

令和3年度一般選抜試験(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で43ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4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) 解答用紙の所定欄に次のとおり受験番号を記入しなさい。氏名を記入してはならない。
 - ・ 一般選抜試験のみを志願する受験者は一般の欄に受験番号を記入する。
 - ・ 併用試験のみを志願する受験者は併用の欄に受験番号を記入する。
 - ・ 一般選抜試験と併用試験の両方を志願する受験者は一般と併用の両方の欄にそれぞれの受験番号を記入する。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。
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で、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) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、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置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

物 理 (前期)

I 重力加速度の大きさを g として、以下の問に答えよ。

長さ L の一様な細い棒 AB (質量 m) を、AB の中点 O で、 $\angle AOB$ が直角になるように折り曲げた。この棒を、図のように、床に固定された棒の先端に取り付けられた球体にのせたところ、棒は球体と 2 点で接した状態で静止した。AO は水平で、AO の長さは球体の直径に等しい。棒と球体との静摩擦係数を $\mu (< 1)$ とする。このとき棒と球体間に働く摩擦力について考えてみよう。

AO と球体間に働く摩擦力の大きさが F_1 、OB と球体間に働く摩擦力の大きさが F_2 で、それぞれが図の矢印の方向に作用する場合について考える。AO が球体から受ける垂直抗力の大きさを N_1 、OB が球体から受ける垂直抗力の大きさを N_2 とすると、水平方向の力のつり合いの式は $\boxed{1}$ 、鉛直方向の力のつり合いの式は $\boxed{2}$ と表される。

点 O のまわりの力のモーメントのうち、紙面上から見て時計回りの力のモーメントの大きさは $\boxed{3}$ 、反時計回りの力のモーメントの大きさは $\boxed{4}$ なので、力のモーメントのつり合いの式は $\boxed{3} = \boxed{4}$ と表される。

F_2 の上限は、 F_1 を用いると

$$F_2 \leq \boxed{5} \quad (1)$$

となる。

F_1 の上限は、 F_2 を用いると

$$F_1 \leq \boxed{6} \quad (2)$$

となる。力のつり合いと力のモーメントのつり合いを考えると、 F_2 は F_1 を用い

$$F_2 = \boxed{7} \quad (3)$$

と表される。(3)式を(2)式に代入すると、 F_1 の上限は μ 、 m 、 g だけを用いて表すことができ、

$$F_1 \leq \boxed{8} \quad (4)$$

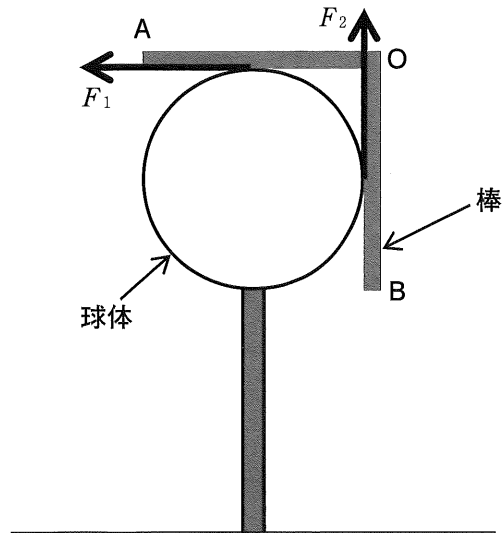
となる。

(1)式と(4)式を満たす F_1 と F_2 の範囲①を横軸 F_1 、縦軸 F_2 のグラフ上に図示することができる。 μ がある値以上のとき、(3)式を満たす F_1 と F_2 がこの範囲に存在する②。

問 1 文中の1～8の空欄に最も適した文字式や関係式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

問 2 (1)式と(4)式を横軸 F_1 、縦軸 F_2 のグラフに図示し、下線部①の範囲を斜線で示せ。

問 3 下線部②において、 μ の最小値を求めよ。途中の考え方も記せ。



II 図のような起電力 V の電池，電気容量 C のコンデンサー C_1, C_2 ，抵抗値 R の抵抗およびスイッチ S からなる回路を考える。この回路を用いて以下の i)，ii)，iii) の操作を行った。i) の操作前には，2つのコンデンサーに電荷はなく，スイッチ S はどちらにも接続されていないとする。次の問に答えよ。問 2 から 4 は途中の考え方も記せ。

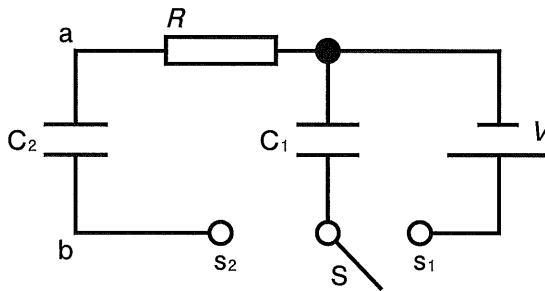
- i) S を s_1 側に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。
- ii) 次に S を s_2 側に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。
- iii) 再び S を s_1 側にいれてから，じゅうぶんに時間がたった後，スイッチを s_2 に入れた。その後，じゅうぶんに時間がたった。

問 1 i) の操作の後， C_1 に蓄えられた電気量を求めよ。

問 2 ii) の操作において，抵抗で発生したジュール熱と，ii) の操作後の ab 間の電位差を求めよ。

問 3 iii) の操作の後， C_1 に蓄えられた電気量を求めよ。

問 4 iii) の操作をじゅうぶんな回数繰り返すと， ab 間の電位差はある値になった。この値を求めよ。



Ⅲ フルートは管状の横笛で、図のように、吹き口部と管部からなる。奏者が吹き口に軽く唇を当て息を吹くことで吹き口部が音源となり、音源から出た音が管部で共鳴する。フルートの吹き口は奏者の口でふさがれることはないので、管部は両端が開いた開管とみなすことができる。管部の実効的な長さは、管部に設けられた指孔を開くことで短くすることができる。

音名は音の振動数を表す。音名は国際式音名表記を用いると表のようになる。指孔を全て閉じた状態のフルートで出すことができる最も低い音は国際式音名のC4の音である。以下の間に答えよ。問1以外は、途中の考え方も記せ。音速は340 m/sとする。開口端補正は考えなくてもよい。

問 1 音を特徴づける3つの要素(音の3要素)を答えよ。

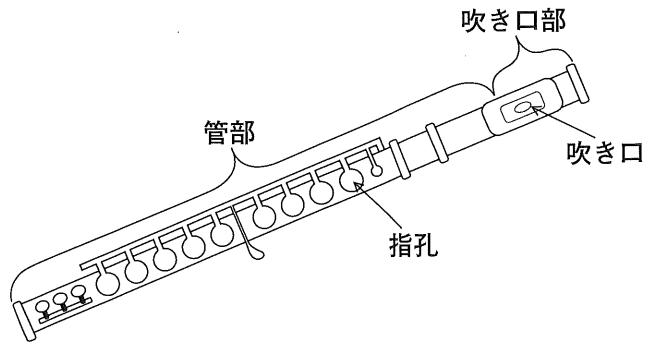
問 2 フルートの管部の長さを求めよ。

音の振動数が、国際式音名の音の振動数の $\pm 1\%$ の範囲であれば、その音名の音であるとする。

問 3 C4からC7の音を出すことができるフルート奏者が、指孔を開き、管部の実効的な長さを問2の長さの $\frac{2}{3}$ にしてフルートを吹いた。フルートから出る全ての音を、国際式音名を用いて答えよ。

クラリネットも音源となる吹き口部と管部からなる楽器である。音源であるリードと呼ばれる薄い板がついた吹き口は奏者の口で閉じられているので、管部は片端だけが閉じた閉管とみなすことができる。

問 4 管部の長さがフルートと同じであるクラリネットで出すことができる最も低く聞こえる音を、国際式音名を用いて答えよ。



国際式音名と振動数(Hz)の関係の表

順番	音名						
	C	D	E	F	G	A	B
0	16	18	21	22	25	28	31
1	33	37	41	44	49	55	62
2	65	73	82	87	98	110	124
3	131	147	165	175	196	220	247
4	262	294	330	349	392	440	494
5	523	587	659	699	784	880	988
6	1047	1175	1319	1397	1568	1760	1976
7	2093	2249	2637	2794	3136	3520	3951
8	4186	4699	5274	5588	6272	7040	7902
9	8372	9397	10548	11175	12544	14080	15804

表の見方 振動数が 147 Hz の音の国際式音名 D3

IV 発光ダイオード(LED)を用いプランク定数 h を求める実験を行った。以下の間に答えよ。光速を c 、電気素量を e とする。問 2 と問 3 以外は途中の考え方も記せ。

LED は順方向に電圧を加えると発光する半導体素子である。LED は pn 接合に電圧を順方向にかけると、n 型層の正孔と p 型層の自由電子の密度が平衡状態よりも増加する。この増加した正孔と自由電子は平衡状態に戻ろうとし、空乏層で再結合し発光する。LED が発光するためには、ある大きさの電圧が必要であり、この電圧によるエネルギーは全て LED が放出する光子のエネルギーに変換されるとする。

内部抵抗が無視できる直流電源と抵抗と LED を用い、図 1 のような回路を組んだ。LED は取り換えることができる。

問 1 図 2 のような電流電圧特性を持つ LED を接続した。電源電圧が 6.0 V 、抵抗の抵抗値が 20Ω であるとき、LED に流れる電流の大きさはいくらか。

電源電圧を徐々に大きくしながら、LED が発光し始めたときの LED の両端の電圧(発光開始電圧)を測定した。

問 2 LED 発光による波長 λ の光の振動数を求めよ。

問 3 発光開始電圧を λ を用いて表せ。

異なる色で発光する LED を用い、発光開始電圧を測定し図 3 の結果を得た。

問 4 図 3 のグラフの傾きの大きさを求めよ。

問 5 この実験結果からプランク定数を求めよ。必要があれば、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ を用いてもよい。

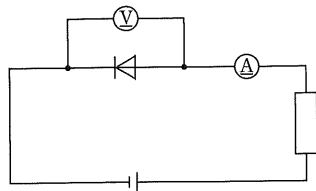


図 1

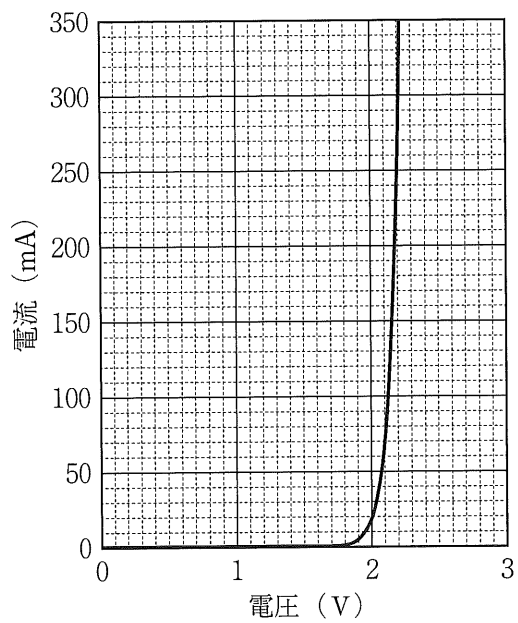


図 2

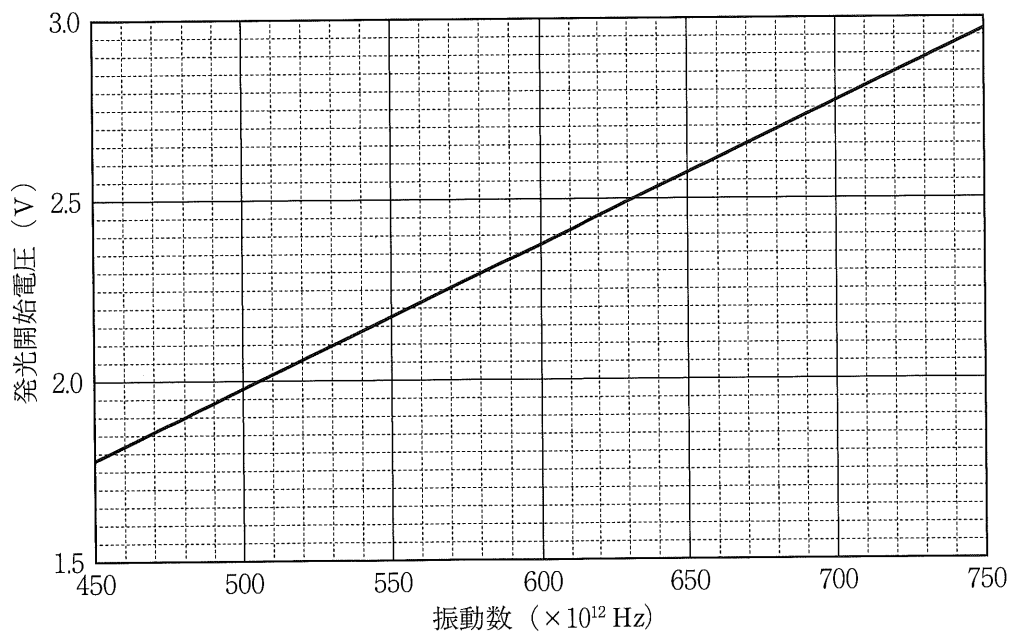


図 3