

# 平成 21 年度入学試験問題

## 理 科

### 注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で 49 ページある。(落丁・乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。) 問題冊子の中に下書き用紙が 1 枚入っている。

物	理	1 ～ 15 ページ、	化	学	16 ～ 31 ページ
生	物	32 ～ 42 ページ、	地	学	43 ～ 49 ページ
- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された 2 箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部及び工学部の受験者は、90 分。
  - (2) 理学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 数学科及び化学科の受験者は、90 分。
    - ② 物理学科の受験者は、120 分。
    - ③ 生物学科及び自然環境科学科で理科 1 科目の受験者は、90 分。
    - ④ 生物学科及び自然環境科学科で理科 2 科目の受験者並びに地質科学科の受験者は、180 分。
  - (3) 医学部及び歯学部の受験者は、180 分。
  - (4) 農学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科 1 科目の受験者は、90 分。
    - ② 理科 2 科目の受験者は、180 分。
- 6 物理と化学は、学部、学科によって解答する問題が異なるので、物理と化学の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 7 化学及び生物には、選択問題があるので、化学及び生物の問題の前に記した注意をよく読んで解答すること。
- 8 問題冊子及び下書き用紙は、持ち帰ること。

**物 理**

物理選択の受験者は、下の表を見て○印の問題を解答せよ。

注意

志望学部・学科	問題番号			
	1	2	3	4
教育学部	○	○	○	
理学部(物理学科)	○	○	○	○
理学部(数学科・生物学科・ 地質科学科・自然環境科学科)	○		○	○
医学部	○	○		○
歯学部	○	○		○
工学部	○	○		○
農学部	○		○	○

1

注意 全学部受験者用

図1のように、質量  $M$  の板 A の上に、質量  $m$  の物体 B が置かれている。板 A は、鉛直方向に固定されたレールに沿って、水平を保ったままなめらかに運動することができる。また、板 A には、鉛直方向の力を加えることができる。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。ただし、空気の抵抗は無視できるものとする。

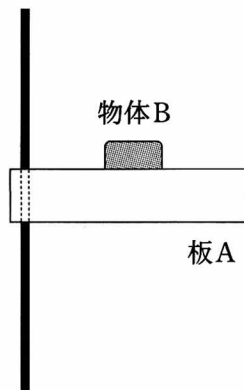


図1

- 問 1 板 A に鉛直上向きに一定の大きさ  $F_0$  の力を加え、物体 B をのせたまま、板 A を一定の速さ  $v_0$  で上向きに運動させた。
- (1) 板 A を一定の速さ  $v_0$  で運動させるために必要な力の大きさ  $F_0$  を求めよ。
  - (2) 板 A が一定の速さ  $v_0$  で距離  $L$  だけ上昇する間に、重力が板 A と物体 B にした仕事の合計  $W$  を求めよ。

問 2 次に、板 A をゆっくり減速させる場合を考えよう。いま、速さ  $v_0$  で上向きに運動している板 A に、大きさ  $F_0$  の力を上向きに加えたまま、さらに一定の大きさ  $F_1$  の力を下向きに加えた。このとき、板 A は一定の加速度でゆっくり減速し、物体 B は板 A から離れることなく一体となって運動した。図 2 は、このときの板 A の速さ  $v$  と時刻  $t$  の関係を、 $v$  が 0 となるまで示したものである。

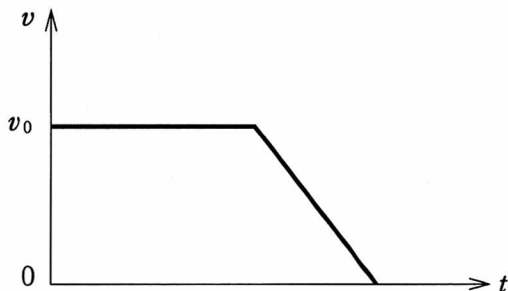


図 2

- (1) 減速中における板 A と物体 B に対する運動方程式をそれぞれ書け。ただし、板 A の加速度の大きさを  $a$ 、物体 B に働く垂直抗力の大きさを  $N$  とせよ。
- (2) 新たに加えた力の大きさ  $F_1$  と垂直抗力の大きさ  $N$  をそれぞれ  $m$ 、 $M$ 、 $g$ 、 $a$  を用いて表せ。
- (3) 物体 B が板 A から浮き上がらないためには、 $a$  はどんな条件を満たす必要があるか。

問 3 今度は、板 A を速さ  $v_0$  からすばやく減速させる場合を考えよう。下向きに加える力の大きさ  $F_1$  をある値より大きくしたところ、板 A は一定の加速度ですばやく減速し、物体 B は板 A から離れて浮き上がった。その後も、板 A が静止するまでこの力をかけ続け、板 A が静止した瞬間に、板 A をその位置に固定した。図 3 は、このときの板 A の速さ  $v$  と時刻  $t$  の関係を示したものである。減速中の板 A の加速度の大きさを  $a'$  として以下の問いに答えよ。

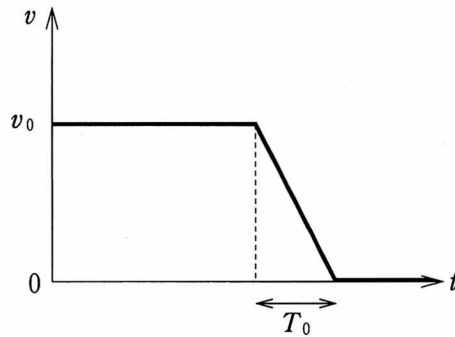
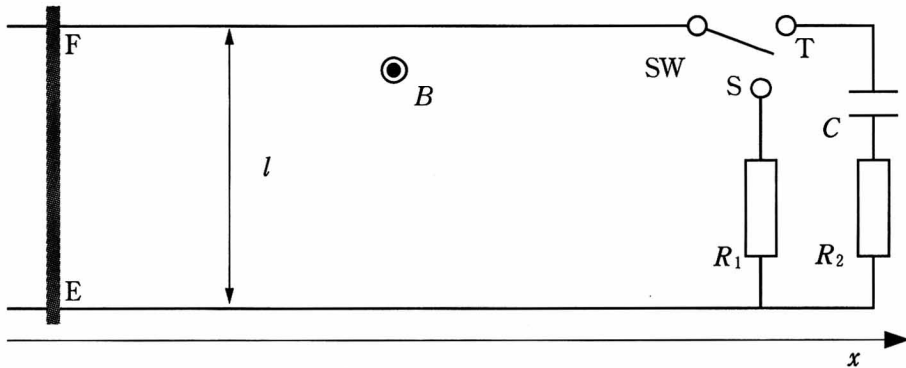


図 3

- (1) 物体 B が浮き上がってから板 A が静止するまでの時間  $T_0$  はいくらか。  
また、その間に板 A が上昇した距離  $H$  はいくらか。それぞれ  $a'$  および  $v_0$  を用いて表せ。
- (2) 物体 B が浮き上がってから最高点に達するまでの時間  $T_1$  はいくらか。
- (3) 物体 B が最高点に達してから板 A の上に落下するまでの時間  $T_2$  は  $T_1$  の何倍か。

図に示すように、紙面に垂直で紙面の裏から表に向く磁束密度  $B$  の一様な磁場中に、十分長い 2 本の平行な導体のレールが間隔  $l$  で水平に置かれている。このレールの上に、質量  $M$  の金属棒をレールと直角にのせる。金属棒はレールと直角を保ったまま、レール上をなめらかに動けるとする。一方のレールの片端は、スイッチ SW により接点 S および接点 T に接続できるようになっている。接点 S は電気抵抗  $R_1$  の抵抗と接続されており、接点 T は電気容量  $C$  のコンデンサーと電気抵抗  $R_2$  の抵抗からなる直列回路と接続されている。レールと金属棒、両者の接点 E, F、および回路の導線の電気抵抗はすべて無視できるとして、以下の問いに答えよ。



- 問 1 スイッチ SW を開放する(接点 S, T のどちらにも接続しない)。金属棒に  $x$  軸の正方向に大きさ  $v_1$  の初速度を与える。
- (1) 金属棒はどのような運動をするか、その理由もあわせて書け。
  - (2) 金属棒に発生する誘導起電力の大きさ  $V_0$  を求めよ。また、電位が高いのは点 E, 点 F のどちらか。

問 2 スイッチ SW を接点 S に接続する。金属棒に  $x$  軸の正方向に大きさ  $v_1$  の初速度を与える。すると、金属棒は徐々に減速し、やがて静止した。

- (1) 金属棒の速さがある値  $v_2$  となる瞬間に、電気抵抗  $R_1$  の抵抗に流れる電流の大きさ  $I_R$  と消費電力  $P_R$  をそれぞれ  $B, l, R_1$  および  $v_2$  を用いて表せ。
- (2) 金属棒の速さが  $v_2$  の瞬間に、金属棒が磁場から受ける力の大きさ  $F$  と、この力が金属棒にする仕事率  $P_F$  をそれぞれ  $B, l, R_1$  および  $v_2$  を用いて表せ。
- (3) 金属棒に大きさ  $v_1$  の初速度を与えてから金属棒が静止するまでの間に、電気抵抗  $R_1$  の抵抗に発生するジュール熱  $W_1$  を  $M$  および  $v_1$  を用いて表せ。

問 3 スイッチ SW を接点 T に接続する。最初、コンデンサーは充電されていないとする。金属棒に  $x$  軸の正方向に大きさ  $v_1$  の初速度を与える。金属棒は徐々に減速し、やがて速さ  $v_3$  で  $x$  軸の正方向に等速度運動をした。

- (1) 金属棒が速さ  $v_3$  で等速度運動をしているとき、コンデンサーに加わる電圧の大きさ  $V_C$  を  $B, l$  および  $v_3$  を用いて表せ。
- (2) 金属棒が速さ  $v_3$  で等速度運動をしているとき、コンデンサーに蓄えられる電気量の大きさ  $Q_C$  と静電エネルギーの大きさ  $E_C$  をそれぞれ  $B, C, l$  および  $v_3$  を用いて表せ。
- (3) 金属棒に大きさ  $v_1$  の初速度を与えてから金属棒の速さが  $v_3$  になるまでの間に、電気抵抗  $R_2$  の抵抗に発生するジュール熱  $W_2$  を  $B, C, l, M, v_1$  および  $v_3$  を用いて表せ。

3

注意 教育学部，理学部(数学科，物理学科，生物学科，地質科学科，自然環境科学科)および農学部受験者用

[ 1 ] 弦の振動の様子を調べるため，弦の一方の端 A を振動数が制御できる振動子に固定し，弦の他方に滑車を通して張力をかける。振動子を作動させると，弦は端 A および滑車との接点 B を節として振動する。AB 間の弦の長さを  $L$  として，以下の問いに答えよ。

はじめに，弦の振動数を  $f$  としたとき，図のように腹が 3 つある定常波が AB 間にできた。

問 1 この定常波の波長を弦の長さ  $L$  で表せ。

問 2 このとき，弦を伝わる波の速さを求めよ。

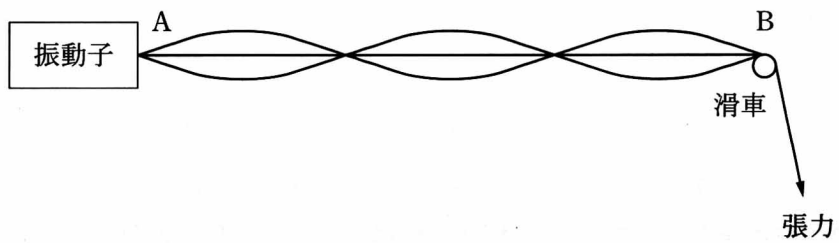
その後，弦の振動数を  $f$  に保ったまま，弦の張力を徐々に大きくしていくと定常波の形がくずれて消えた。さらに張力を大きくしたところ，新たな定常波ができた。

問 3 はじめの定常波がくずれて新たな定常波ができた理由を書け。また，新たにできた定常波の波長とそのときの波の速さを求めよ。

次に，張力をもとに戻し，弦の振動を図の状態にする。そして，張力を一定に保ったまま，弦の振動数を  $f$  から徐々に増加させたところ，はじめの定常波は消え，さらに振動数を増加させると別の定常波ができた。

問 4 このときの定常波の概形を解答用紙の AB 間に描け。

問 5 このときの弦の振動数は最初の振動数  $f$  の何倍か。



- 〔2〕 図1のように、直方体の箱の壁面に回折格子を取り付け、波長 $\lambda$ の単色のレーザー光線を回折格子に入射させたところ、回折格子から距離 $L$ の位置にある壁面上のスクリーンに、多数の明線がほぼ等間隔に観測された。ここで、回折格子とスクリーンは入射光線に対して直角であり、スクリーン上で入射光線の正面にあたる位置を点Oとする。空気の屈折率を1として、以下の問いに答えよ。

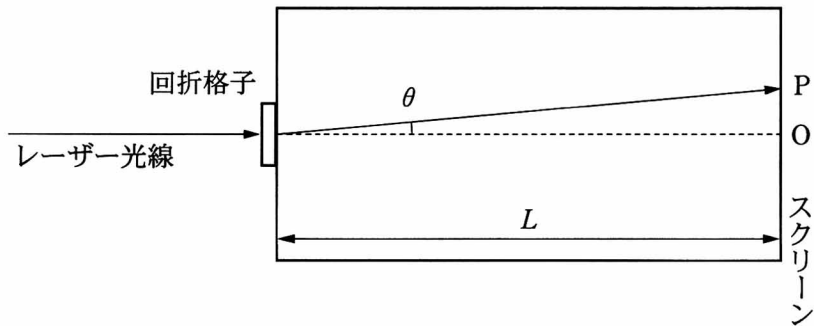


図1

- 問1 以下の文章は、回折格子とスクリーン上の明線について説明したものである。文中の ① ~ ⑥ に、適当な語句または式を入れよ。

回折格子は、ガラス板の片面に多数の平行な細い溝を一定間隔でつけたものであり、溝の間隔 $d$ は格子定数とよばれる。溝と溝のすき間の透明な部分がスリットの役目を果たすため、光はこのスリット部分で回折して広がりながら進むが、各スリットで回折した光はたがいに ① することにより、特定の進行方向の光が強められる。いま、回折格子からスクリーンまでの距離は $d$ に比べて十分大きいので、各スリットからスクリーン上の点Pに向かう方向は平行とみなすことができる。その方向が入射光に対してなす角を $\theta$ とすると、隣りあうスリットからの光の経路差は、 $d$ と $\theta$ を用いて、 ② と表される。したがって、 ① によって強めあう条件を等式で表すと、整数 $m = 0, 1, 2, \dots$ を用いて

$$\text{③} \quad (1)$$

と書ける。一方、スクリーン上の明線の位置Pと点Oとの間の距離OPを、 $\theta$ と $L$ を用いて表すと

$$OP = \boxed{\text{④}} \quad (2)$$

であるが、 $\theta$ が小さい場合には、式(2)は

$$OP = L \sin \theta \quad (3)$$

と近似できる。条件式(1)と式(3)から $\theta$ を消去すると、

$$OP = \boxed{\text{⑤}} \quad (4)$$

となる。式(4)から、明線は等間隔にでき、その間隔は  $\boxed{\text{⑥}}$  であることがわかる。

次に、図2のように、厚さ $l$ のガラスの直方体をスクリーンの直前に置く。この場合もまた、回折格子からの光線はガラスを透過してスクリーンに届き、等間隔の明線ができた。しかし、その間隔はガラスを置かない場合とは異なっていた。ガラスの屈折率を $n$ として、以下の問いに答えよ。ただし、箱の壁面とガラスによる反射は無視するものとする。

問 2 このガラスに入射する光線の入射角を $\theta_1$ 、ガラス内の屈折光の屈折角を $\theta_2$ とすると、 $\theta_1$ と $\theta_2$ が満たす関係式を書け。

問 3 ガラスを置いた場合にスクリーンにできる明線の間隔を求めよ。

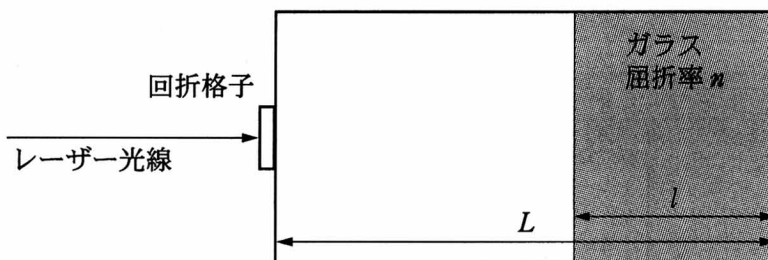
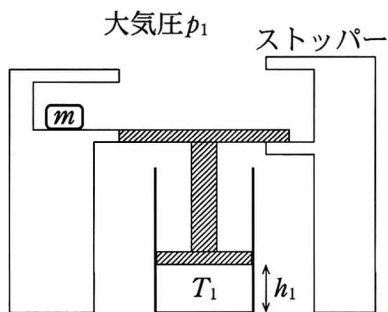


図 2

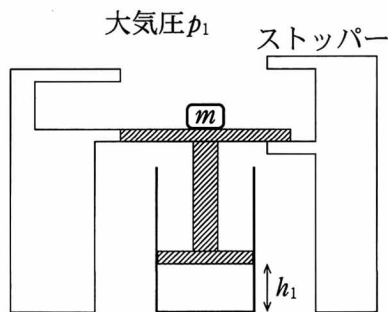
4

注意 理学部(数学科, 物理学科, 生物学科, 地質科学科, 自然環境科学科),  
医学部, 歯学部, 工学部および農学部受験者用

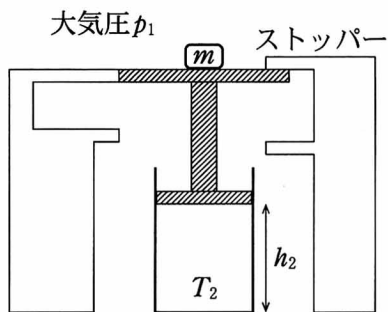
底面積  $S$  のシリンダー内に, 単原子分子の理想気体を封入した。ピストンは鉛直方向になめらかに動かすことができるが, シリンダー底面から測ったピストンの高さは, ストッパーで  $h_1$  から  $h_2$  の範囲に制限されている。また, ピストンにはおもりをのせることができる台が取り付けられている。ただし, ピストンと台を合わせた可動部(図の斜線部)の質量は無視できるものとする。装置全体は圧力  $p_1$  の大気中に置かれており, また, シリンダー内の気体はシリンダーを通して暖めたり冷やしたりできるようになっている。



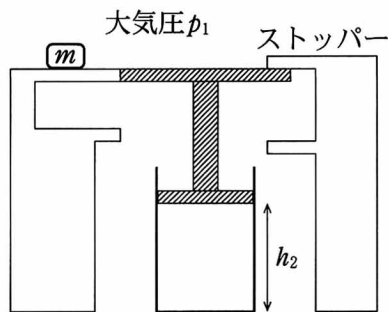
状態A



状態B



状態C



状態D

いま、図に示したように、気体の状態を状態 A から状態 B, 状態 C, 状態 D と順番に変化させて、質量  $m$  のおもりを持ち上げる。重力加速度の大きさを  $g$  とし、気体の物質量を  $n$ , 気体定数を  $R$  として、以下の問いに答えよ。

問 1 以下の文章は、シリンダー内の気体の状態変化に関するものである。文中の  $\boxed{\text{①}}$  ~  $\boxed{\text{③}}$  に適当な式を入れよ。ただし、式は  $m, g, p_1$  および  $S$  を用いて表すこと。

最初、おもりをのせていない状態でピストンの高さが  $h_1$  と  $h_2$  の間にあった。その状態から気体をゆっくり冷やしていったところ、気体の温度が  $T_1$  になったとき、ピストンの高さがちょうど  $h_1$  になった。この状態を状態 A とする。状態方程式を用いて、高さ  $h_1$  を温度  $T_1$  で表すと、

$$h_1 = \boxed{\text{①}} \times nRT_1$$

となる。

気体が状態 A にあるとき、台の上に質量  $m$  のおもりをのせる。その後、気体をゆっくり暖めていったところ、気体の圧力が  $p_2$  になったところで、気体がピストンを押す力  $p_2S$ , 大気がピストンを押す力  $p_1S$ , およびおもりがピストンを押す力がつりあった。この状態を状態 B とする。状態 B における気体の圧力  $p_2$  は、力のつりあいから、

$$p_2 = p_1 + \boxed{\text{②}}$$

である。

さらに、気体をゆっくり暖めていったところピストンが上昇しはじめ、気体の温度が  $T_2$  になったところで、ピストンが高さ  $h_2$  に達した。この状態を状態 C とする。状態方程式を用いて、高さ  $h_2$  を温度  $T_2$  で表すと、

$$h_2 = \boxed{\text{③}} \times nRT_2$$

となるので、ピストンの上昇距離  $\Delta h = h_2 - h_1$  は、

$$\Delta h = \boxed{\text{③}} \times nRT_2 - \boxed{\text{①}} \times nRT_1$$

となる。

気体が状態 C にあるとき、気体の温度を  $T_2$  に保ったまま、台からおもりを取り除く。その後、気体をゆっくり冷やしていったところ、気体の圧力が  $p_1$  になったところでピストンが下降しはじめた。この瞬間の状態を状態 D とする。

問 2 状態 D のあと、さらに気体を冷やし続けて、状態 A に戻した。状態 A から状態 B, 状態 C, 状態 D を経て状態 A に戻る 1 サイクルに対して、気体の圧力  $p$  と体積  $V$  の変化を表す  $p$ - $V$  図を解答用紙の図に描け。ただし、状態 A, 状態 B, 状態 C, 状態 D に対応する点にそれぞれ記号 A, B, C, D を記入し、さらに、変化の向きを表す矢印を記入すること。

問 3 以下の文章は、気体が外界に対してした仕事や気体が吸収した熱量に関するものである。文中の  ~  に適当な語句、数値または式を入れよ。ただし、式は  $m$ ,  $g$ ,  $p_1$  および  $S$  を用いて表すこと。

状態 A から状態 B への変化は  変化なので、気体がした仕事は 0 である。また、状態 B から状態 C への変化は  変化である。したがって、状態 A から状態 B を経て状態 C まで変化する間に気体がした仕事量  $W_{ABC}$  を、温度  $T_1$  と  $T_2$  を用いて表すと、

$$W_{ABC} = nRT_2 - (1 + \text{⑥}) \times nRT_1$$

となる。

状態 A から状態 C までの間に、気体の内部エネルギーの増加分は、

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR(T_2 - T_1)$$

である。したがって、この間に気体が吸収した熱量  $Q$  を、熱力学の第 1 法則に基づいて計算すると、

$$Q = \text{⑦} \times nRT_2 - (\text{⑦} + \text{⑥}) \times nRT_1$$

となる。

状態 A から状態 B, 状態 C, 状態 D を経て状態 A に戻る 1 サイクルの間に気体がした仕事の総和  $W$  は, おもりを高さ  $\Delta h = h_2 - h_1$  だけ持ち上げる仕事に等しい。これを, 温度  $T_1$  と  $T_2$  を用いて表すと,

$$W = \boxed{\text{㉘}} \times nRT_2 - \boxed{\text{㉚}} \times nRT_1$$

となる。

- 問 4 気体は, 状態 A から状態 C までの間に熱量  $Q$  を吸収し, 1 サイクルの間に仕事  $W$  をしたことになる。  $T_1 = 200 \text{ K}$ ,  $T_2 = 600 \text{ K}$ ,  $p_1 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $S = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ , および  $mg = 5.0 \times 10^2 \text{ N}$  の場合に,  $W$  が  $Q$  の何倍になるかを計算せよ。