

平成 28 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 28 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～23ページ，化 学……24～39ページ

生 物……40～51ページ，地 学……52～62ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理，化学，生物，地学のうちから 2 科目選択	13：30～16：00 (150 分)
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，62 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。ただし，冊子の留め金を外したり，ページを切り離しては使用しないこと。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。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

物 理

- 1 図1のように、断面が三角形で質量が m_A の物体 A が水平面上に置かれ、物体 A の上に質量 m_B の小球 B が置かれている。この状態で、物体 A に水平方向の外力を加えたときの運動について考える。全ての物体は紙面と平行な方向にのみ運動し、物体 A は常にその底面が水平面から離れることなく運動する。また、物体 A の斜面上に垂直に固定された平板により、小球 B が点 O より下方に動くことはない。なお、点 O は物体 A の斜面上にあり、そこから斜面に沿って頂点 P へ向かう方向を x 軸、斜面と直交して上向き方向を y 軸とする。小球 B の大きさ、すべての表面間の摩擦、空気抵抗、平板の質量は無視できるものとし、重力加速度を g 、物体 A の傾斜角を θ ($0 < \theta < 90^\circ$) として、以下の問(1)~(3)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。

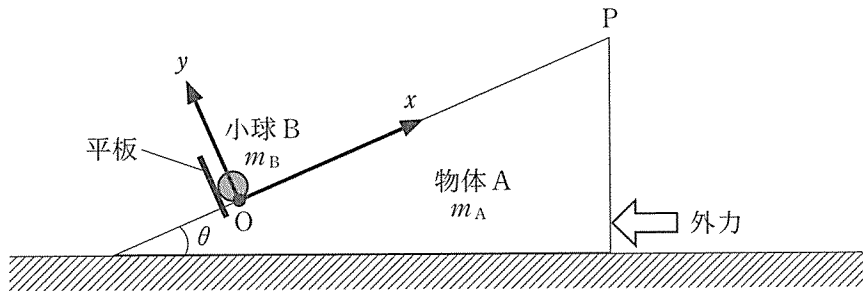


図 1

問(1) 最初は重力以外の外力がなく、小球 B が点 O の位置に静止した状態にあるものとし、ある時点から図 1 のように外力が加わった場合を考える。

- (a) 外力が加わったことにより、物体 A が加速度 a_A で運動を始めた。このとき物体 A に固定された観測点から見ると、小球 B には、物体 A の加速度とは逆の向きに、大きさ $|m_B a_A|$ の慣性力が働いていると考えることができる。このとき小球 B に作用する重力と慣性力の合力 \vec{F} を、 x 成分 F_x と y 成分 F_y に分けて、それぞれ m_A , m_B , g , θ , a_A のうちから必要なものを用いて表せ。なお、 a_A は水平面上に固定された観測点から見たときの加速度であり、図 1 の左方向へ加速する場合を正とする。
- (b) 問(1)(a) で、小球 B が x 軸方向へ動き出すために、 a_A が満たすべき条件は何か、 m_A , m_B , g , θ のうちから必要なものを用いて表せ。

問(2) 図2のように物体Aにばね定数 k のばねを取り付け、ばねの另一端を水平面に固定された壁につなげた場合を考える。ただし、ばねの質量は無視できるものとする。なお、点Oから点Pまでの距離は十分に長く、小球Bが物体Aの斜面の頂点Pに達することはないものとする。また、小球Bの質量は物体Aの質量に比べて十分に小さく、物体Aの運動を考える上で小球Bの影響は無視できるものとする。

- (a) ばねが自然長より L だけ短くなるように水平に物体Aを動かし、静かに手を離す。このとき、点Oにある小球Bが x 軸方向へ動き出すための L が満たすべき条件は何か、 m_A , m_B , g , k , θ のうちから必要なものを用いて表せ。
- (b) 物体Aと小球Bについて、問(2)(a)で動き出したあとの運動を考える。小球Bが常に物体Aの斜面から離れず、斜面と接し続けるために L が満たすべき条件は何か、 m_A , m_B , g , k , θ のうちから必要なものを用いて表せ。
- (c) 問(2)の(a)(b)をともに満たす L の範囲は、物体Aの傾斜角 θ によって変化する。そして、ある傾斜角 θ_{\max} 以上では、(a)と(b)がともに成立するような L は存在しない。 θ_{\max} の値を求めるとともに、問(2)の(a)(b)をともに満たす L の範囲と θ の関係を解答用紙に図示せよ。なお、図示の際には、 L を縦軸とし、 $\sin \theta$, $\cos \theta$, $\tan \theta$ の中から適切なものを一つ選択して横軸とすること。さらに、問(2)の(a)(b)をともに満たす L の範囲を斜線で塗りつぶすこと。ただし、この図において境界線が範囲に含まれるか否かは明らかにしなくてよい。

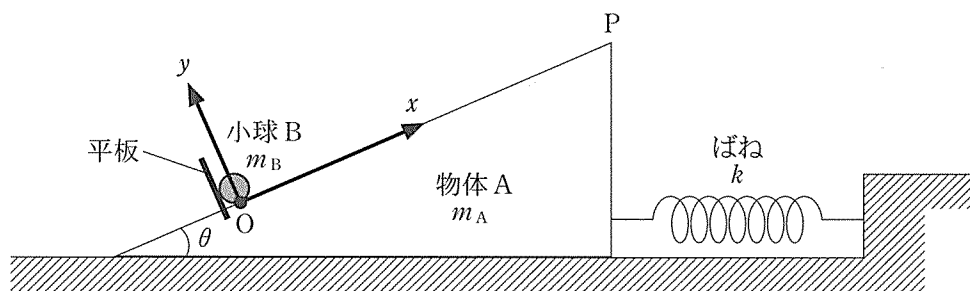


図 2

問(3) 図3のように、小球Bを質量 m_C の小球Cに取り換える。小球Bと小球Cの違いは質量のみである。ここで、物体Aの運動にとって小球Cの影響は無視できないものとし、また、 $\theta = 30^\circ$ とする。それ以外の条件は問(2)と同じとする。

(a) ばねが自然長より L だけ短くなるように水平に物体Aを動かし、静かに手を離すと、小球Cが点Oから x 軸方向へ動き出し、斜面から離れることなく点Oに戻ってきた。小球Cは点Oに戻るときに平板と衝突し、衝突直前の平板に対する小球Cの相対速度は \vec{v}_C ($|\vec{v}_C| = v_C$) であった。一方、その衝突直前の物体Aと平板の速度は v_A 、衝突直後の物体Aと平板の速度は v'_A であった。なお、 v_A と v'_A は、ともに水平面上に固定された観測点から見た速度であり、図3の左方向へ進む場合を正とする。

衝突直後の物体Aの速度 v'_A を、 v_A 、 v_C 、 m_A 、 m_C 、 g 、 k 、 L のうちから必要なものを用いて表せ。なお、小球Cと平板の間のはね返り係数は0であり、この衝突は瞬間的に起こるものとする。

(b) 問(3)(a)の衝突は、物体Aが動き出してから、ばねが最も伸びる時点までの間に生じていた。そして、衝突後にばねが最も伸びたとき、ばねは自然長より L' だけ長かった。 L' を、 v_A 、 v_C 、 m_A 、 m_C 、 g 、 k 、 L のうちから必要なものを用いて表せ。

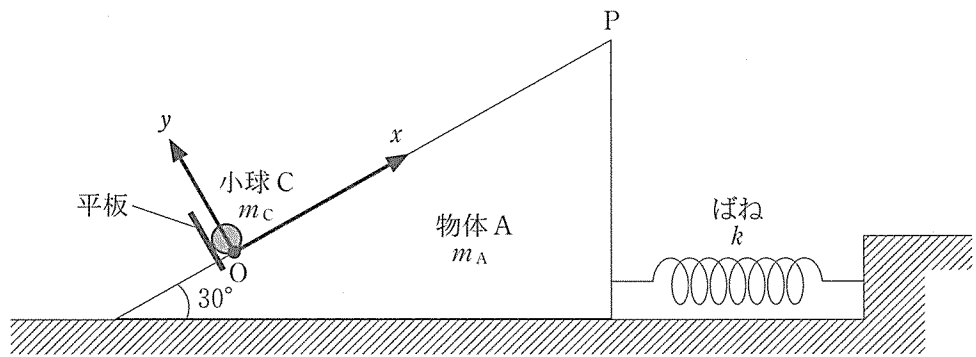


図 3

——このページは白紙——

——このページは白紙——

- 2 平行板コンデンサーに直流電源を接続した回路について考える。以下の問(1), (2)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。

問(1) 図1のように、極板 AB 間の間隔が $5d$ で極板面積が S の平行板コンデンサー、電圧 V_0 の直流電源、およびスイッチからなる回路がある。コンデンサーは真空中に設置されている。真空の誘電率は ϵ_0 とする。極板の面積は十分広いものとする。最初スイッチは開いており、コンデンサーに電荷はない。スイッチを閉じて十分時間が経過した後、コンデンサーの間に極板 A、B と同じ奥行きと幅で厚みが d の帯電していない金属板 M を、極板 A、B と両端の位置が一致するところまで平行に挿入する。このとき金属板 M の挿入を十分ゆっくり行い、回路内のジュール熱の発生を無視できる場合を考える。挿入した状態での極板 B と金属板 M の間隔を x ($0 < x < 4d$) とする。

- (a) 金属板 M を挿入した状態での、極板 A と金属板 M の間の電気容量 C_A と、極板 B と金属板 M の間の電気容量 C_B を、 d, S, V_0, x, ϵ_0 の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。
- (b) 金属板 M を挿入した状態での、極板 A、B と金属板 M からなるコンデンサーの電気容量 C と、このコンデンサーに蓄積された静電エネルギー U を、 d, S, V_0, x, ϵ_0 の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。
- (c) 金属板 M の挿入によって極板 A に蓄えられる電気量は変化した。この電気量の変化 ΔQ を、 d, S, V_0, x, ϵ_0 の中から必要なものを用いて符号を含めて表せ。
- (d) 金属板 M の挿入の際に電池がした仕事 W_p と外力がした仕事 W_e を、 d, S, V_0, ϵ_0, x の中から必要なものを用いてそれぞれ符号を含めて表せ。

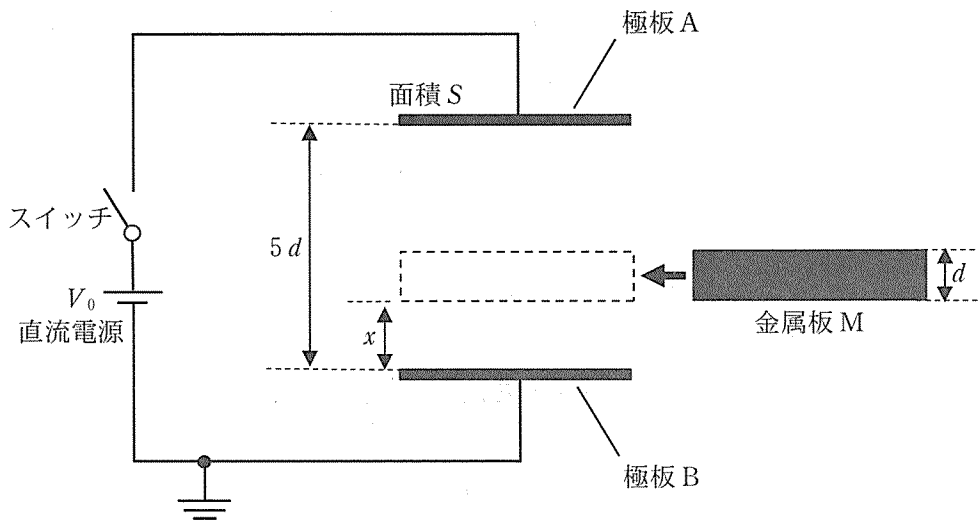


図 1

問(2) 問(1)と同じ極板 A, B と金属板 M からなる平行板コンデンサー, 電圧 V_0 の直流電源, およびスイッチを用いた図 2 のような回路を考える。金属板 M は, 極板 A, B と両端の位置が一致するところまでコンデンサーに平行に挿入されている。金属板 M は挿入された状態で極板 A, B と平行を保ったまま, 位置を変化させることができる。この位置の変化は, 回路内のジュール熱の発生を無視できる程, 十分ゆっくり行うものとする。最初, スイッチは開いていて極板 A, B および金属板 M に電荷はなく, 金属板 M は極板 B との間隔 x が $x = d$ となる位置に固定されている。

- (a) スイッチを閉じて十分に時間が経過した後, 極板 A, B および金属板 M にそれぞれ蓄積された電気量 Q_A, Q_B, Q_M を, d, S, V_0, ϵ_0 の中から必要なものを用いて符号を含めて表せ。
- (b) 次にスイッチを開き, 金属板 M を極板 A, B と平行を保ったまま, 金属板 M と極板 B との間隔が $x = d$ となる位置から $0 < x < 4d$ の範囲で変化させた。極板 A, B と金属板 M からなるコンデンサーに蓄積された静電エネルギー U の x に対する変化を導き, 静電エネルギー U が最大となる値 U_m とそのときの間隔 x_m を, d, S, V_0, ϵ_0 の中から必要なものを用いてそれぞれ表せ。また, x と U の関係を解答用紙のグラフに実線で描け。
- (c) 極板 B との間隔が $x = d$ から $x = x_m$ になる位置まで金属板 M を移動させる際に外力がした仕事 W_e を, d, S, V_0, ϵ_0 の中から必要なものを用いて表せ。
- (d) 問 2(a) の状態からスイッチを閉じたまま, 極板 B との間隔が $x = d$ から $x = x_m$ になる位置まで金属板 M を移動させた場合, 外力がした仕事 W'_e を, d, S, V_0, ϵ_0 の中から必要なものを用いて表せ。

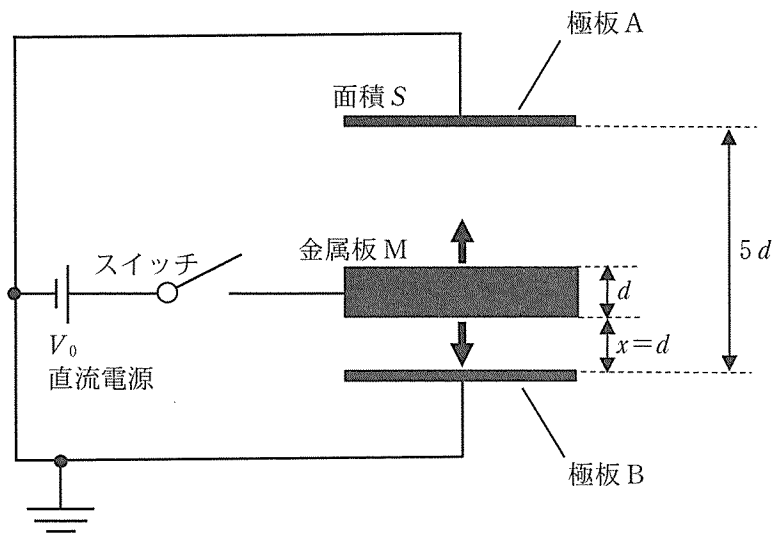


図 2

——このページは白紙——

——このページは白紙——

3 図1に示すように、一様な断面積 S を持つシリンダーが単原子分子の理想気体の中で温度調節器の上に鉛直に固定されている。シリンダー外部の気体の圧力は常に p_0 に保たれており、温度は一定であるとする。シリンダーは底部を除いて断熱材でできており、シリンダー底部は、熱伝導の良い材料でできている。シリンダー内部には、上下になめらかに動くことのできる、断熱材でできた質量 M のピストンがある。シリンダー内部はピストンにより2つの空間 A, B に区切られており、温度調節器により、空間 B の気体の温度を変化させることができる。また、シリンダー上部には断熱材でできたフタが取り付けられている。

気体の質量は無視できるものとし、気体定数を R 、重力加速度を g として、以下の問(1)~(3)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。

問(1) シリンダー上部のフタが閉じている状態で、シリンダー外部の気体と同じ種類の単原子分子理想気体を空間 A, B に 1 mol ずつ封入した。十分に時間が経過した後、ピストンは静止し、空間 A の気体の圧力が p_{A0} となった。また、このときの空間 A および B の高さは、それぞれ h_A , h_B であった。この状態を状態 0 とする。

- (a) 状態 0 における、空間 A の気体の絶対温度 T_A を、 h_A , p_{A0} , R , S の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 状態 0 における、空間 B の気体の圧力 p_B および絶対温度 T_B を、 g , h_B , M , p_{A0} , R , S の中から必要なものを用いて表せ。

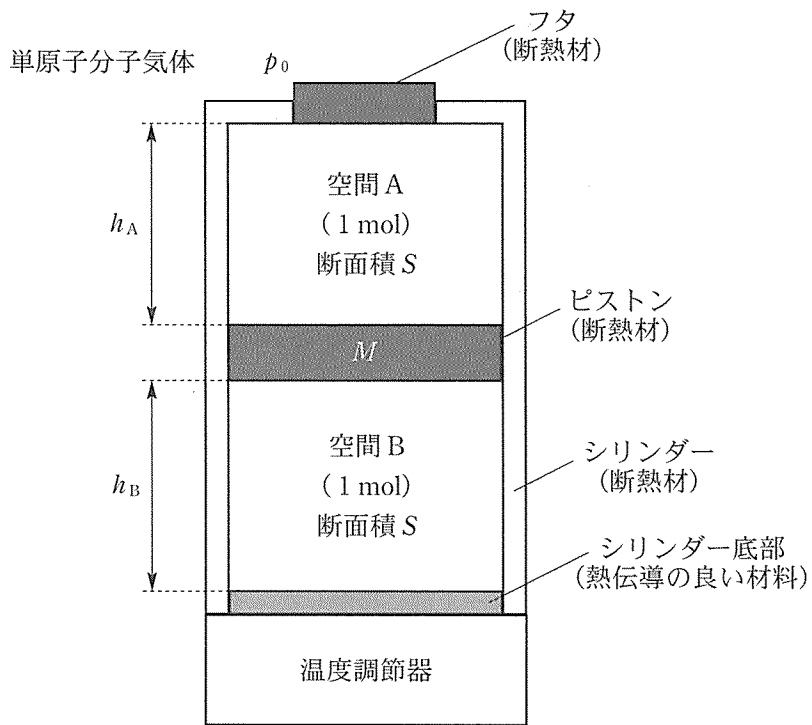


図 1

問(2) 続いて、図 2 に示すように、フタが閉じている状態で状態 0 から温度調節器を使って空間 B の気体を徐々に加熱したところ、ピストンはゆっくりと上昇し、空間 A の気体の圧力が p_{A1} となった。この状態を状態 1 とする。また、状態 0 から状態 1 までのピストンの移動距離を x とする。

- (a) 状態 0 から状態 1 までに、空間 A の気体がピストンからされた仕事 W を、 h_A , p_{A0} , p_{A1} , S , x の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 状態 0 から状態 1 までに、空間 B の気体に加えられた熱量 Q を、 g , h_A , h_B , M , p_{A0} , p_{A1} , S , x の中から必要なものを用いて表せ。

問(3) 状態 1 からフタを外した。フタを外した後、空間 B の気体を加熱し続けると、ピストンはシリンダー上部に接触した。その後、温度調節器により空間 B の気体を徐々に冷却したところ、ピストンはシリンダー上部から離れた。離れた瞬間を状態 2 とする。さらに冷却を続けると、ピストンがゆっくりと下降し始めた。その後、空間 B の高さが h_B となった。この状態を状態 3 とする。

- (a) 状態 2 から状態 3 までに、空間 B の気体がピストンからされた仕事 W' を、 g , h_A , M , p_0 , S の中から必要なものを用いて表せ。
- (b) 状態 2 から状態 3 までに、空間 B の気体から奪われた熱量 Q' を、 g , h_A , M , p_0 , S の中から必要なものを用いて表せ。

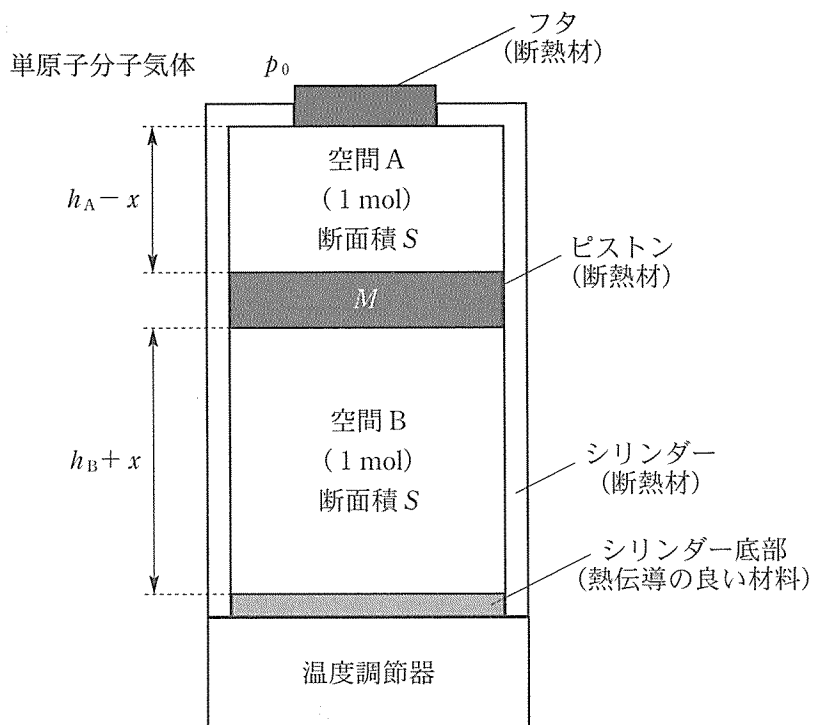


図 2

——このページは白紙——

——このページは白紙——