

平成22年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理	1～10
化 学	11～24
生 物	25～38
地 学	39～51

化学については、問題 **1** から問題 **5** までは必ず解答し、問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。

地学については、問題 **1** と **2** を必ず解答し、問題 **3** ～ **5** の3題のうちから2題を選択して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

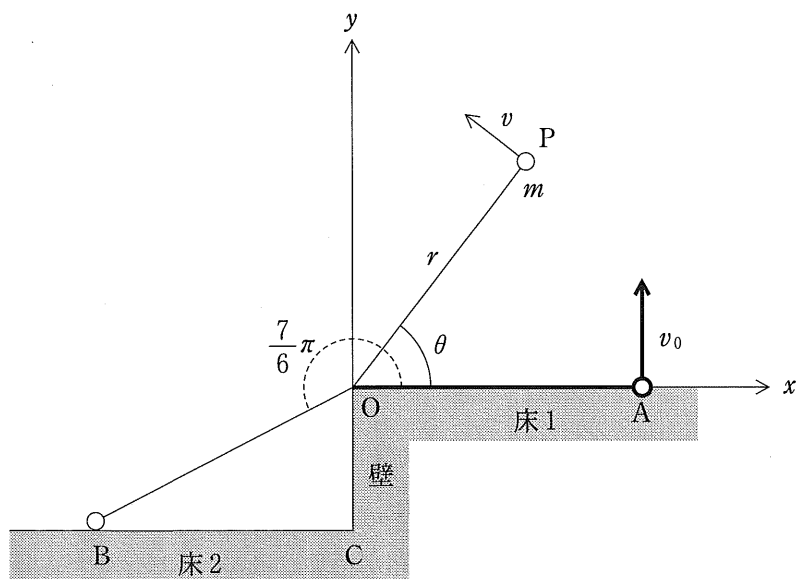
1. 試験開始の合図があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 図は、水平でなめらかな2つの床1および床2と鉛直に立つ壁からなる実験装置を真横から見たものである。長さ r の糸の一端を床1の左端の点Oに固定し、もう一端には質量 m のおもりを結んだ。床1の上で点Oから r だけ離れた点Aにおもりを置き、鉛直方向上向きに初速 v_0 を与えたところ、おもりは、点Oを原点とし、水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とする平面内において円運動をした。 x 軸、 y 軸の正の向きはそれぞれ右向き、上向きとする。OAと糸のなす角度が θ のときのおもりの位置はP、おもりの速さは v である。おもりは $\frac{7}{6}\pi$ の角度だけ回転したところで床2上の点Bに衝突し、BCに対して $\frac{\pi}{6}$ の角度で壁方向にはね返った。ここで、衝突直前の速さは v_1 、直後の速さは v_2 であった。その後、はね返ったおもりは点Oから鉛直方向下向きに $\frac{1}{8}r$ 離れた位置で壁にぶつかった。重力加速度の大きさを g とし、糸の質量や糸とおもりの大きさ、空気抵抗は無視できる。また、おもりがはね返った後、糸はおもりの運動をさまたげないものとする。

- (1) Pの位置における糸の張力 T の大きさを v 、 m 、 r 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (2) v を v_0 、 r 、 g 、 θ を用いて表せ。
- (3) おもりが xy 面内を円運動して点Bに達するために必要な v_0 の最小値を r 、 g を用いて表せ。
- (4) 点Bに衝突する直前のおもりの x 方向、 y 方向の速度成分を v_1 を用いて表せ。
- (5) おもりと床2の間の反発係数(はね返り係数) e を数値で表せ。

- (6) 点Bではね返った直後のおもりの速さ v_2 を r, g を用いて表せ。また, v_2 を導いた手順について示せ。
- (7) 点Bでの衝突の際に, おもりが床2から受けた力積の大きさを m, r, g を用いて表せ。



2

次の各問いに答えよ。

問 1 次の から に適当な式または語句を入れよ。

断面積 S 、長さ l 、巻き数 N のソレノイドがある。ソレノイドに電流 I を流すと内部には、中心軸に平行で一様な磁場ができた。この磁場の強さ H は、 I 、 l 、 N を用いると、 である。また、ソレノイドの内部の透磁率を μ_0 とすると、ソレノイド内部の磁束密度 B は、 H 、 μ_0 を用いて となる。

ソレノイドに流れる電流 I が Δt 時間に ΔI だけ増加したとすると、ソレノイドのひと巻きあたりに生じる誘導起電力の大きさ V は、 S 、 l 、 N 、 μ_0 を用いて、 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ となる。これを N 倍してソレノイド全体で生じる誘導起電力の大きさを $L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ と表すとき、係数 L は とよばれる。

問 2 図に示すように、電気容量が C 、 $2C$ 、 $3C$ のコンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 、抵抗値が R 、 $2R$ の抵抗 R_1 、 R_2 、スイッチ S_1 、 S_2 、起電力が E 、 nE (E の n 倍) の電池 E_1 、 E_2 からなる回路がある。最初、スイッチ S_1 、 S_2 は開いており、コンデンサー C_1 、 C_2 、 C_3 には電荷はないものとする。

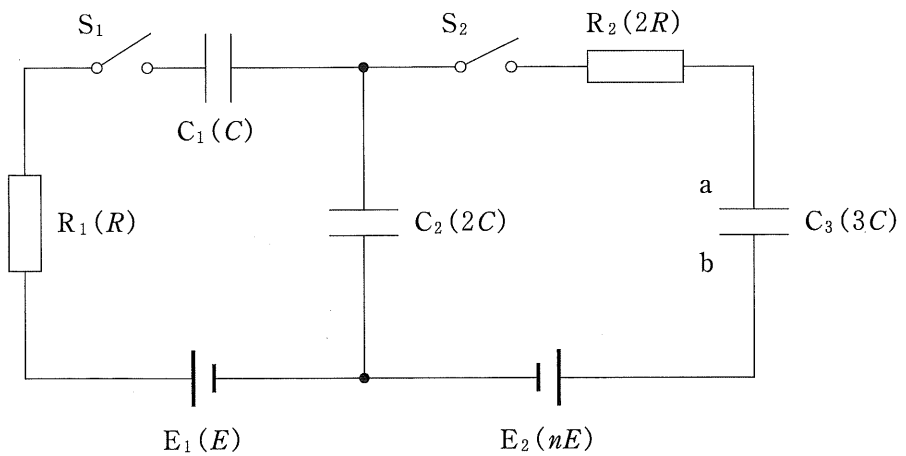
操作 1 : スイッチ S_1 を閉じた。

- (オ) 閉じた直後に抵抗 R_1 に流れる電流はいくらか。ただし、抵抗 R_1 を図の上向きに流れる電流を正の向きとする。
- (カ) 十分に時間がたち、抵抗 R_1 に電流が流れなくなった。この状態においてコンデンサー C_1 にたくわえられた電荷はいくらか。また、コンデンサー C_2 にたくわえられた静電エネルギーはいくらか。

操作 2 : 上記(カ)の状態ですイッチ S_1 を開き, スイッチ S_2 を閉じた。

(キ) 閉じた直後に抵抗 R_2 に流れる電流はいくらか。ただし, 抵抗 R_2 を図の左向きに流れる電流を正の向きとする。

(ク) 十分に時間がたち, 抵抗 R_2 に電流が流れなくなった。この状態においてコンデンサー C_2 にたくわえられた電荷はいくらか。また, コンデンサー C_3 の極板 b に正の電荷がたくわえられるための n の範囲を示し, 理由を述べよ。



3 図のように円筒容器が水平に置かれている。この円筒容器の壁は断熱されており、中は断熱性の仕切り板(断面積 S)と円筒容器の外部との熱の出入りが自由なピストン(断面積 S)によって2つの部分に区切られている。これらの仕切り板とピストンは左右になめらかに動く。左側には単原子分子の理想気体 A が封入されており、熱が加えられるようにヒーターが取り付けられている。また右側には単原子分子の理想気体 B が封入されている。初期状態では、気体 A、気体 B の圧力は P_0 、温度は T_0 であり、どちらの気体も円筒容器の外部の圧力および温度と等しかった。また、円筒容器の左端から仕切り板までの距離と仕切り板からピストンまでの距離はともに l_0 であった。ただし、仕切り板の厚さは無視できるものとする。

過程 a

初期状態において、ヒーターで気体 A に熱を加えると、仕切り板とピストンはゆっくり右側に移動した。そして、しばらくして熱を加えるのをやめると、仕切り板とピストンは停止した。このときの気体 A の温度は T_1 であった。

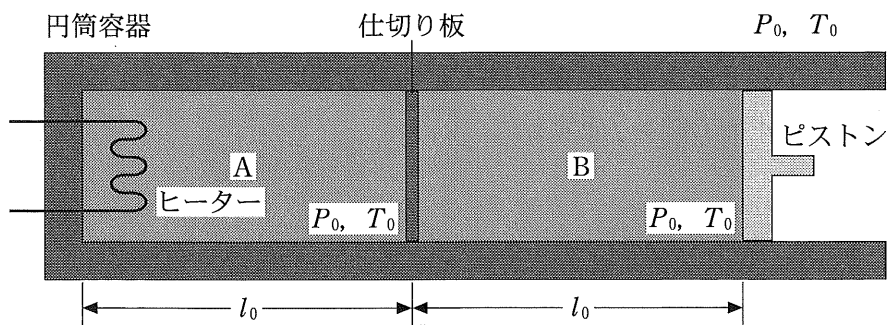
- (a) 気体 A の内部エネルギーの変化量 ΔU を P_0 、 T_1 、 T_0 、 l_0 、 S を用いて表せ。
- (い) ピストンが停止したときの気体 A の体積 V_A を T_1 、 T_0 、 l_0 、 S を用いて表せ。
- (う) 気体 A に加えられた熱量 Q を P_0 、 T_1 、 T_0 、 l_0 、 S を用いて表せ。

過程 b

初期状態において、ピストンを動かないように固定してヒーターで気体 A に熱を加えると仕切り板はゆっくり右側に移動した。そして、しばらくして熱を加えるのをやめると、仕切り板は停止した。このときの気体 A の温度は $\frac{3}{2} T_0$ であった。

- (え) 仕切り板が停止したときの気体 A の圧力 P_1 を P_0 を用いて表し、また、仕切り板が移動した距離 l_1 を l_0 を用いて表せ。

- (お) 気体 B が周囲から加えられた仕事を W として、気体 A と気体 B が吸収または放出した熱量 Q_A と Q_B をそれぞれ P_0, S, l_0, W のうち必要なものを用いて表せ。ただし、吸収の場合を正、放出の場合を負とする。
- (か) 過程 b における気体 B の圧力と体積の関係についてグラフを描き、さらに気体 B が周囲から加えられた仕事 W に相当する面積を斜線によって示せ。



4 次の文章中の (a) から (g) に適当な数値または式を入れよ。

(I) 図1内の各線分の長さを $\overline{\quad}$ の記号で表す。例えば、線分 AB の長さを \overline{AB} で表す。

図1に示すように O の位置に凸レンズ L を配置する。物体 AB は1つの波長の光で照らされており、F はこの光に対する焦点の位置を表す。物体の大きさを $\overline{AB} = p$ 、像の大きさを $\overline{A'B'} = p'$ とする。O から測った物体 AB までの距離を $\overline{OB} = a$ とし、像 A'B' までの距離を $\overline{OB'} = b$ とする。さらに、焦点距離を $\overline{OF} = \overline{OF'} = f$ とする。

レンズの前方より物体 AB をレンズに近づけていくと $p' = np (n > 0)$ となる像ができた。このレンズの焦点距離 f を n 、 a を用いて表すと

$$f = \boxed{\text{(a)}}$$

である。さらに、物体 AB をレンズに $a = \frac{1}{2}f$ の位置まで近づけたとき、像の倍率 m を数値で表すと

$$m = \boxed{\text{(b)}}$$

である。

物体 AB の位置を $a = \frac{1}{2}f$ に保ったまま、波長の異なる光を加えた。この加えた光に対するレンズの焦点距離は $\frac{99}{100}f$ である。このとき生じる2つの像の間の距離 d を f を用いて表すと

$$d = \boxed{\text{(c)}}$$

である。

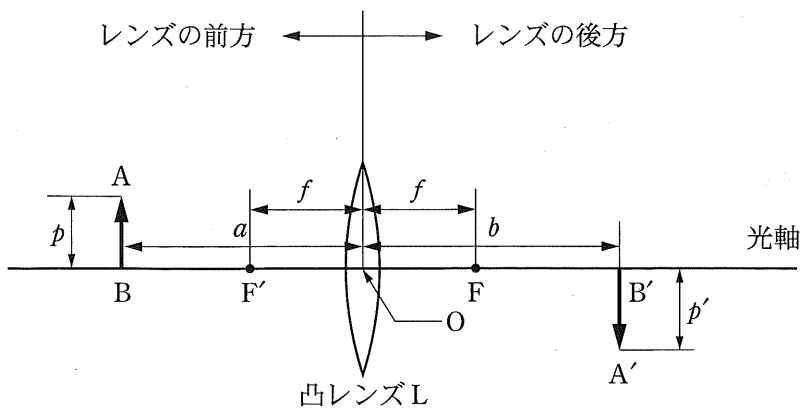


図 1

(II) 図2に示すように、一様な弦の一端に横波を発生させることのできる発振器を接続し、他端にはなめらかな滑車を通して質量 M のおもりを取り付けた装置 A を考える。弦が発振器と滑車に接している点は固定端とみなせるとする。発振器により、発振器と滑車の間の弦を振動数 f_0 で振動させ、発振器と滑車の間の弦の長さを調節すると、長さ L のとき弦に腹が3個ある定常波を生じた。弦を伝わる波の速さ v を L, f_0 を用いて表すと

$$v = \boxed{\text{(d)}}$$

である。

図3に示すように、図2の装置 A から発振器を取り外し、弦を壁に固定した装置 B を考える。壁と滑車の間の弦の長さは L である。装置 B の隣に、壁と滑車の間の弦の長さが $L + x (x > 0)$ で、他の条件は装置 B と同様である装置 C を置き、装置 B と装置 C の弦の中央を同時にはじくとうなりを生じた。装置 B と装置 C の弦から発生する音は基本振動(弦が壁と滑車に接している点の間に生じた腹が1つの定常波)による音であるとする。装置 B から発生する音の振動数 f_1 を f_0 で、装置 C から発生する音の振動数 f_2 を f_0, L, x のうち必要なものを用いて表すと

$$f_1 = \boxed{\text{(e)}}, f_2 = \boxed{\text{(f)}}$$

である。さらに、1秒間あたりのうなりの回数を n として、弦の長さの違い x を f_0, L, n を用いて表すと

$$x = \boxed{\text{(g)}}$$

である。

