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 1 2 3 4

(2) 化学を選択した受験者
教育学部 1 2 3 4 5 6
医学部医学科 1 2 3 4
医学部保健学科 1 2 3 4
理工学部 1 2 3 4 5 6
農学生命科学部 1 2 3 4 5 6

(3) 生物を選択した受験者
教育学部 1 2 4 5
医学部医学科 1 2 3
医学部保健学科 1 2 3
理工学部 1 2 4 5
農学生命科学部 1 2 4 5

(4) 地学を選択した受験者
該当する学部学科すべて 1 2 3 4

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。

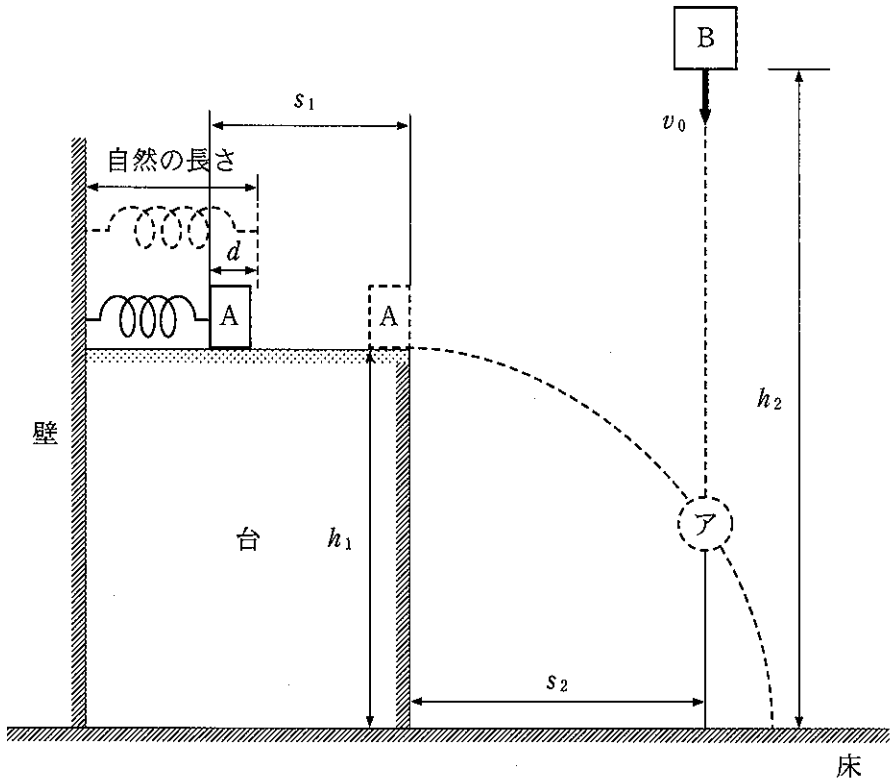
問 2　物体Aが台の端から飛び出した瞬間の速度の大きさ v_1 を，k，μ，g，m，d，s_1 を用いて表しなさい。

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，床面上方の点アで完全非弾性衝突して一体となり，落下し続けた。なお，台の端から点アまでの水平距離を 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。

経路 abgfha：［(ア)］＝［(イ)］＋［(ウ)］＋［(エ)］

経路 bcdgb ：0 ＝－［(オ)］＋［(カ)］＋［(キ)］

① R_1I_1　② R_2I_1　③ R_3I_1　④ R_4I_1　⑤ R_5I_1

⑥ R_1I_2　⑦ R_2I_2　⑧ R_3I_2　⑨ R_4I_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，起電力と電圧降下の間の関係を表す式を完成しなさい。ただし，(ケ)と(コ)の記入する順序は問わない。

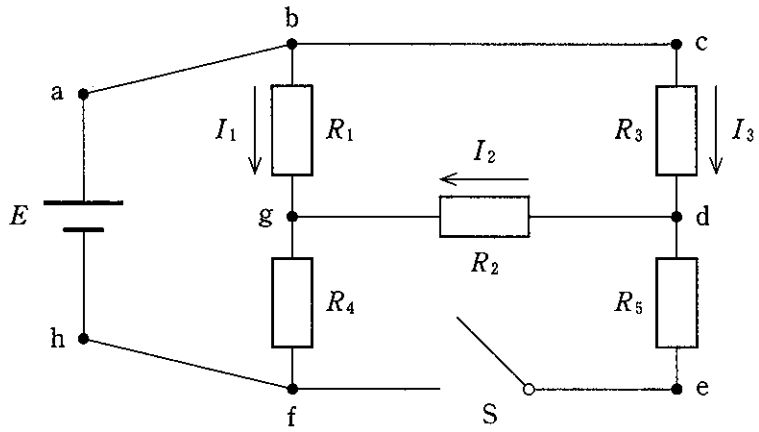
経路 dgfed ： $0 = R_2$ [(ク)] $+ R_4($ [(ケ)] $+$ [(コ)] $) + R_5($ [(サ)] $-$ [(シ)] $)$

経路 bcdgb ： $0 = -R_1$ [(ス)] $+ R_2$ [(セ)] $+ R_3$ [(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〔Ω〕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，起電力と電圧降下の間の関係を表す式を 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 → Y → Z → 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〔m^3〕，p_A〔Pa〕，T_A〔K〕であった。この時，圧力p_A〔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 → B → C → D → 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〔J/(mol·K)〕とする。

過程A → 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 → 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 → 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 → 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 → B → C → D → Aと状態変化する過程での気体の体積V〔m^3〕と圧力p〔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 → B → C → D → 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〔m^3〕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。

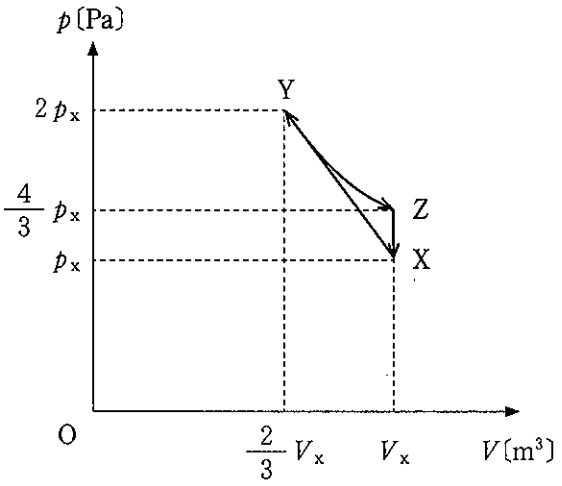


図 1

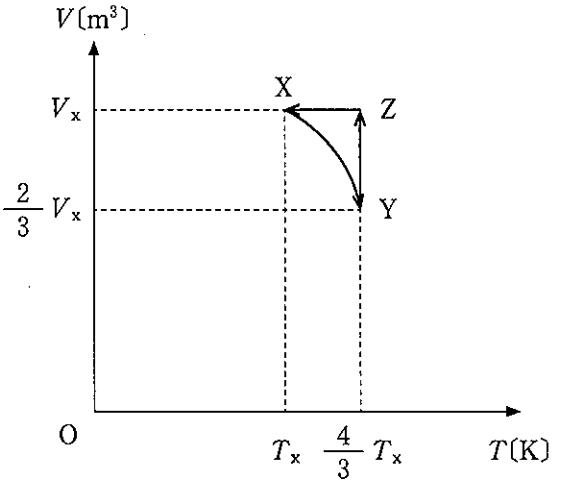


図 2

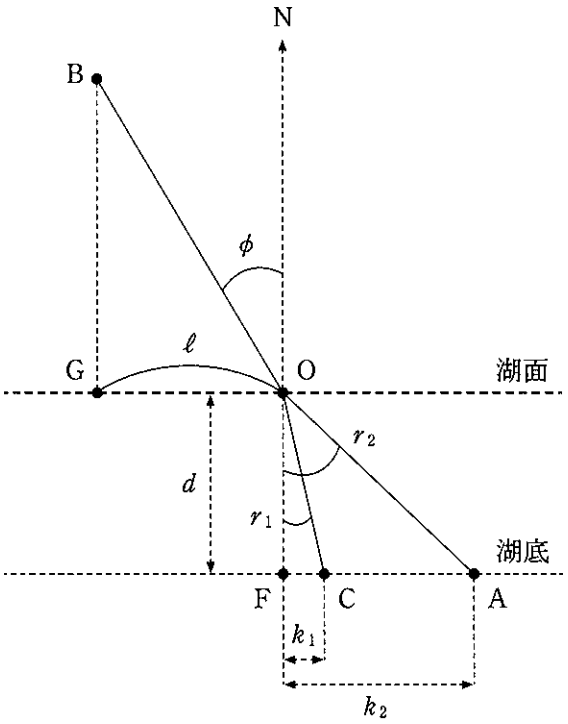
4 図は，打ち上がった花火が爆発した点Bと湖面上の点Oの位置関係を示している。花火は爆発すると同時に光と音波を発するものとする。花火は点Oの真上の方向Nから角度ϕ〔rad〕だけ傾いた方向に見えた。点Bの真下の湖面上の点を点Gとし，OG間の距離をℓ〔m〕とする。また，点Oの真下の湖底の点を点Fとする。湖底はいたるところ平らで，水深はd〔m〕で一定である。

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。湖は密度が一様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，$\phi = \dfrac{1}{20}$ rad，$\ell = 15$ 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$\tan\theta \fallingdotseq \sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$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進入する場合の相対屈折率nの値は$\dfrac{4}{3}$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。