

# 平成 21 年度前期日程入学試験学力検査問題

## 理 科

平成 21 年 2 月 25 日 13:30~16:00 (150 分)

物 理…… 4~17 ページ, 化 学……18~31 ページ

生 物……32~47 ページ, 地 学……48~56 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 56 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

## 物 理

- 1 水平面から角度  $\theta$  だけ傾いた摩擦のない斜面上に質量の無視できるばねが置かれ、そのばねの一方は斜面の下端に、もう一方は斜面上に乗った小物体 A に固定されている。このときばねは自然長から縮んでつりあっていた。ここで、図 1 に示すように小物体 A の上側に接するように小物体 B を斜面に乗せると、ばねが自然長から  $l$  だけ縮んだところでつりあった。そこからさらに  $\Delta l$  だけ縮めて静かに手をはなしたときの小物体 A と B の運動について考える。向きを考える際には、斜面上の上向きを正とする。ばね定数は  $k$ 、小物体 A と B の質量はともに  $m$  である。2つの小物体は紙面内を運動し、斜面から離れることはない。重力加速度を  $g$  とし、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。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

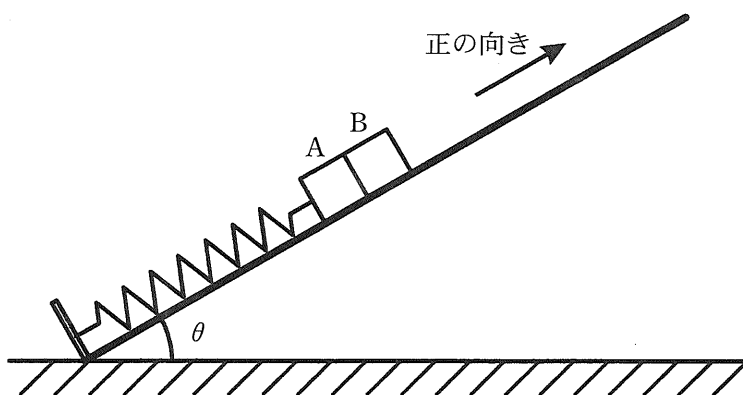


図 1

問(1)  $\Delta l$  が小さいとき、2つの小物体は離れず単振動を始めた。

- (a) ばね定数  $k$  を、 $m, \ell, g, \theta$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 小物体 A の上に小物体 B を乗せたときのつりあいの位置を基準として、変位が  $x$  であるときの加速度を  $a$  とする。2つの小物体の間にはたらく斜面方向の力を  $N$  として、A, B それぞれの小物体に関する運動方程式を、 $m, k, \ell, g, \theta, x, a, N$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 2つの小物体の間にはたらく斜面方向の力  $N$  を、 $k, \ell, x$  を用いて表せ。

問(2)  $\Delta l$  を大きくして静かに手をはなすと、ばねが自然長となる位置で小物体 B が小物体 A から離れる。その後、小物体 A は新たな周期で単振動し始め、小物体 B は斜面上を滑り上がる。2つの小物体が一体となって単振動しているときの周期を  $T_{AB}$ 、離れた後の小物体 A の単振動の周期を  $T_A$  とし、2つの小物体が離れるときの速さを  $v_0$  とする。

- (a)  $T_A$  と  $T_{AB}$  の比を求めよ。
- (b) 小物体 B が小物体 A と離れてから最高点に達するまでに要する時間  $t_B$ 、およびその間に斜面上を移動した距離  $L$  を、 $v_0, g, \theta$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 2つの小物体が一体となって単振動しているときに成り立つ、運動エネルギーと単振動の位置エネルギーに関する力学的エネルギー保存則を用いると、 $v_0$  を求めることができる。 $v_0$  を、 $m, k, \ell, \Delta l$  を用いて表せ。

問(3) 図2は、2つの小物体が運動を開始してからの時刻と位置の関係を示している。図2に示されているように、2つの小物体が最初に離れてから小物体Aが振動して同じ位置にきたとき、滑り降りてきた小物体Bと再び衝突した。

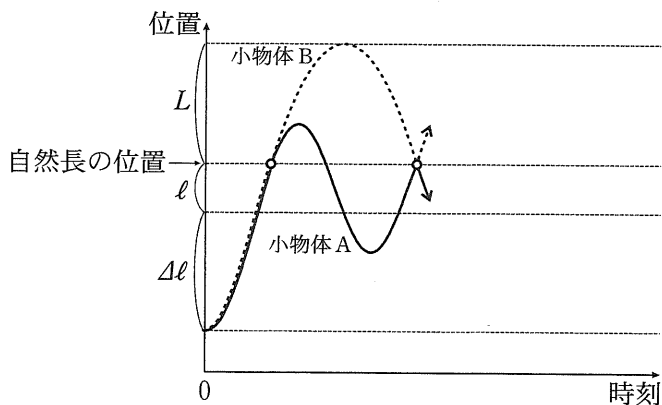


図2

- (a) この条件を満たすための、最初の縮み  $\Delta l$  を、 $l$  を用いて表せ。
- (b) 2つの小物体間のはねかえり係数が1であるとき、衝突した後の小物体AとBの運動の様子を、時刻と小物体の位置の変化がわかるように解答用紙のグラフに描け。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

——このページは白紙——

2 図1のような長方形回路が紙面と同じ平面上に置かれている。右側にある2つの回路，ABCFAとFCDEFは，それぞれが1辺の長さ $L$ の正方形をしており，各辺の抵抗値は $r$ である。EDの左側には，コンデンサー(電気容量 $C$ )，抵抗(電気抵抗 $R$ )，スイッチおよび電流計を導線で繋いだ回路が接続されている。辺AEと辺BDは $x$ 軸に平行であり，回路全体は $x$ 軸に沿って平行移動できるようになっている。回路が移動する平面内における $x > 0$ の領域には，紙面の表から裏に向かう紙面に垂直な磁束密度 $B$ の磁場(磁界)がある。

導線および電流計の抵抗は無視できるとして，以下の問いに答えよ。解答は，解答用紙の所定の場所に記入せよ。また，結果だけでなく，考え方や計算の過程も記せ。

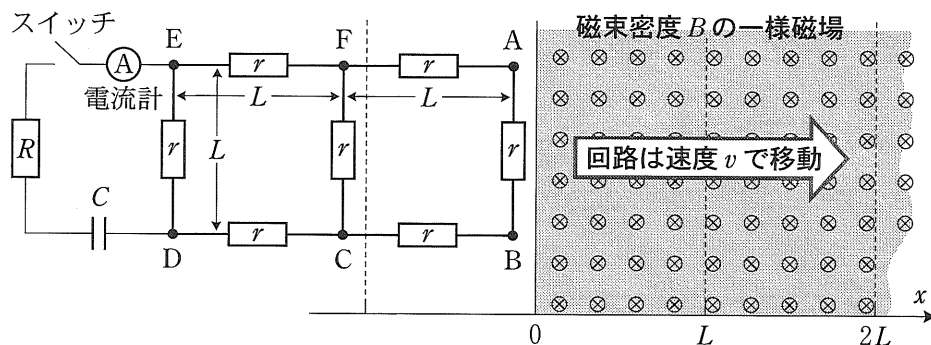


図1

問(1) コンデンサーを完全に放電した後，スイッチを開き，回路全体を磁場のない $x < 0$ の領域から一定速度 $v$ で $x$ 軸の正方向に移動させた。辺ABは時刻 $t = 0$ で $x = 0$ を通過した。 $T = \frac{L}{v}$ として，時刻 $t = 2T$ で回路を静止させた。

- 端子ED間の合成抵抗 $r'$ を $r$ で表せ。
- 時刻が $0 < t < T$ のとき，正方形回路ABCFAの内部を貫く磁束 $\Phi(t)$ を， $v$ ， $t$ ， $L$ ， $B$ を用いて表せ。
- 時刻が $0 < t < T$ のとき，導線EFを流れる電流 $i_1$ と導線FAを流れる電流 $i_2$ を， $v$ ， $r$ ， $L$ ， $B$ を用いて表せ。それぞれの電流は，EからFおよびFからAを正の向きとする。

- (d) 時刻が  $0 < t < T$  のとき、端子 ED 間の電位差の大きさ  $|V_1|$  を、 $v$ 、 $L$ 、 $B$  を用いて表せ。
- (e) 時刻が  $T < t < 2T$  のとき、端子 ED 間の電位差の大きさ  $|V_2|$  を、 $v$ 、 $L$ 、 $B$  を用いて表せ。
- (f) 時刻が  $T < t < 2T$  のとき、回路の移動速度  $v$  を維持させるために必要な外力の大きさ  $|F|$  を、 $v$ 、 $r$ 、 $L$ 、 $B$  を用いて表せ。また外力を加える向きを、 $x$  軸方向の正または負で答えよ。

問(2) 次に、回路全体を  $x < 0$  の領域にもどした。スイッチを閉じ、回路を一定速度  $v$  で  $x$  軸の正方向に移動させた。辺 AB は時刻  $t = 0$  で  $x = 0$  を通過した。問(1)と同様に  $T = \frac{L}{v}$  として、時刻  $t = 2T$  で回路を静止させた。

- (a) 電流計の値の時間変化はどのようになるかを、図 2 のグラフ(ア)~(カ)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、各グラフの縦軸と横軸は同じである。また、電流計を流れる電流の向きは左から右を正とする。

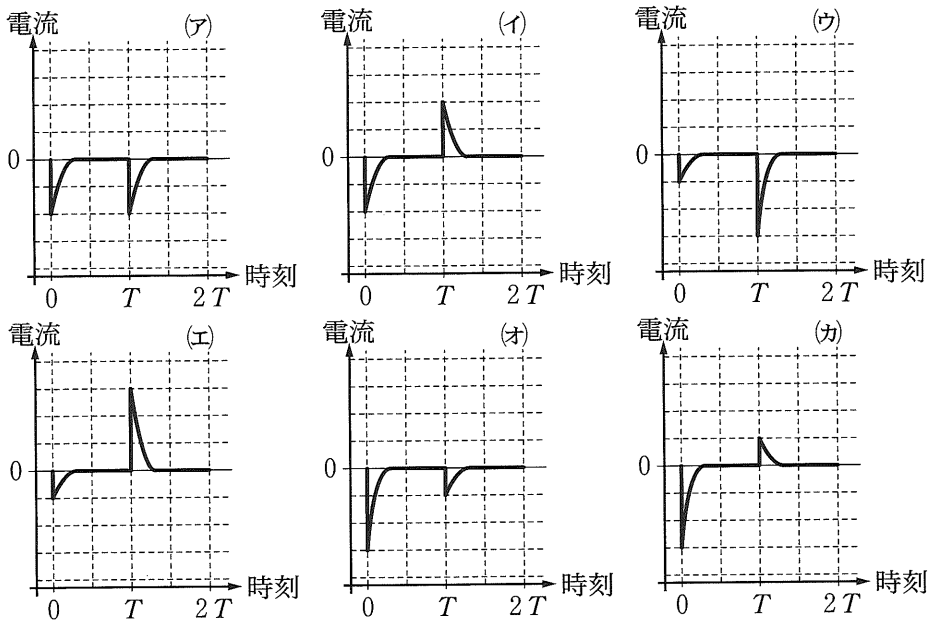


図 2

- (b) 時刻  $t = 2T$  のとき、コンデンサーに蓄積されている静電エネルギー  $U$  を、 $r$ 、 $v$ 、 $L$ 、 $C$ 、 $R$ 、 $B$  の中から必要なものを用いて表せ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

- 3 図1のように、単原子分子からなる理想気体が閉じ込められたシリンダーが水平な床の上に横向きに固定されている。シリンダーの底面は熱を伝える材料でふさがれており、側面は熱を通さない断熱材でできている。このシリンダーの内壁に沿ってなめらかに動く断熱材でできたピストン(断面積  $S$ )がはめ込まれており、シリンダーの開口部には、ピストンが抜けないように止め具が取り付けられている。ここで、ばね定数  $k$  のばねの一方の端をピストンに、もう一方の端を壁に取りつけたところ、ばねが自然の長さのときシリンダー内の気体は体積  $V_0$  になり、圧力  $p_0$ 、絶対温度  $T_0$  の大気と熱平衡であった(状態 A)。ピストンとシリンダーの熱容量、ならびに大気の温度変化は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。解答は解答用紙の所定の場所に記入せよ。また、結果だけでなく、考え方や計算の過程も記せ。

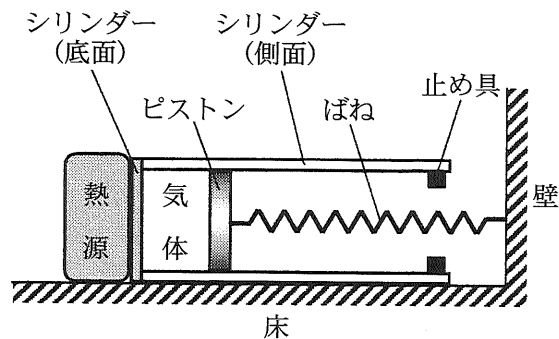


図1

- 問(1) シリンダーの底面に熱源を接触させて気体をゆっくりと加熱した。ピストンがシリンダー開口部の止め具に達して、シリンダー内の気体が体積  $V_1$  となったところで加熱を止めた(状態 B)。このときの気体の温度を  $T_1$ 、圧力を  $p_1$  とする。ただし、加熱中に熱はシリンダー内の気体から外部へ逃げないものとし、ピストンにはたらく力は加熱中つねにつき合っているとみなしてよい。

- (a) 温度  $T_1$  を,  $p_0, p_1, V_0, V_1, T_0$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 圧力  $p_1$  を,  $p_0, V_0, V_1, S, k$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (c) 状態 A から状態 B までの過程においてシリンダー内の気体が外部にした仕事を,  $p_0, p_1, V_0, V_1$  の中から必要なものを用いて表せ。

問(2) 状態 B に達した直後に熱源を取り去り, 同時にピストンからばねを取りはずして放置したところ, ピストンはしばらく止め具に接し続けた後, ある時点(状態 C)からゆっくりと移動を始めた。それから十分に時間が経過して, シリンダー内の気体は再び大気と熱平衡に達し, ピストンは静止した。ただし, ピストンの移動中, ピストンにはたらく力はつり合っているとみなしてよい。

- (a) 状態 B から状態 C までの過程におけるシリンダー内の気体の内部エネルギーの変化量を,  $p_0, p_1, V_0, V_1$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし, 気体の内部エネルギーの変化量は増加するとき正とする。
- (b) 状態 C から再び熱平衡に達するまでの過程において, シリンダー内の気体と外部の間でやり取りされる熱量を,  $p_0, p_1, V_0, V_1$  の中から必要なものを用いて表せ。ただし, シリンダー内の気体が外部から熱を吸収するとき, 求める熱量は正とする。

問(3) 状態 A から始まって状態 B, C を経て再び熱平衡に達するまでの一連の過程について考える。この一連の過程に対するシリンダー内の気体の圧力と体積の変化の様子を解答用紙のグラフに実線で描き, 状態 B と状態 C に対応する点をそれぞれ○(白丸印)と●(黒丸印)で記せ。

——このページは白紙——

——このページは白紙——