

弘前大学

平成 28 年度入学試験問題(前期)

理 科

物 理	1～ 8 ページ
化 学	9～20 ページ
生 物	21～32 ページ
地 学	33～40 ページ

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 各科目のページは上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配布している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 各科目の問題は、学部・学科・専攻等によって異なる点があるから、下に表示する。
 - (1) 物理を選択した受験者
該当する学部学科すべて
 - (2) 化学を選択した受験者
教育学部
医学部医学科
医学部保健学科
理工学部
農学生命科学部
 - (3) 生物を選択した受験者
教育学部
医学部医学科
医学部保健学科
理工学部
農学生命科学部
 - (4) 地学を選択した受験者
該当する学部学科すべて
6. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
7. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

物 理

1 図のように、水平な床面から高さ h_1 の表面があらい水平な台の上にはばね定数 k の軽いばねを置いた。ばねの左端は壁に固定し、右端に質量 m の物体 A を接触させた。次に、そのまま手で物体 A を左の方向へ押し、ばねを自然の長さから距離 d だけ縮めた状態にした。手を静かに離すと、物体 A は台の上面をすべり、やがてばねから離れて、縮められたばねの右端から距離 $s_1 (> d)$ だけ離れた台の端より飛び出して、床面に向けて落下し始めた。物体 A と台との動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とし、物体の大きさ、空気抵抗およびばねと台の摩擦は無視できるとして、以下の各問いに答えなさい。

問 1 物体 A が台の端から飛び出すまでに、動摩擦力が物体 A にした仕事 W を、 μ 、 g 、 m 、 s_1 を用いて表しなさい。

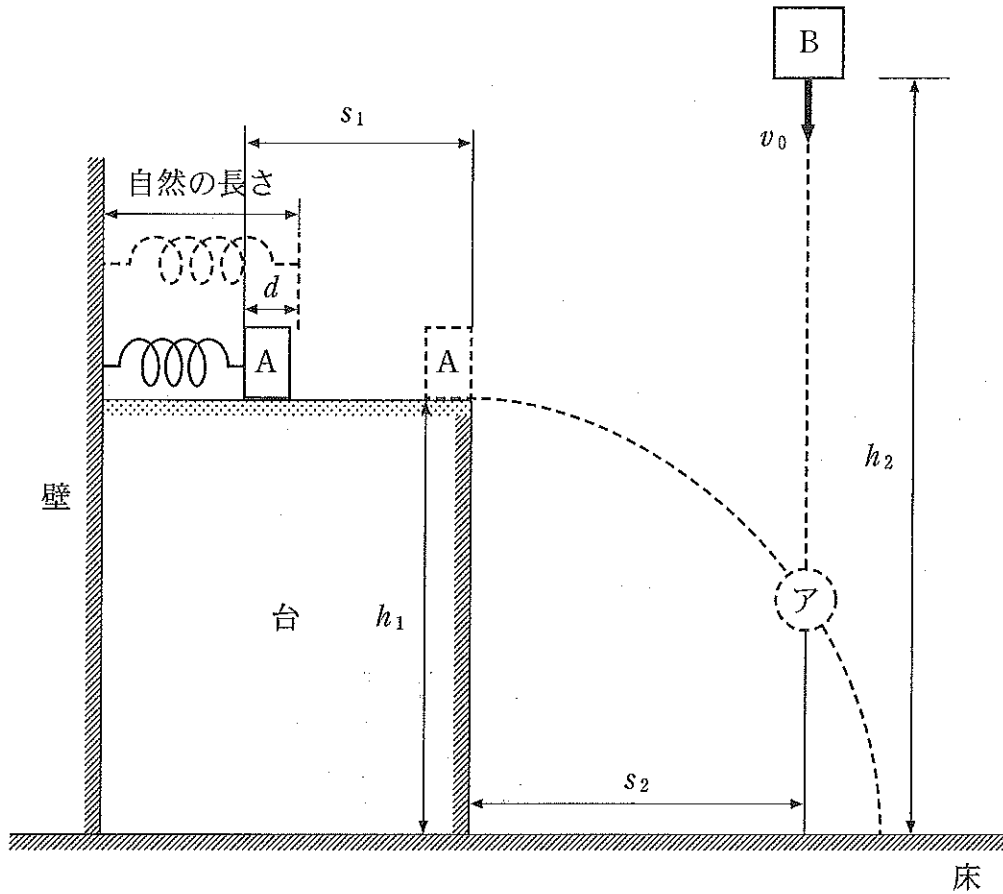
問 2 物体 A が台の端から飛び出した瞬間の速度の大きさ v_1 を、 k 、 μ 、 g 、 m 、 d 、 s_1 を用いて表しなさい。

上の実験において、物体 A が台の端を飛び出した瞬間、質量 $2m$ の物体 B を床面上方 h_2 の高さから初速度の大きさ v_0 で鉛直下向きに投げ下ろした。その後、物体 B は落下している途中の物体 A と、床面上方の点 A で完全非弾性衝突して一体となり、落下し続けた。なお、台の端から点 A までの水平距離を s_2 とする。

問 3 この時の物体 B の高さ h_2 を、 v_0 、 v_1 、 h_1 、 s_2 を用いて表しなさい。

問 4 物体 A と物体 B が衝突する直前のそれぞれの速度の大きさ v_A 、 v_B を、 g 、 v_0 、 v_1 、 s_2 の中から必要な記号を用いて表しなさい。

問 5 物体 A と物体 B が衝突して一体となった後の速度の大きさ v_2 を，運動量保存則より g, v_0, v_1, s_2 を用いて表しなさい。



2 図のように、内部抵抗が無視できる起電力 E [V] の電池、5つの抵抗、そしてスイッチ S からなる回路がある。5つの抵抗の抵抗値は、図中に示した通り R_1 [Ω]、 R_2 [Ω]、 R_3 [Ω]、 R_4 [Ω]、 R_5 [Ω] とし、はじめはスイッチ S が開いているとする。抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 に流れる電流をそれぞれ I_1 [A]、 I_2 [A]、 I_3 [A] とし、電流は矢印の向きを正とする。以下の各問いに答えなさい。

問 1 抵抗 R_4 に流れる電流を、 I_1 と I_2 を用いて表しなさい。ただし、抵抗 R_4 を流れる電流は g から f の向きを正とする。

問 2 に入る最も適切なものを下の①～⑩の中から選んで番号で答え、経路 $abgfha$ および経路 $bcdgb$ について、起電力と電圧降下の間の関係を表す式を完成しなさい。同じ番号を繰り返し選んでもよい。ただし、(イ)～(エ)、(カ)と(キ)それぞれにおいて記入する順序は問わない。

$$\text{経路 } abgfha : \boxed{\text{ア}} = \boxed{\text{イ}} + \boxed{\text{ウ}} + \boxed{\text{エ}}$$

$$\text{経路 } bcdgb : 0 = - \boxed{\text{オ}} + \boxed{\text{カ}} + \boxed{\text{キ}}$$

- ① $R_1 I_1$ ② $R_2 I_1$ ③ $R_3 I_1$ ④ $R_4 I_1$ ⑤ $R_5 I_1$
 ⑥ $R_1 I_2$ ⑦ $R_2 I_2$ ⑧ $R_3 I_2$ ⑨ $R_4 I_2$ ⑩ E

問 3 抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 を、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 E を用いて表しなさい。

次にスイッチ S を閉じた。

問 4 に入る最も適切なものを I_1 , I_2 , I_3 の中から選んで答え、経路 dgfed および経路 bcdgb について、起電力と電圧降下との関係を表す式を完成しなさい。ただし、(ク)と(コ)の記入する順序は問わない。

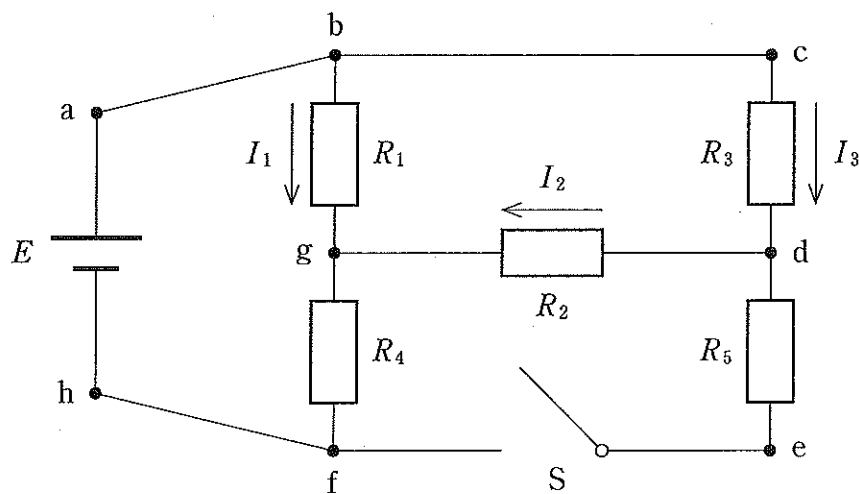
$$\text{経路 dgfed} : 0 = R_2 \text{ (ク)} + R_4 \text{ (ケ)} + \text{ (コ)} + R_5 \text{ (サ)} - \text{ (シ)}$$

$$\text{経路 bcdgb} : 0 = -R_1 \text{ (ズ)} + R_2 \text{ (セ)} + R_3 \text{ (ソ)}$$

続いて、スイッチ S を閉じたまま抵抗 R_1 の抵抗値を $R_0(\Omega)$ に変えたところ、抵抗 R_2 に電流が流れなくなった。

問 5 経路 dgfed と経路 bcdgb のそれぞれについて、起電力と電圧降下との関係を表す式を I_1 , I_3 , R_0 , R_3 , R_4 , R_5 のうちから必要なものを用いて表しなさい。

問 6 このときの抵抗値 R_3 は $2R_0$ 、抵抗値 R_4 は $3R_0$ であった。抵抗 R_5 の抵抗値を R_0 を用いて表しなさい。



3

なめらかに動くピストンと熱を出し入れするための装置がついたシリンダーに 1 mol の理想気体を封入した。ピストンを動かしたり、気体を加熱、あるいは冷却したりすることで封入した気体の状態を変化させる。気体の状態変化の過程はグラフを使って表すことができる。例として、気体の状態を $X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$ と変化させた場合の体積 V と圧力 p の関係を図 1 に、絶対温度 T と体積 V の関係を図 2 に示している。図 1 と図 2 の原点を O とする。最初この気体は状態 A にあり、体積、圧力、絶対温度はそれぞれ $V_A[\text{m}^3]$ 、 $p_A[\text{Pa}]$ 、 $T_A[\text{K}]$ であった。この時、圧力 $p_A[\text{Pa}]$ はシリンダーの外の気圧と等しかった。次の各過程によって気体の状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と変化させた。以下の各問いに答えなさい。ただし、気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ とする。

過程 $A \rightarrow B$: ピストンを自由にして気体の圧力を一定に保ちながら熱を加えて温度を上げ続け、状態 A の絶対温度の 2 倍まで変化させた。

過程 $B \rightarrow C$: 気体の温度を一定に保ちながらピストンをゆっくり引いて体積を増やし続け、状態 B の体積の $\frac{3}{2}$ 倍まで変化させた。

過程 $C \rightarrow D$: ピストンの位置を固定して気体の体積を一定に保ちながら気体を冷却することにより、圧力を状態 C の $\frac{1}{2}$ 倍まで変化させた。

過程 $D \rightarrow A$: ピストンをゆっくり押し、気体の体積を減らして圧力を上昇させ、状態を A に戻した。その際、図 1 の X から Y への変化のように、気体の圧力が体積の一次関数になるようにピストンの動きに合わせて温度を調節しながら状態を変化させた。

問 1 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ と状態変化する過程での気体の体積 $V[\text{m}^3]$ と圧力 $p[\text{Pa}]$ の関係を、 V を横軸に、 p を縦軸にとり、図 1 にならって示しなさい。 A 、 B 、 C 、 D の各状態で圧力と体積がそれぞれ p_A と V_A の何倍であるかわかるように図に示しなさい。

問 2 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の 1 サイクルで気体が外部からされた仕事と外部にした仕事はどちらが大きいのか。問 1 で作成したグラフを利用して理由をつけて答えなさい。

問 3 A → B → C → D → A と気体の状態が変化する過程での気体の絶対温度 T [K] と体積 V [m³] の関係を、 T を横軸に、 V を縦軸にとり、図 2 にならって示しなさい。A、B、C、D の各状態の絶対温度と体積がそれぞれ T_A と V_A の何倍であるかわかるように図に示しなさい。

問 4 過程 D → A の気体の内部エネルギーの増分、気体が外部からされた仕事、外部から受け取った熱量はそれぞれ何 J か。 T_A を使って表しなさい。

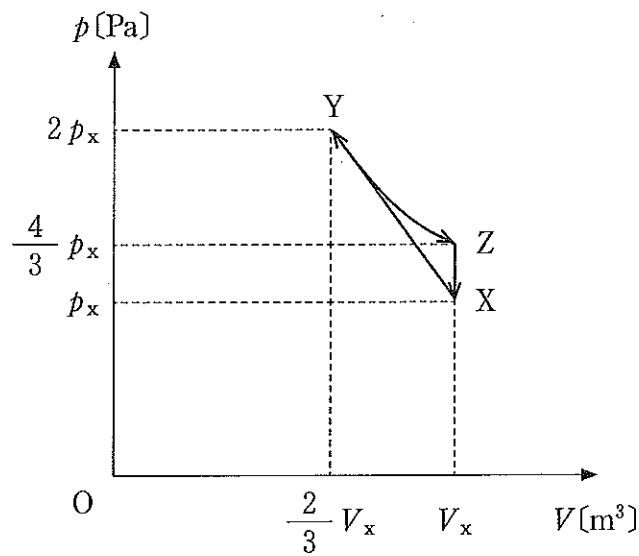


図 1

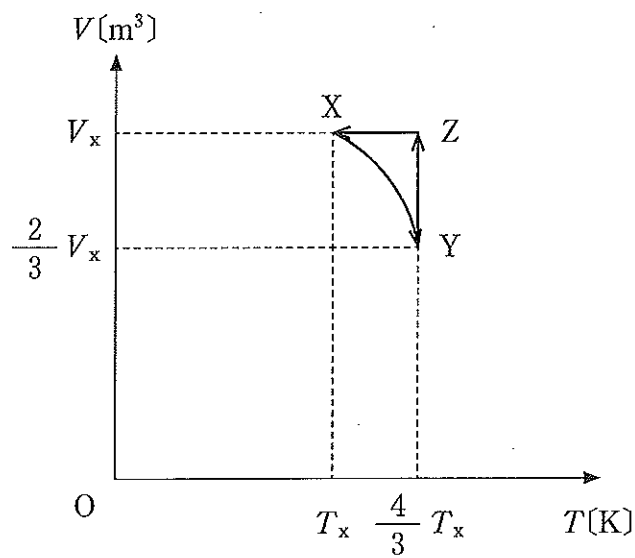


図 2

4 図は、打ち上がった花火が爆発した点 B と湖面上の点 O の位置関係を示している。花火は爆発すると同時に光と音波を発するものとする。花火は点 O の真上の方向 N から角度 ϕ (rad) だけ傾いた方向に見えた。点 B の真下の湖面上の点を点 G とし、OG 間の距離を l (m) とする。また、点 O の真下の湖底の点を点 F とする。湖底はいたるところ平らで、水深は d (m) で一定である。

点 B から発せられた花火の光のうち、点 O に入射する光の一部は屈折して湖底の点 C に到達する。OF 方向に対する屈折角を r_1 (rad)、FC 間の距離を k_1 (m) とする。同様に点 O に入射する花火の音波も一部が屈折し、湖底の A 点に到達する。OF 方向に対する屈折角を r_2 (rad)、FA 間の距離を k_2 (m) とする。湖は密度が一樣な真水で満たされており、水の移動はないものとする。また、花火が打ち上がったときは風のない穏やかな天気であり、湖面には波がなく平らな面と見なせる状態であるものとする。各問いでは、空気中の音速 v の値は 3.4×10^2 m/s、 $\phi = \frac{1}{20}$ rad、 $l = 15$ m、 $d = 10$ m とし、数値を求める場合は有効数字の桁数を 2 桁まで求めるものとする。また、角度 ϕ 、 r_1 、 r_2 は小さく、角度 θ (rad) が小さい場合に成り立つ近似式 $\tan \theta \doteq \sin \theta \doteq \theta$ 、 $\cos \theta \doteq 1$ が利用できるものとする。以下の各問いに答えなさい。

問 1 点 B から発せられた音波が点 O に到達するまでに要する時間 t (s) を算出する式を、図中の l (m) と ϕ (rad)、および空気中の音速 v (m/s) を用いて示し、その値を求めなさい。

問 2 FA 間の距離 k_2 (m) の値を求めなさい。ただし、水中の音速 v_w (m/s) の値は 1.5×10^3 m/s とする。

問 3 FC 間の距離 k_1 (m) の値を求めなさい。ただし、光が空気中から水中に入る場合の相対屈折率 n の値は $\frac{4}{3}$ とする。

問 4 空気中での光の速さ c (m/s) の値が 3.0×10^8 m/s のとき、水中での光の速さ c_w (m/s) の値を求めなさい。

問 5 入射角 ϕ [rad], 光の屈折角 r_1 [rad], 音波の屈折角 r_2 [rad] の大小を示す関係式を書き, その理由を説明しなさい。

