

平成 31 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 36 ページあり、第 1 ～ 3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

# 物 理

(注) 医学科の受験生は問1から問3までを、歯学科および保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問1から問2までを解答せよ。

1 物体の運動に関する問題に解答せよ。

問1 摩擦がはたらく水平な板の上に物体をのせる。質量  $m$  の物体にはたらく垂直抗力を  $R$ 、摩擦力を  $F$  とする。はじめ物体は静止している。図1のように板と水平面がなす角度  $\theta$  を  $\theta = 0$  から  $\pi/2$  まで徐々に大きくしていくとき、ある角度  $\theta_c$  を超えると物体は動き始めた。重力加速度を  $g$  とし、以下の問いに答えよ。板と物体の間の静止摩擦係数を1、動摩擦係数を0.5とする。また板は無限に長いとする。

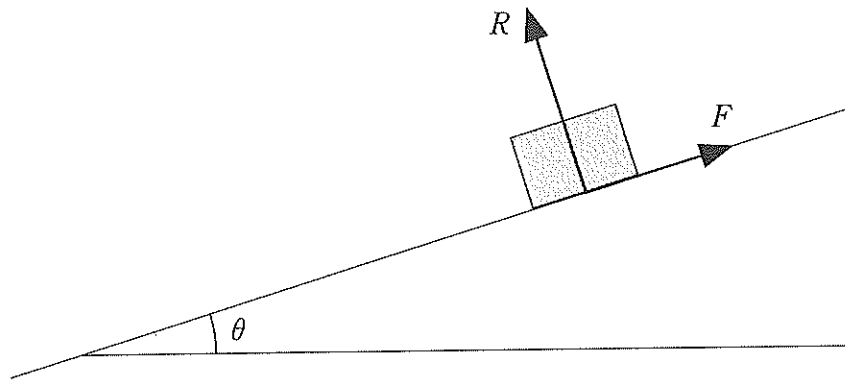


図1

- (1)  $\theta_c$  の値を求めよ。
- (2) 板と物体の間の摩擦力  $F$  と垂直抗力  $R$  は角度  $\theta$  によってどのように変化するか。  $F$  を実線、  $R$  を破線として同じグラフ上に示せ。その際、  $F$  と  $R$  の式を  $m$ 、  $g$ 、  $\theta$  を使い示すこと。

問 2 図2のように水平面とある角度 $\beta$  ( $0 < \beta < \pi/2$ )をなす滑らかな斜面と大きさが無視できる質量 $m$ の小球がある。時刻 $t=0$ に原点 $O$ から水平面との角度 $\alpha$ 、初速 $v_0$ で小球を $xy$ 平面内に投げた。投射角は $0 < \alpha < \pi/2$ とする。水平方向に $x$ 軸、垂直方向に $y$ 軸をとる。重力加速度を $g$ とし、小球の空気抵抗は無視できる。また斜面は無限に長いとする。

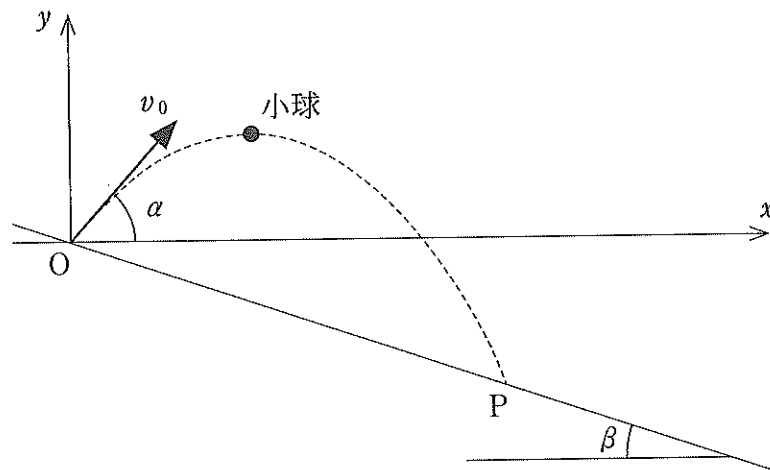


図 2

斜面にはじめて衝突するまでの運動( $t > 0$ )について、以下の問いに答えよ。

- (1) 時刻 $t$ における小球の $x$ 方向、 $y$ 方向それぞれの速度を $v_x$ 、 $v_y$ とする。  
 $v_x$ 、 $v_y$ を $g$ 、 $m$ 、 $t$ 、 $v_0$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ の中から必要なものを使って書け。
- (2) 時刻 $t$ における小球の座標 $x$ 、 $y$ を書け。 $g$ 、 $m$ 、 $t$ 、 $v_0$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ の中から必要なものを使って答えよ。
- (3) 小球がはじめて斜面に衝突した位置 $P$ では $\beta$ 、 $x$ 、 $y$ にどのような関係が成り立つか。 $\tan \beta = \dots$ の形で答えよ。
- (4) 斜面上の到達距離 $\overline{OP}$ を求めよ。 $g$ 、 $m$ 、 $v_0$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ の中から必要なものを使って答えよ。
- (5) 斜面上の到達距離 $\overline{OP}$ が最大となる角度 $\alpha$ を求めよ。またその時の到達距離 $\overline{OP}$ を求めよ。 $g$ 、 $m$ 、 $v_0$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$ の中から必要なものを使って答えよ。

小球は時刻  $t = t_1$  にはじめて斜面上に衝突しバウンドした。これを1回目のバウンドとする。その後、小球は2回目、3回目、 $\dots$ 、 $N$ 回目のように繰り返しバウンドした。小球と斜面の反発係数は  $e$  ( $0 < e < 1$ ) である。以下の問いに答えよ。

- (6) 小球が2回目にバウンドする時刻を求めよ。 $e, g, m, v_0, N, \alpha, \beta$  の中から必要なものを使って答えよ。
- (7) 小球が  $N$  回目にバウンドする時刻を求めよ。 $e, g, m, v_0, N, \alpha, \beta$  の中から必要なものを使って答えよ。

問 3 大きさが無視でき質量が同じ  $n$  個 ( $n \geq 3$ ) の小球を摩擦のない水平面上にある半径  $r_0$  の円周上に等間隔に配置し、さらに隣どうし的小球を自然長のバネで結んだ。1つの小球の質量は  $M/n$  である。またバネの質量は無視でき、バネ定数は  $k_0/(\text{バネの自然長})$  とする。図 3 のようにすべての小球を中心と小球を結ぶ直線に沿って距離  $A$  だけ外側に引っ張ったあと同時に離すと、すべての小球が同時に中心に向かって動き、小球の運動は振幅  $A$  の単振動となった。 $A$  は  $r_0$  と比べ十分に小さいものとする。以下の問いに答えよ。

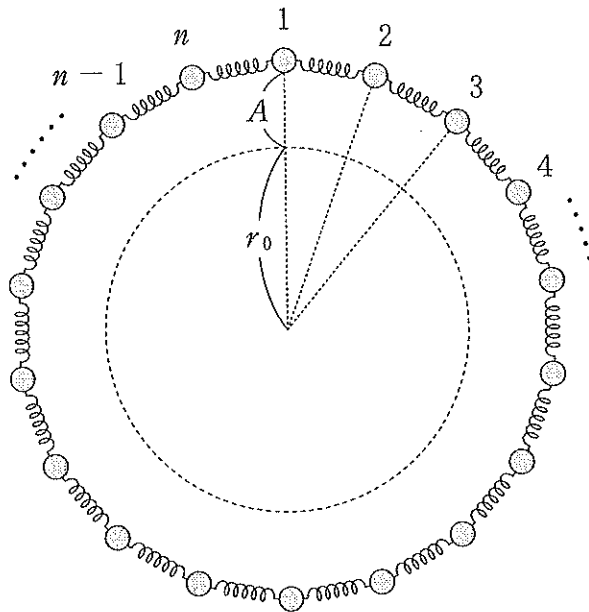


図 3

- (1) 小球の円の中心からの距離が  $r_0$  より距離  $x$  だけ外側にあるとき、1個の小球が1本のバネから受ける力の大きさを求めよ。 $n, k_0, r_0, x, A, M$  の中から必要なものを使って答えよ。
- (2) 小球の単振動の角振動数を求めよ。 $n, k_0, r_0, A, M$  の中から必要なものを使って答えよ。
- (3)  $n$  を無限大にした極限における小球の単振動の周期を求めよ。 $n, k_0, r_0, A, M$  の中から必要なものを使って答えよ。

(注) 医学科の受験生は問1から問7までを、歯学科および保健衛生学科(検査技術学専攻)の受験生は問1から問6までを解答せよ。

2 抵抗Aに電圧 $V$ を加えたときに流れる電流 $I$ は、オームの法則 $V = RI$ に従う。一方、抵抗Bに電圧 $V$ を加えたときに流れる電流 $I$ は、オームの法則からずれており、

$$V = \begin{cases} RI + aI^2 & (I \geq 0) \\ RI - aI^2 & (I < 0) \end{cases}$$

という関係式に従う。ただし $R$ および $a$ は正であり、 $R$ は抵抗A、Bで同じ値である。

問1 抵抗Aの電流と電圧の関係を、解答用紙中のグラフに点線で示してあげる。抵抗Bの電流と電圧の関係を、同じグラフに実線で記入せよ。

問2 次の文のうち、正しいものを選べ。

- (a) 抵抗Aと抵抗Bは同じ大きさの抵抗としてはたらく。
- (b) 抵抗Aは抵抗Bよりも大きな抵抗としてはたらく。
- (c) 抵抗Aは抵抗Bよりも小さな抵抗としてはたらく。

問3 抵抗Bに2.1Vの電圧を加えたときの電流は1A、12.5Vの電圧を加えたときの電流は5Aであった。 $R$ 、 $a$ を単位をつけて求めよ。ただし、単位はm、kg、s、Aの組み合わせで表すこと。

抵抗A、抵抗B、電池(電圧 $V_0$ )をいくつか用いて直流回路を作る。導線の抵抗および電池の内部抵抗は無視して、以下の問題に答えよ。また回路図中で、抵抗Aは白色で、抵抗Bは灰色で示してある。

- 問 4 (1) 抵抗  $B$  と電池を用いて図 1 の回路を作った。電流  $I_1$  を求めよ。  
 (2) 抵抗  $B$  2 個と電池を用いて図 2 の回路を作った。電流  $I_2$  を求めよ。  
 (3)  $I_2$  と  $I_1/2$  の大小関係を不等式または等式で示せ。理由も記すこと。

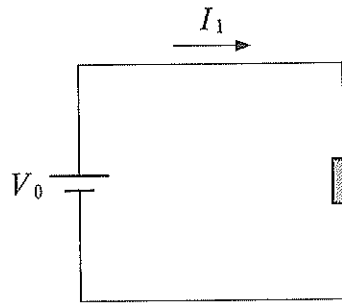


図 1

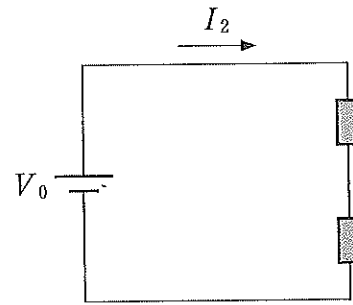


図 2

- 問 5  $X_1, X_2, X_3, X_4$  を頂点とする正四面体の各辺に抵抗  $B$  を 1 個配し、図 3 の回路を作った。

- (1) 点  $X_1, X_2, X_3, X_4$  における電位を求めよ。ただし回路中で接地されている点を電位 0 とする。  
 (2) 電流  $I_3$  を求めよ。ただし、正の向きを図のように選ぶこと。

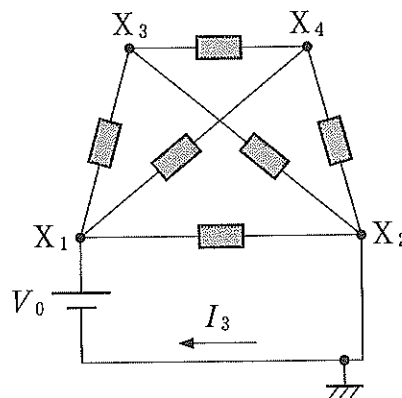


図 3



問 6 抵抗 A を 2 個、抵抗 B を 1 個、電池を 2 個用いて図 4 の回路を作った。

電流  $I_4$ 、 $I_5$ 、 $I_6$  の正の向きを図のように選ぶ。

(1) キルヒホッフの第一法則から、 $I_4$ 、 $I_5$ 、 $I_6$  の間に成り立つ式を示せ。

(2) 電流  $I_4$  を求めよ。

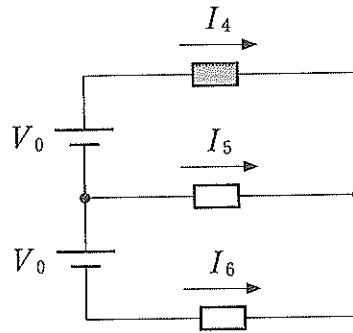


図 4

問 7  $N^2$  個の抵抗 B と電池 1 個を用いて図 5 の回路を作った。ただし、 $N \geq 2$

とする。

(1) 電流  $I_7$  を求めよ。

(2)  $I_7$  と図 1 の  $I_1$  の大小関係を不等式または等式で示せ。理由も記すこ

と。

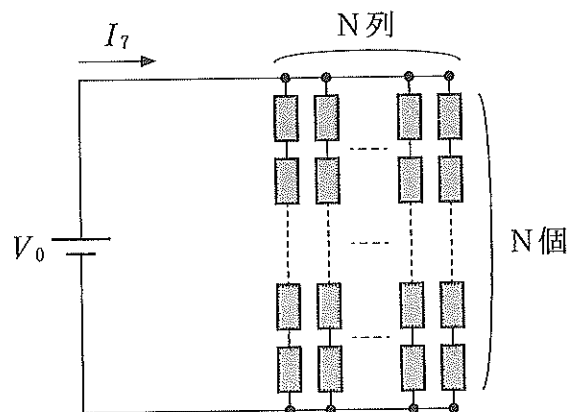


図 5