

2020年度

# 一般前期入学試験

## 理 科

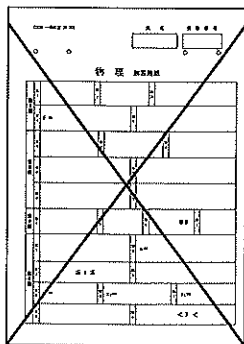
科目選択について			問題ページ
右記①～③のうち 2つを選択	①	物理	1～5
	②	化学	7～12
	③	生物	13～25

注意：答えはすべてそれぞれの解答用紙に記入しなさい。

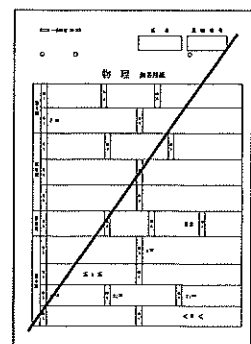
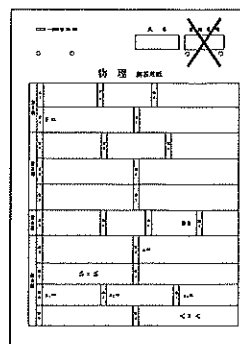
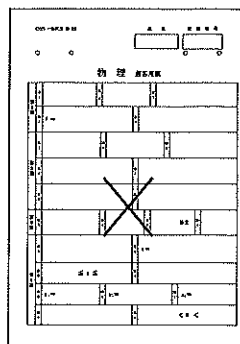
### 非選択科目の解答用紙への記入について（注意事項）

- ・試験開始 30 分後に、非選択科目の解答用紙を回収します。
- ・非選択科目の解答用紙にも氏名、受験番号を記入し、解答用紙全体に隅から隅まで大きく『×(バツ)』を記入して下さい。

良い書き方



良くない書き方



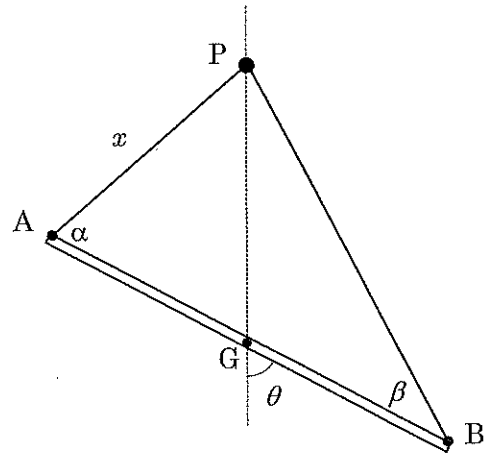
藤田医科大学医学部

## 物 理 (その1)

## 第1問

質量  $M$ 、長さ  $2L$  の細い棒  $AB$  に長さ  $3L$  の細くて丈夫なひもをつけ、ひも上の点  $P$  で固定し、図のようにぶら下げて静止させる。このとき、 $AP$  の長さを  $x$  とする (ただし、 $\frac{L}{2} < x < \frac{3L}{2}$ )。棒は一様で棒の重心  $G$  は棒の中心にある ( $AG=GB=L$ )。

棒  $AB$  が鉛直方向となす角を  $\theta$  とし、 $\angle PAG=\alpha$ 、 $\angle PBG=\beta$ 、 $PG$  間の距離 (長さ) を  $PG=H$ 、 $AP$  間のひもの張力を  $T_1$ 、 $BP$  間のひもの張力を  $T_2$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。



問1 棒に沿う方向 ( $AB$  方向) の力のつり合いの式、および棒  $AB$  に垂直な方向の力のつり合いの式を、それぞれ  $M$ 、 $g$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\theta$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて表せ。

問2 点  $G$  のまわりの力のモーメントのつり合いの式を  $L$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  を用いて表せ。

図形的に見て、三角形  $ABP$  や三角形  $AGP$  に関して正弦定理を用いることで、三角関数の比

$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$  や  $\frac{\sin\theta}{\sin\alpha}$  を三角形の辺の比を用いて表すことができる。このことを用いて、

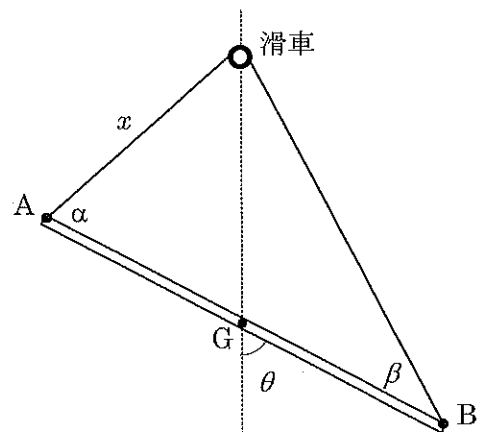
問3 張力の比  $\frac{T_1}{T_2}$  を  $L$  と  $x$  を用いて表せ。

問4 張力  $T_1$  を  $M$ 、 $g$ 、 $x$ 、 $H$  を用いて表せ。

つぎに、ひも上の点  $P$  で固定する代わりに、軽くなめらかで十分に小さな滑車にひもをかけ、滑車と  $A$  の間のひもの長さが  $x$  になる位置 (右図) で、ひもが緩まないようにして、棒を支えて静止させる。

問5 棒  $AB$  とひもの全体を静止させた後、静かに手をはなす。その直後、棒  $AB$  が鉛直方向となす角  $\theta$  はどう変化するか、その理由も含めて述べよ。

ただし、 $\frac{L}{2} < x < \frac{3L}{2}$  とする。



## 物 理 (その2)

## 第2問

なめらかに動くピストンのついたシリンダーの中に理想気体が閉じ込められている。シリンダーには温度調節器がついていて気体の温度を調節できる。温度調節器以外の部分、ピストンとシリンダーは断熱材でできている。また、温度調節器は熱を出入りさせるだけでなく、熱の出入りを遮断することができ、気体を断熱変化させることもできるものとする。大気圧を  $P_0$ 、大気の温度（絶対温度）を  $T_0$ 、シリンダー内側の断面積を  $S$ 、気体定数を  $R$ 、気体の定積比熱を  $\frac{3}{2}R$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

はじめ、シリンダーを水平に置いた状態（図1）で、シリンダー内の気体の圧力と温度は大気の圧力と温度に等しくなっている（状態A）。状態Aのとき、シリンダー内に閉じ込められている気体の体積を  $V_0$  とする。

まず、図2のように、フックにおもりをつけて気体の温度を一定に保ちながら、シリンダーの開口部が下に向くように、ゆっくり鉛直に立てて、ピストンがつり合いの位置にくるまでピストンをゆっくり移動させた（状態B）。ピストンの質量が  $M$ 、おもりの質量が  $2M$  であり、フックの質量は無視できるものとする。

以下において、 $5Mg = P_0S$  という関係があるとして解答せよ。

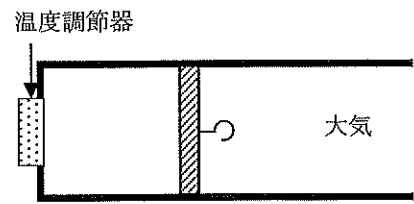


図1：状態A

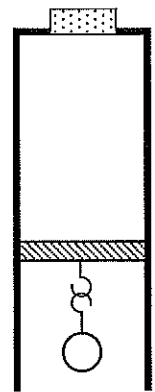


図2：状態B

問1 状態Bの気体の圧力と体積を求め、 $P_0$ 、 $S$ 、 $V_0$ のうち必要な文字を用いて表せ。

つぎに、温度調節器からの熱の出入りを遮断する。その後、おもりを静かにフックから外して取り除き、ピストンが静止する位置までゆっくり移動させた（状態C）。断熱変化において、この気体では  $\gamma = \frac{5}{3}$  として、 $(\text{圧力}) \times (\text{体積})^\gamma = (\text{一定})$  が成り立つことを用いてよい。

問2 状態Cの気体の体積と温度を求め、 $P_0$ 、 $V_0$ 、 $T_0$ のうち必要な文字を用いて表せ。

問3 状態Bから状態Cへの状態変化における気体の内部エネルギーの変化の大きさを求め、 $P_0$ 、 $V_0$ を用いて表せ。また、内部エネルギーは増加するか減少するか、解答欄の正しい選択肢を○で囲め。

状態Cになった後、再び温度調節器を稼働させ、圧力一定のもと、気体の温度が大気の温度と等しくなるまでゆっくり変化させた（状態D）。

問4 状態Aから状態Dまでの状態変化のグラフを解答欄の圧力-体積グラフに描け。ただし、グラフを描く際に、 $2^{\frac{2}{3}} \div 1.5$  と近似してよいものとする。

# 物 理 (その3)

## 第3問

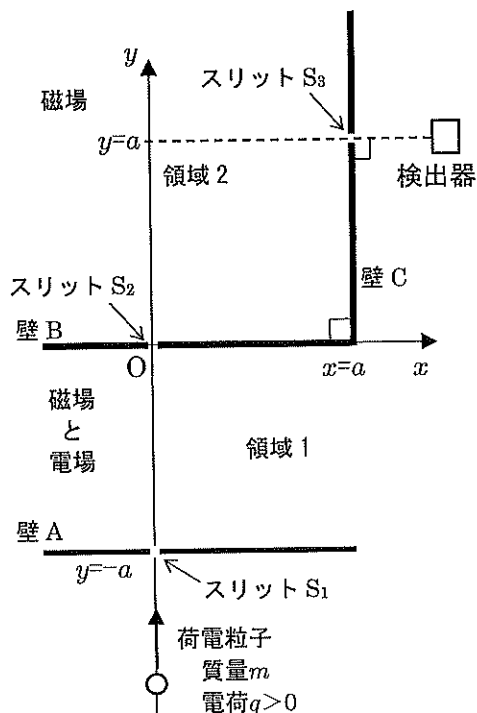
図のように、 $y$  軸に直交する壁 A、壁 B を距離  $a$  隔てて置き、それぞれ  $y$  軸との交点にスリット  $S_1$ 、 $S_2$  を開ける。スリット  $S_2$  の位置を  $xy$  座標の原点  $O(0,0)$  にとり、スリット  $S_1$  の座標を  $(0, -a)$  とする。また、 $x$  軸に直交する壁 C を  $x=a$  に置く。壁 C 上の座標  $(a, a)$  の位置にはスリット  $S_3$  がある。

壁 A と壁 B に挟まれた空間を領域 1、壁 B と壁 C で区切られた  $x < a$  かつ  $y > 0$  の空間を領域 2 とする。

領域 1 と領域 2 には、紙面に対して垂直な向きの一様な磁場をかける。領域 1 と領域 2 の磁場の向きと強さは同じである。これに加えて、領域 1 にだけ  $x$  軸と平行な向きに一様な電場をかける。

壁 C 上のスリット  $S_3$  から  $x$  軸の正の向きに進んだ先に荷電粒子の検出器を置く。この検出器はスリット  $S_3$  を壁 C と垂直に ( $x$  軸と平行な向きに) 通過した荷電粒子のみを検出する。

いま、十分に小さい荷電粒子 (質量  $m$ 、電荷  $q > 0$ ) を多数個用意して、スリット  $S_1$  から壁 A に対して垂直に、いろいろ異なる速さをもつ荷電粒子を次々に入射させる。



問1 荷電粒子が検出器で検出されるには、磁場の向きは紙面の裏→表の向きと表→裏の向きのどちらでなければならないか？また、領域 1 の電場の向きは  $x$  軸の正負どちら向きでなければならないか？解答欄にある正しい選択肢を○で囲め。

つぎの問 2 と問 3 では、領域 1 の電場の強さを  $E$ 、磁束密度の大きさを  $B$  とする。

問 2 スリット  $S_2$  を通過することができる荷電粒子の速さを求めよ。

問 3 問 2 で求めた速さの荷電粒子が領域 2 に入ると円運動し、壁 C に達しなければ壁 B と衝突する。このときの円運動の半径と、スリット  $S_2$  を通過してからはじめて壁 B に衝突するまでにかかる時間を求めよ。

つぎに、領域 1 の電場の強さを  $E_0$  にする。そして、磁束密度の大きさを 0 から徐々に増加させて検出器で荷電粒子を検出する場合を考える。ただし、荷電粒子が壁 B や壁 C に衝突するとき、完全弾性衝突するものとする。また、以下において、荷電粒子が領域 1 と領域 2 を通過している間、磁場や電場は一定に保たれているものとする。

問 4 磁束密度の大きさを 0 から増加させると、磁束密度の大きさが  $B_1$  のときに荷電粒子がはじめて検出された。荷電粒子がスリット  $S_2$  を通過してからスリット  $S_3$  に達するまでにかかる時間  $T_1$  と磁束密度の大きさ  $B_1$  を求め  $a$ 、 $m$ 、 $q$ 、 $E_0$  のうち必要な文字を用いて答えよ。

## 物 理 (その4)

問5 磁束密度の大きさを  $B_1$  からさらに増加させると、一旦、荷電粒子が検出されなくなったが、磁束密度の大きさが  $B_2$  になると、問4の場合の速さとは異なる速さの荷電粒子が検出された。この時の  $B_2$  は  $B_1$  の何倍か？また、荷電粒子がスリット  $S_2$  を通過してからスリット  $S_3$  に達するまでにかかる時間は  $T_1$  の何倍か？

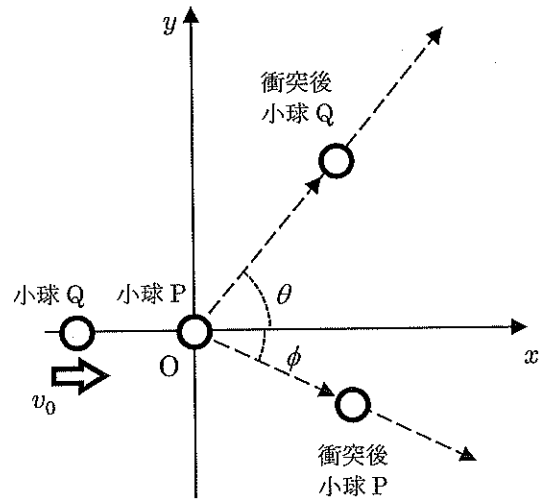
つぎに、磁束密度の大きさを問5の  $B_2$  に固定し、領域1の電場の強さを  $E_0$  から大きくしていく。

問6 電場の強さを  $E_0$  から大きくしていくと、一旦、荷電粒子が検出されなくなったが、電場の強さが  $E_1$  になると再び検出された。この時の電場の強さ  $E_1$  は  $E_0$  の何倍か？

# 物 理 (その5)

## 第4問

なめらかで水平な  $xy$  平面上の原点  $O$  に小球  $P$  を静止させ、右図のように小球  $Q$  を  $x$  軸負の側から小球  $P$  に衝突させる。このとき、衝突前の小球  $Q$  の速度は  $x$  軸正の向きに速さ  $v_0$  であるとする。小球  $P$  と小球  $Q$  は完全弾性衝突する。



小球  $Q$  の衝突後の速度を測ることによって、小球  $P$  の衝突後の速度や質量を調べることが出来る。

衝突後の小球  $Q$  の速さを  $v_1$ 、小球  $Q$  の速度の方向と  $x$  軸とのなす角を  $\theta$ 、小球  $P$  の速度と  $x$  軸とのなす角を  $\phi$  とする (ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ 、 $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$  とする)。

問1  $\tan \phi$  を求め、 $v_0$ 、 $v_1$ 、 $\theta$  を用いて表せ。求める過程と説明を解答欄に書け。

問2 小球  $P$  の質量は小球  $Q$  の質量の何倍かを求め、 $v_0$ 、 $v_1$ 、 $\theta$  を用いて表せ。

いま、 $v_1$  と  $\theta$  を測定したところ  $v_1 = \frac{9}{10} v_0$ 、 $\cos \theta = 0.14$  であった。以下の問いに答えよ。

問3 角度  $\phi$  の値として一番近い選択肢を選び、解答欄に (ア)~(キ) の記号で答えよ。

- (ア)  $0^\circ$ 、(イ)  $15^\circ$ 、(ウ)  $30^\circ$ 、(エ)  $45^\circ$ 、(オ)  $60^\circ$ 、(カ)  $75^\circ$ 、(キ)  $90^\circ$

問4 小球  $P$  の質量は小球  $Q$  の質量の何倍か。

問5 衝突後の小球  $P$  の速度ベクトル (向きと大きさ) を解答欄の図中に原点を始点として図示せよ。その際、解答欄の図中に示されている衝突後の小球  $Q$  の速度ベクトル  $\vec{v}_1$  に対して、小球  $P$  の速度ベクトルの大きさと向きをできるだけ正しく描け。

ただし、図中の縦軸横軸の1目盛の大きさは速度ベクトルの大きさ  $\frac{1}{10} v_0$  に対応している。

