

学 力 検 査 問 題

理 科

平成 29 年 2 月 25 日

(理科 1 科目受験者)	(理科 2 科目受験者)
自 12 時 30 分	自 12 時 30 分
至 13 時 30 分	至 14 時 30 分

答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、物理基礎・物理(3～12 ページ)、化学基礎・化学(13～24 ページ)、生物基礎・生物(25～44 ページ)、地学基礎・地学(45～54 ページ)の各問題があります。総ページは 54 ページです。
- 2 解答用紙は、それぞれ 1 枚(表裏の 2 ページ)です。
- 3 下書き用紙は、各受験者に 1 枚あります。
- 4 受験番号は、解答用紙の所定の場所に、必ず記入しなさい。
- 5 解答は、解答用紙に記入しなさい。
出願の際に届け出た科目以外の科目について解答しても無効となります。
- 6 配付した解答用紙は、持ち出してはいけません。
- 7 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ってください。

このページは白紙です。

物理基礎・物理 (3 問)

- 〔Ⅰ〕 図1のように、水平面 S_0 に対して角度 θ をなす粗い斜面の上に、物体 A を置く。物体 A は底面が一辺 b の正方形で、高さが h 、質量が m の一様な直方体である。物体 A の底面の一辺と斜面の傾斜方向とが一致するようにして、静かに手を離した。斜面と物体 A の間の静止摩擦係数を μ_0 、動摩擦係数を μ_1 ($\mu_0 > \mu_1$) とする。重力が鉛直下方に働き、その加速度の大きさを g とする。空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。また、解答用紙には、結果だけでなく、導き方も記せ。

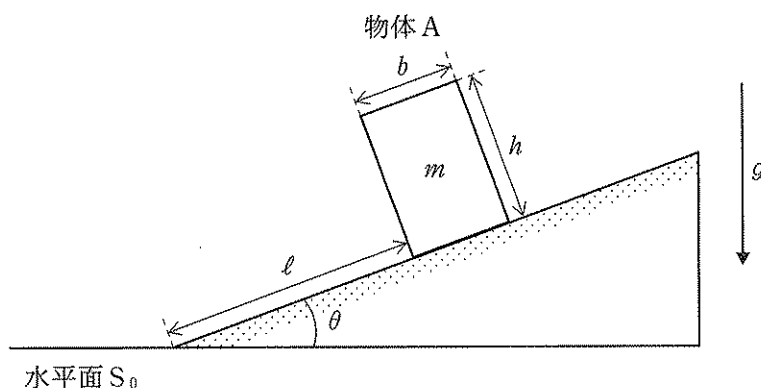


図 1

- 問 1 手を離した後、物体 A が倒れないための条件と、物体 A が斜面に沿って滑り出す条件を導き、これら 2 つの条件から物体 A が倒れずに滑り出すための条件を求め、 μ_0 、 h 、 b を用いて示せ。
- 問 2 物体 A が動き始めてから斜面に沿って距離 l を滑り降りた時点での物体 A の速さ v を、 m 、 g 、 l 、 μ_0 、 μ_1 、 θ 、 b 、 h のうち必要なものを用いて示せ。

物体 A は斜面に沿って距離 ℓ を滑り降りた後、滑らかに水平面 S_0 に移った。水平面 S_0 は滑らかで、その上を移動する物体との間に摩擦はないものとする。図 2 のように、斜面から水平面 S_0 に移った物体 A は、水平面 S_0 上を左向きに速さ v_A で滑り、水平面 S_0 の左端に静止している質量 $2m$ の物体 B と衝突した。衝突後、物体 A は水平面 S_0 上で静止し、物体 B は水平面 S_0 の端から水平に飛び出した。物体 B は水平面 S_0 の鉛直下方にある滑らかな水平面 S_1 に、水平面と角度 60° をなす方向から衝突し、水平面と角度 45° をなす方向にはねかえった。

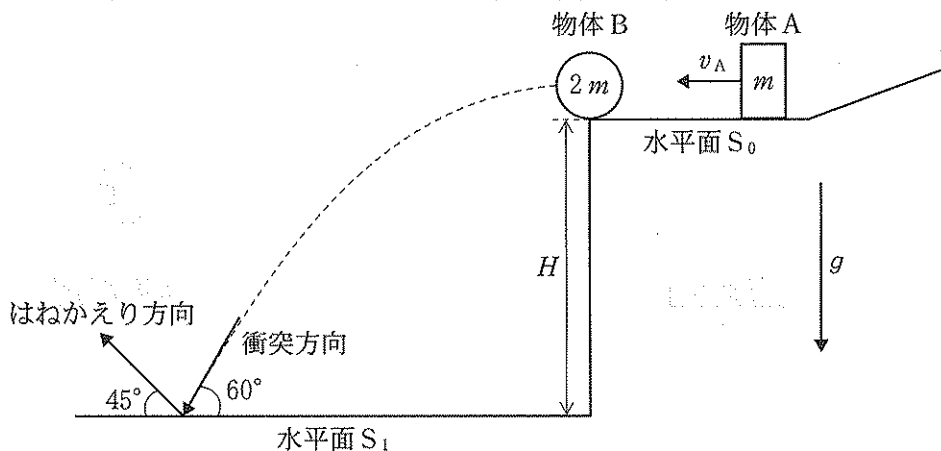


図 2

問 3 物体 A が物体 B に衝突した直後の物体 B の速さ v_B を、 m 、 g 、 v_A のうち必要なものを用いて示せ。

問 4 水平面 S_0 の水平面 S_1 からの高さを H としたとき、 H を m 、 g 、 v_A のうち必要なものを用いて示せ。

問 5 水平面 S_1 と物体 B との間の反発係数 e を求めよ。

問 6 物体 B が水平面 S_1 との衝突によって受ける力積の大きさ I を、 m 、 g 、 v_A のうち必要なものを用いて示せ。

〔Ⅱ〕 図1のような断熱材でできた容器がある。この容器の中央部分には、容器を空間Aと空間Bに分けることができる仕切り板が挿入されている。仕切り板は熱を伝える板または断熱板でできている。容器上部には断熱材でできたピストンが取り付けられており、このピストンには容器の外側から外気圧 P_0 が加わっている。また、空間Aには気体を加熱可能な加熱器が設置されている。容器内の仕切り板は、上下に動いたり、変形したりしない。また、容器とピストンや仕切り板との摩擦、仕切り板と加熱器の体積および熱容量、容器の内部と外部との間の仕切り板を通した熱の出入りは無視できるものとする。さらに、仕切り板を入れ換える際、空間Aと空間Bの気体は混合したり、外部に漏れたりしないものとする。

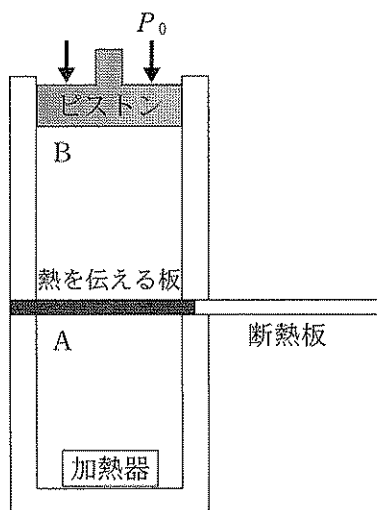


図 1

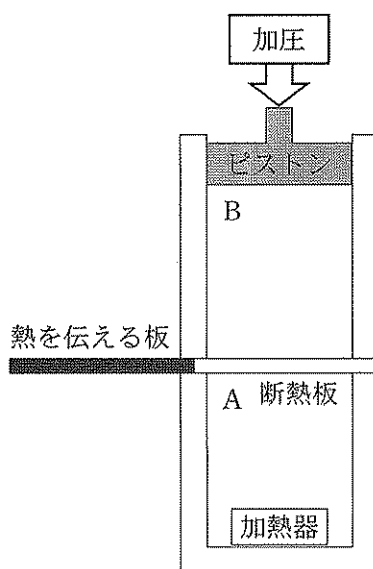


図 2

まず、図1のように、熱を伝える板を容器内に挿入し、空間Aと空間Bにそれぞれ同じ単原子分子からなる理想気体を同じ物質質量だけ注入した。この時のAとBの空間内の気体の温度と体積はそれぞれ同じ値 T_0 と V_0 になった(状態0)。この状態で、空間Aの気体を加熱器で加熱すると、十分長い時間が経過した後、両空間の気体の温度はどちらも T_1 に上昇した(状態1)。

気体定数を R として、下記の文章中の空欄の , , , , および に入る数式を P_0 , V_0 , R , T_0 , T_1 のうち必要なものを用いて解答欄に記入せよ。

また、 , , には のうち最も適切な語句を選び、解答欄に記入せよ。

状態 0 での空間 A の気体の物質量は である。また、状態 0 から状態 1 への空間 A の気体の変化は 変化であり、その変化の過程で、空間 A の気体が吸収した熱量は となる。

一方、空間 B の気体の状態 0 から状態 1 への変化は 変化であり、状態 1 での空間 B の気体の体積は となる。状態 0 から状態 1 への変化の過程で、空間 B の気体がピストンにした仕事は となり、空間 B の気体が吸収した熱量は となる。

次に、図 2 のように、状態 1 の温度と圧力を保ったまま、仕切り板をずらして断熱板に換えた(状態 2)。その後、ピストンをゆっくり下に動かして気体を圧縮したところ、空間 B の気体の温度が $3T_1$ となった(状態 3)。この状態 2 から状態 3 への空間 B の気体の変化は 変化であり、ピストンが気体にした仕事は となる。

〔Ⅲ〕 電磁誘導と交流回路に関する以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 に示すように、一様な磁束密度 B の磁場(鉛直上向き)に垂直な平面上に、距離 l だけ隔てて平行に置かれた 2 本の導体レールがある。レールの上に置かれた質量 m の導体棒は、変形しないレールの上を、レールに対して直角に置かれた状態を保ったまま滑らかに動く。図のように、導体棒とレールとの接点を P, Q, レールの端点をそれぞれ R, S とする。導体棒の中心には不導体のばね(ばね定数 k)が取り付けられており、ばねの片側は固定されている。いま、ばねを自然の長さから A ($A > 0$) だけ伸ばした位置まで導体棒を動かし、静かに手を離して導体棒を単振動させた。図に示したレールに平行な x 軸の原点 O は、ばねが自然の長さのときの導体棒の位置で、 x 軸の正方向は、ばねが伸びる向きとする。なお、導体レールと導体棒の電気抵抗は無視できるものとする。このとき次の文章を読み、以下の問(i)と問(ii)に答えよ。

単振動の周期 T は、 k を使うと $T =$ ア と書ける。磁場中を導体棒が動くと誘導起電力が生じるが、導体棒を電源と見なしたとき、手を離してから初めて原点 O を通過する瞬間の正極は イ である。いま、導体棒の速さを v とおくと、誘導起電力の大きさ V は、 $V =$ ウ である。単振動の力学的エネルギー保存則より、原点 O での導体棒の運動エネルギーは、初めにばねが蓄えていた弾性エネルギー エ に等しく、これを使うと原点 O における導体棒の速さを、 k を含む数式で表すことができる。この数式と原点 O で導体棒の速さが最大であることを使うと、 V の最大値 V_0 は、 $V_0 =$ オ と書ける。

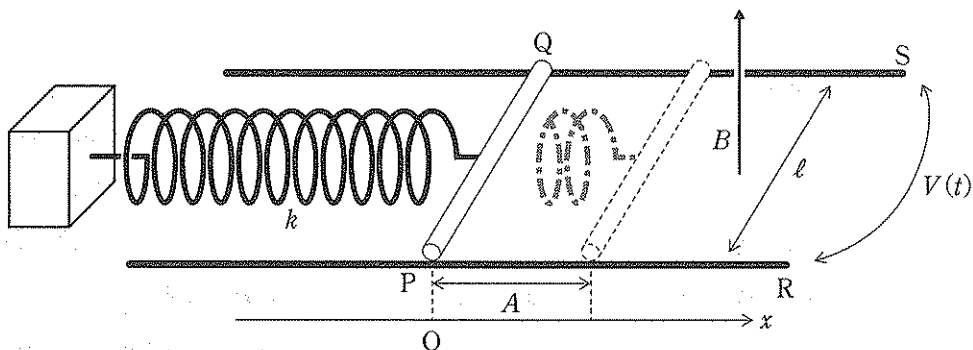


図 1

問(i) 前のページの文章中の空欄 ア , ウ , エ , オ に入る数式を, A, B, k, ℓ, m, v のうち必要なものを用いて表し, 解答欄に記入せよ。また空欄 イ には P, Q から適切なものを選び, 解答欄に記入せよ。

問(ii) 手を離して導体棒が単振動を始めた瞬間の時刻を $t = 0$ とし, 時刻 t に R, S の間に生じる誘導起電力を $V(t)$ とする。誘導起電力の絶対値 $|V(t)|$ が $\frac{V_0}{2}$ となる時刻を, 時刻 0 から T の間ですべて求め, T を用いて示せ。

問 2 図 2 のように、抵抗値 R の抵抗、自己インダクタンス L のコイル、および、電気容量を変えることができるコンデンサー(可変コンデンサー)を直列に接続した回路をつくり、交流電源につなぐ。このあと、 O を接地して電圧の基準にとり、交流電源の周期ごとに OA 間と OB 間の電圧の時間変化を表す波形をオシロスコープで観察し続ける。オシロスコープの観察では、 OA 間の電圧が負から正の値に向かって 0 になる瞬間を時刻 t の原点とする。交流電源は、電圧の最大値 V_0 ($V_0 > 0$)、周期 T の交流電圧を発生するものとする。このとき、次の文章を読み、以下の問(i)と問(iii)に答えよ。

交流電源の角周波数を周期 T で表すと ア である。交流電源の電圧の最大値 V_0 と角周波数は一定であるから、 OA 間の電圧の波形は変わらない。一方、 OB 間の電圧の波形は、コンデンサーの電気容量をゆっくり変えていくと、連続的に変化する。これは、抵抗の抵抗値 R とコイルの誘導リアクタンス イ は一定であるが、コンデンサーの容量リアクタンスが変化するために、インピーダンスと位相が変化するためである。

いま、コンデンサーの電気容量が C であるとする、コンデンサーの容量リアクタンスは ウ であり、回路のインピーダンスは エ と表すことができる。電気容量 C の値を オ にすると、インピーダンスは最小値 カ になり、オシロスコープで観察すると OA 間と OB 間の電圧の波形が一致することがわかる。

コンデンサーの電気容量を オ から増加させると、 OB 間の電圧の波形が変化した。このとき、オシロスコープで観察すると、 OB 間の電圧は時刻 $t = \frac{3}{8}T$ で最大値をとることがわかった。さらに、電気容量を増加させていくと、 OB 間の電圧の波形の変化は続き、 OB 間の電圧の最大値は減少して一定値に近づいていった。

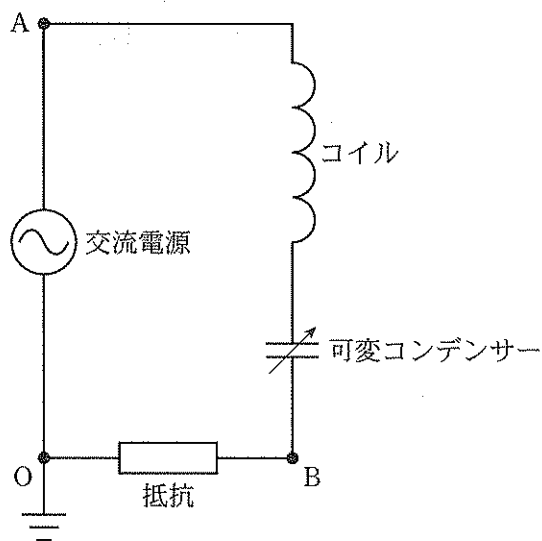


図 2

問(i) 文章中の ア ~ カ にあてはまる数式を解答欄に記入せよ。それぞれ, R , L , C , V_0 , T のうち必要なものを用いて示せ。

問(ii) 下線部の場合について, 回路を流れる電流に対する電源電圧の位相に着目してコンデンサーの電気容量を求め, R , L , V_0 , T のうち必要なものを用いて示せ。導き方も記せ。

このページは白紙です。