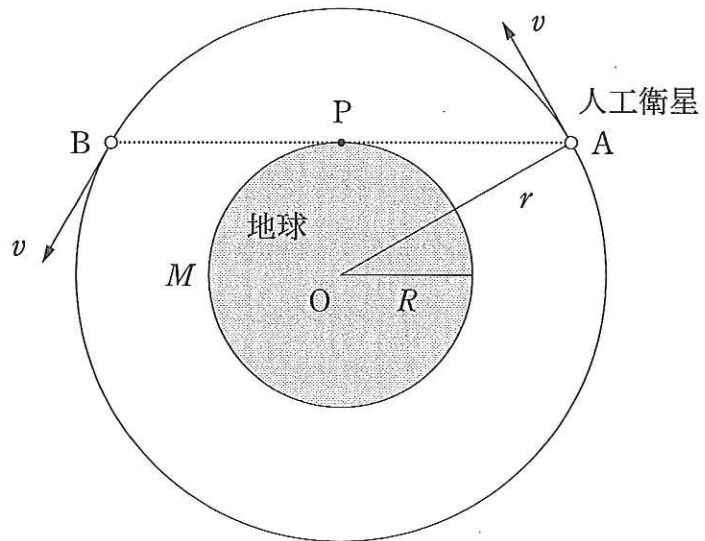


图 4-2