

## 2013 年度 入学 試験 問題

# 理 科 (問 題)

### 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 22 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

物理Ⅲ 問題文下から3行目の文を以下のように差し替える。

よって、 $f$  に対する  $f_R$  の増加量

↓差し替え

よって、 $f_0$  に対する  $f_R$  の増加量

物理Ⅳ 問題文8～9行目の文を以下のように差し替える。

ゴムバンドの伸縮によるその断面積変化は無視できるとし、シリンダーの断面積からゴムバンドの断面積を差し引いたものを  $S$  とする。

↓差し替え

ゴムバンドの断面積はシリンダーの断面積  $S$  に比べ十分小さいものとする。

化学Ⅲ 問題文下から3行目の文を以下のように差し替える。

$\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  の燃焼熱は、それぞれ  $286 \text{ kJ/mol}$ ,  $283 \text{ kJ/mol}$ ,  $890 \text{ kJ/mol}$  であり、

↓差し替え

$\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  の燃焼熱は、それぞれ  $890 \text{ kJ/mol}$ ,  $283 \text{ kJ/mol}$ ,  $286 \text{ kJ/mol}$  であり、

# 物 理

I 十分広い長方形の粗い板がある。図のように、板の一辺 AB は床に固定されており、水平な床面との傾斜角  $\theta$  を変えられるようになっている。この板の面の中心に質量  $m$  の物体を置いた。板と物体の間の動摩擦係数は  $\mu$  である。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えよ。ただし、物体の大きさは無視する。途中の考え方も記せ。

問 1  $\theta$  を、 $\theta = 0$  からゆっくりと大きくしていったところ、 $\theta = \theta_0$  で物体が滑り始めた。この板と物体の間の静止摩擦係数を求めよ。

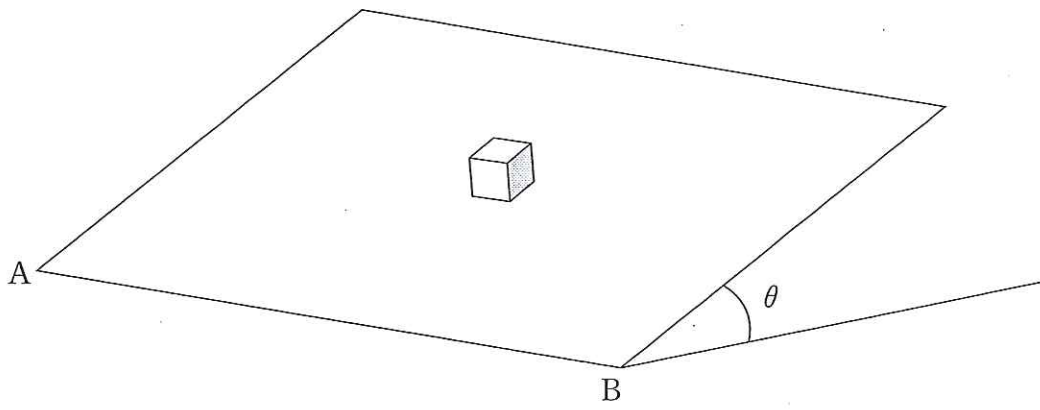
問 2  $\theta = 0$  に戻し、物体を板の面の中心に置き直した。物体を辺 AB に平行な方向から押したところ、物体が滑り始めた。物体が滑り始めるのに必要な最小の力の大きさを求めよ。

問 3 物体を取り除き、 $\theta = \theta_1 (> \theta_0)$  にした。物体を板の面の中心に置き、そつと手を放したところ、物体は板を滑り始めた。このときの物体の加速度の大きさを求めよ。

次に、板を、物体との静止摩擦係数が 2 倍になるような板に取り換え、 $\theta = \theta_0$  の状態で、物体を板の面の中心に置いた。物体を辺 AB に平行な方向からある力で押したところ、物体は板面上を滑り始めた。

問 4 物体が滑り始めるのに必要な最小の力  $F$  の大きさを求めよ。

問 5 物体が滑り始めた方向と、力  $F$  を加えた方向が、板面上で成す角の大きさを求めよ。



II ア, イ 2枚の薄い金属極板を, 図のように距離  $d$  だけ隔てて  $x$  軸に垂直に置き, 両者の間に大きさ  $V$  の電圧を印加する。極板イに面した極板ア上の点 P を通り  $x$  軸に平行な直線が, 極板イと交わる位置に小穴をあけ, さらにこの直線の延長上で, 極板イからの距離が  $L$  となる位置を点 Q とする。点 Q を含み  $yz$  面に平行な平面を境界として, これより  $x$  座標の大きい領域には, 図のように,  $-z$  方向に磁束密度  $B$  の一様な磁場が存在している。質量  $m$  と正電荷  $q$  を持つ荷電粒子を, 初速度 0 で点 P に置いたとき, この荷電粒子の運動について以下の問に答えよ。重力の影響は無視できるものとする。途中の考え方も記せ。

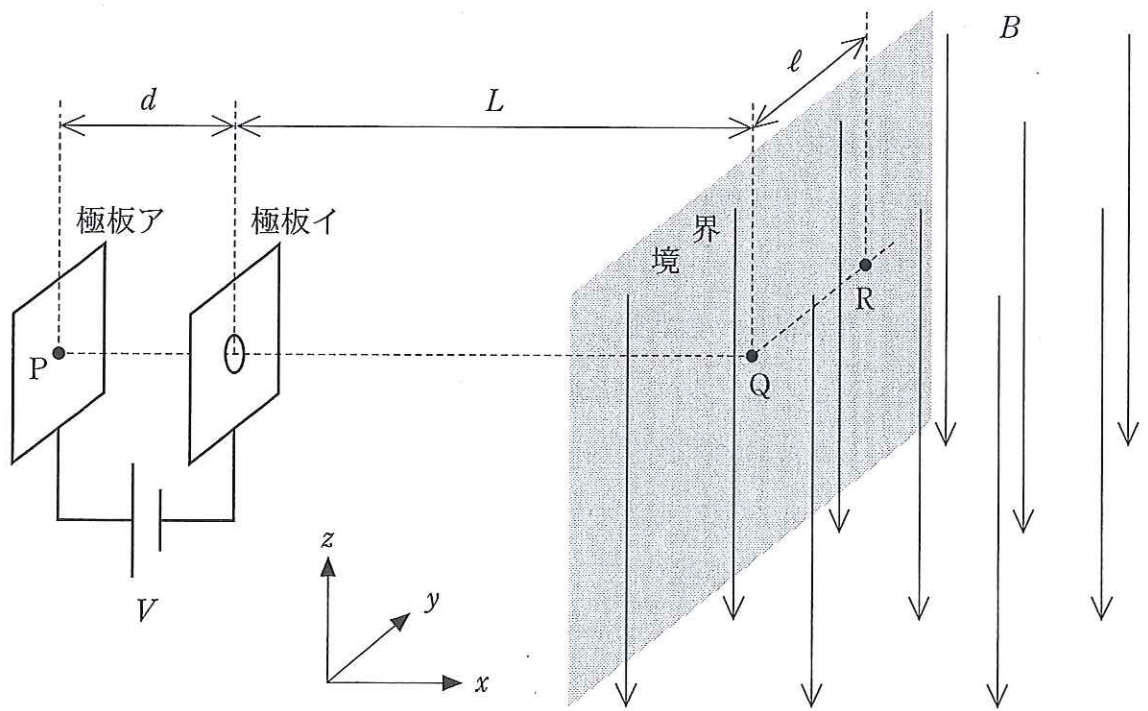
問 1 荷電粒子が極板ア, イの間で持つ加速度の大きさはいくらか。

問 2 加速した荷電粒子が極板イの小穴を通過するときの速さはいくらか。

問 3 極板イの小穴を通過した荷電粒子は, 点 Q を通って磁場中に入射した。荷電粒子が磁場中で受ける力の大きさはいくらか。

問 4 磁場中に入射した荷電粒子は, 点 Q から  $+y$  方向に距離  $l$  だけ離れた点 R に到達した。 $l$  の大きさはいくらか。

問 5 荷電粒子が点 Q を通過してから時間が  $t_1$  だけ経過した瞬間に, 磁場の強さを変えずにその方向を 1 度だけ  $+z$  方向に反転させる。荷電粒子が磁場中から二度と出ないようにするために,  $t_1$  が満たさなければならない条件を求めよ。



Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

近づいてくる救急車のサイレンの音は高く聞こえ、遠ざかると低く聞こえる。このような現象をドップラー効果と呼んでいる。ドップラー効果を利用した速度計がスピードガンである。

動いているボールの前で、周波数 $f_0$ の波を発生させる波源が点Sに静止している。波の速さを $c$ とし、ボールが一定の速さ $v$ で波源に近づいているとき、点Sにある受信器で受信した波の周波数を $f_R$ とする。

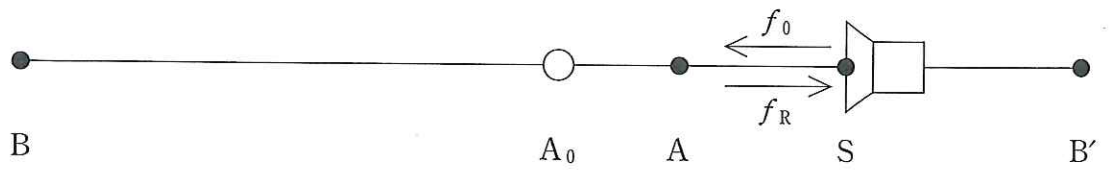
まず、1秒間にボールが受ける波の数を考える。図のように、ボールが点 $A_0$ で受けた波は、その1秒後に距離(ア)だけ進んで点Bに到達する。この1秒間にボールは距離(イ)だけ進んで点Aに到着する。したがって、この1秒間にボールに到達した波は、距離(ウ)の間に存在する。点Sにある波源で発生した波の波長は(エ)であるので、この1秒間にボールに到達した波の数は、(オ)と表される。

一方、点 $A_0$ のボールで反射した波は、1秒後には距離(ア)だけ進み点B'に到達する。この1秒間にボールは距離(イ)だけ進んで点Aに到着する。したがって、この1秒間にボールで反射した波は、距離(カ)の間に存在する。

これより、点Sにある受信器で観測される波の波長は(キ)となり、 $f_R$ は(ク)となる。よって、 $f$ に対する $f_R$ の増加量 $\Delta f$ は(ケ)となる。 $c \gg v$ である場合、増加量 $\Delta f$ は(コ)と近似できるので、 $\Delta f$ を計測することによりボールの速さ $v$ は簡単に求めることができる。

問1 アからコに適切な文字、式等を入れよ。

問2 波源として周波数 $10.525 \times 10^9$ [Hz]のマイクロ波を用いたスピードガンでボールの速度を測定したところ、 $\Delta f = 1684$ [Hz]であった。ボールの速さを求めよ。必要に応じ、大気中での音速 $340$ [m/s]、光速 $3 \times 10^8$ [m/s]を用いてもよい。





IV ゴムのような高分子物質は、温度によって伸びと張力の関係が変化し、理想気体のように熱力学の諸法則に従う性質を持つ。いっぽう、ある一定量の理想気体の圧力  $p$ 、体積  $V$ 、絶対温度  $T$  の間には、 $\left[\frac{pV}{T} = \text{一定}\right]$  となる関係がある。いま、図 1 のように、シリンダー中に、ある量の理想気体を、滑らかに動く軽いピストンで封入し、ピストンをシリンダーの底にゴムバンドで結び付けた。このゴムバンドの長さを  $x$  とすると、その張力  $F$  は、絶対温度を  $T$  として  $F = Tf(x)$  と表されるとする。ここで  $f(x)$  は、図 2 に示すような概形を持ち  $T$  によらない、 $x$  についての増加関数である。ゴムバンドの伸縮によるその断面積変化は無視できるとし、シリンダーの断面積からゴムバンドの断面積を差し引いたものを  $S$  とする。シリンダーの中には体積の無視できるヒーターが取り付けられ、シリンダー外から通電をオン/オフできる。ピストンとシリンダーは断熱性が良く、それらの熱容量は無視できる。また、以下のいずれの過程でも、 $x$  は図 2 の  $x_0$  を下回ることはない。ピストンに加わる大気圧の大きさを  $p_0$  とする。以下の問に答えよ。計算問題は途中の考え方も記せ。

問 1 最初、理想気体とゴムバンドの絶対温度はともに  $T_1$ 、ゴムバンドの長さは  $x_1$  であった。このときの  $f(x)$  の値を  $f_1$  とする。このときの理想気体の圧力を求めよ。

問 2 次にヒーターに通電を開始し、ある時間が経過したのちに通電を終えたところ、理想気体とゴムバンドは常に互いに同じ温度を保ちながら、最終的に温度  $T_2$  となり ( $T_2 > T_1$ )、その間にピストンはゆっくりと移動し、ゴムバンドの長さが  $x_2$  となる位置で静止した。このときの  $f(x)$  の値を  $f_2$  とする。 $x_1, x_2, f_1, f_2, T_1, T_2$  の間に成り立つ関係を記せ。

問 3  $x_2 > x_1$  であることを証明せよ。

問 4 問 2 の加熱の間にヒーターが発生した総熱量を  $Q$  とすると、この加熱の間の理想気体とゴムバンドの内部エネルギーの増加量の合計  $\Delta U$  はいくらか。

問 5 その後、ピストンに力を加えて、ゴムバンドの長さが  $x_1$  となる位置まで素早く戻し、その位置でピストンを固定した。これらの操作のあいだ、ゴムバンド及び理想気体の温度は一時的にどう変化するか。適切な記述を下のア～エの中から選び、記号で答えよ。

- ア. ゴムバンドの温度は上昇し、理想気体の温度は下降する。
- イ. ゴムバンドの温度は変化せず、理想気体の温度は上昇する。
- ウ. ゴムバンドの温度は下降し、理想気体の温度は上昇する。
- エ. ゴムバンド、理想気体ともに温度は上昇する。

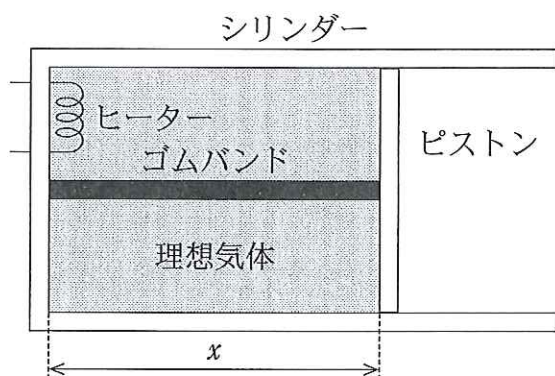


図1 実験の模式図

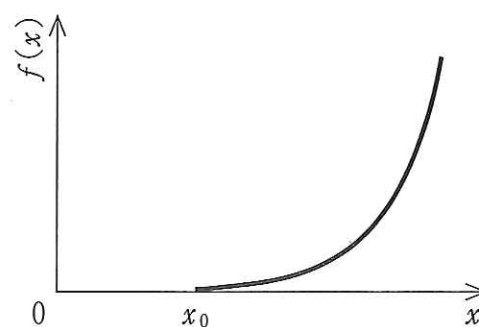


図2 関数  $f(x)$  の概形