

早稲田大学 基幹・創造・先進理工学部  
2020年度 入試問題の訂正内容

＜基幹・創造・先進理工学部 一般入試＞

【物理】

●問題冊子5ページ：設問[ I ] 問4 (11)、(12)

選択肢に正解として扱うことができるものが複数ありましたので、そのいずれか、または両方を選択した場合も得点を与えることといたします。

以上

早稲田大学 基幹・創造・先進理工学部  
2020年度 入試問題の訂正内容

<基幹・創造・先進理工学部 一般入試>

【化学】

●問題冊子14ページ：〔I〕 (9) 選択肢B (ウ)

(誤)

ヒロドキシ基

(正)

ヒドロキシ基

以上

早稲田大学 2020年度  
一般入試 基幹・創造・先進理工学部

# 物 理 ・ 化 学

## 問 題

2020年度

〈R02140017〉

### 注 意 事 項

1. この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。  
受験票に記載されている理科学科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生 物 (別冊配付)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

2. この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙を配付します。解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子および記述解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
4. 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
6. マーク解答用紙記入上の注意
- (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入してください。
  - (2) マーク欄にははっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消してください。

マークする時	● 良い	○ 悪い	○ 悪い
マークを消す時	○ 良い	○ 悪い	○ 悪い

7. 記述解答用紙記入上の注意
- (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
  - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
  - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒	3	8	2	5	

8. 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
9. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
10. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
11. 問題冊子は持ち帰ってください。
12. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

# 物理 (マーク解答問題)

〔I〕 以下の空欄にあてはまるものを各解答群から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークせよ。

図1のように、2本の細いスリットが間隔  $d$  で配置されたスリット板を屈折率1の空気中におく。この2本のスリットに波長  $\lambda$  のレーザー光をスリット板に対して垂直に入射する。レーザー光は平面波とみなせるものとする。このとき、スリット板に平行に配置したスクリーン上には明点がほぼ等間隔に並ぶ。スリット板とスクリーンの距離  $L$  は、 $d$  に比べて十分に大きいものとする。2本のスリットから等距離にある明点の中心を原点  $O$  として、並んだ明点に沿って  $X$  軸をとる。原点  $O$  の位置の明点が0次回折光、 $X$  座標が正の側に現れる最初の明点が1次回折光、負の側に現れる最初の明点が-1次回折光であり、2次以降も同様である。図2のように、 $X$  軸を含みスクリーンに垂直な平面上で2本のスリット的位置をそれぞれ点  $S_1$ 、点  $S_2$  とし、 $S_1$  と  $S_2$  の中点を点  $Q$  とする。以下の設問において、 $|\theta| \ll 1$  のとき  $\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta$  および  $\cos \theta \cong 1$  と近似できることを用いてよい。

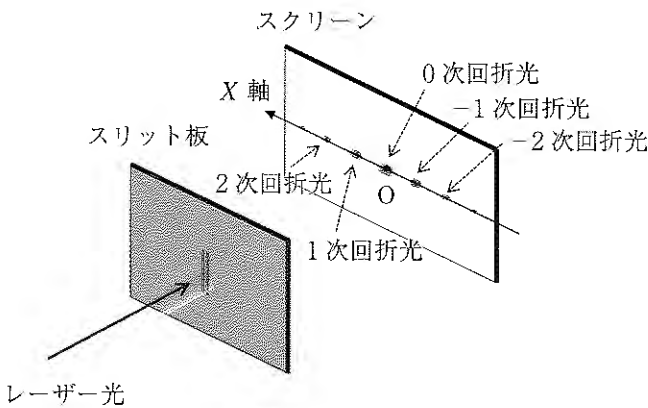


図1

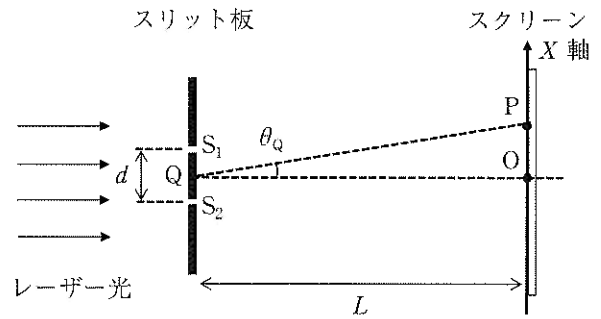


図2

問1  $X$  軸上の点  $P$  の座標を  $x$  とし ( $x > 0$ )、線分  $QO$  と線分  $QP$  とのなす角を  $\theta_Q$ 、 $S_1$  と  $P$  との距離を  $l_1$ 、 $S_2$  と  $P$  との距離を  $l_2$  とする。 $d$  が  $L$  に比べて十分に小さいため、線分  $QP$  と線分  $S_1P$ 、線分  $S_2P$  は平行とみなせて、経路差  $l_2 - l_1$  は (1) となる。さらに  $x$  が  $L$  に比べて十分に小さい場合には  $\theta_Q$  が十分に小さくなるため、この経路差は (2) と近似できる。 $m$  を整数として  $m$  次回折光による明点が現れる  $X$  座標は (3) である。

(1)の解答群

- |                                 |                      |                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| a. $\frac{dL \cos \theta_Q}{x}$ | b. $x \cos \theta_Q$ | c. $L \sin \theta_Q$            | d. $d \sin \theta_Q$ |
| e. $x \sin \theta_Q$            | f. $d \cos \theta_Q$ | g. $\frac{dL \sin \theta_Q}{x}$ | h. $L \cos \theta_Q$ |

(2)の解答群

- |                    |                   |                    |                    |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| a. $\frac{d^2}{x}$ | b. $\frac{dx}{L}$ | c. $\frac{x^2}{d}$ | d. $\frac{xL}{d}$  |
| e. $\frac{x^2}{L}$ | f. $d$            | g. $\frac{dL}{x}$  | h. $\frac{d^2}{L}$ |

(3)の解答群

- |                                 |                           |                             |                                |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| a. $-(m-1) \frac{Ld}{2\lambda}$ | b. $\frac{L\lambda}{md}$  | c. $-m \frac{L\lambda}{d}$  | d. $(m-1) \frac{Ld}{2\lambda}$ |
| e. $m \frac{Ld}{2\lambda}$      | f. $-\frac{L\lambda}{md}$ | g. $-m \frac{Ld}{2\lambda}$ | h. $m \frac{L\lambda}{d}$      |

次に図3のようにレーザー光の入射角を角度 $\theta_b$ まで傾けていくと、明点の位置がX軸に沿って移動した。

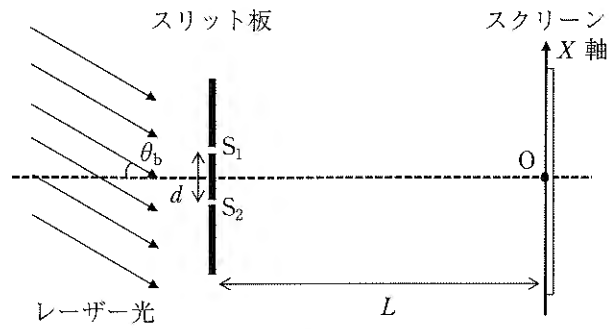


図3

問2 入射光の $S_1$ における位相と $S_2$ における位相の間には (4) の差が生じ、原点 $O$ にあった明点(0次回折光)はX座標 (5) に移動した。このとき、となりあう明点の間隔は (6) である。

(4)の解答群

- |   |   |   |                                      |
|---|---|---|--------------------------------------|
| a. $\frac{\pi d \sin \theta_b}{\lambda}$  | b. $\frac{\pi d \cos \theta_b}{2\lambda}$ | c. $\frac{\pi d \cos \theta_b}{\lambda}$  | d. $\frac{d \cos \theta_b}{\lambda}$ |
| e. $\frac{2\pi d \sin \theta_b}{\lambda}$ | f. $\frac{2\pi d \cos \theta_b}{\lambda}$ | g. $\frac{\pi d \sin \theta_b}{2\lambda}$ | h. $\frac{d \sin \theta_b}{\lambda}$ |

(5)の解答群

- |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a. $d \sin \theta_b$  | b. $-L \sin \theta_b$ | c. $-d \sin \theta_b$ | d. $-d \cos \theta_b$ |
| e. $-L \cos \theta_b$ | f. $d \cos \theta_b$  | g. $L \cos \theta_b$  | h. $L \sin \theta_b$  |

(6)の解答群

- |                                   |                                  |                                  |                         |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| a. $\frac{Ld}{2\lambda} \theta_b$ | b. $\frac{L\lambda}{d} \theta_b$ | c. $\frac{Ld}{2\lambda}$         | d. $\frac{L\lambda}{d}$ |
| e. $\frac{d\lambda}{L}$           | f. $\frac{d\lambda}{L} \theta_b$ | g. $\frac{Ld}{\lambda} \theta_b$ | h. $\frac{Ld}{\lambda}$ |

屈折率 1 の空気中に 1 より大きな屈折率  $n$  をもつ頂角  $\theta_n$  のプリズムをおく。図 4 に示すように、このプリズムの片面に垂直に波長  $\lambda$  のレーザー光を入射した。以下の問では、空気とプリズムの境界面で反射する光は考えないものとする。

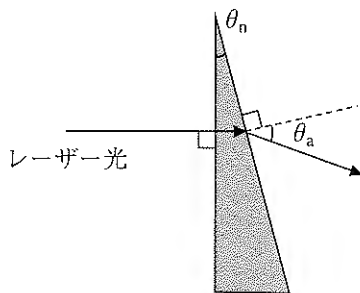


図 4

問 3 図 4 のようにプリズムから出射した光の進行方向と出射側の面の法線とのなす角を  $\theta_a$  とすると、 $\theta_n$  と  $\theta_a$  の関係は  $\sin \theta_n =$  (7) である。ここで  $\theta_n$ 、 $\theta_a$  が十分に小さいとすると  $\theta_n =$  (8) となる。

(7)の解答群

- |                            |                                    |                                |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| a. $(n - 1) \cos \theta_a$ | b. $n \sin \theta_a$               | c. $\frac{1}{n} \cos \theta_a$ | d. $\frac{1}{n - 1} \sin \theta_a$ |
| e. $n \cos \theta_a$       | f. $\frac{1}{n - 1} \cos \theta_a$ | g. $(n - 1) \sin \theta_a$     | h. $\frac{1}{n} \sin \theta_a$     |

(8)の解答群

- |                  |                      |                             |                         |
|------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| a. $n - 1$       | b. $\frac{1}{n - 1}$ | c. $\frac{\theta_a}{n - 1}$ | d. $n$                  |
| e. $\frac{1}{n}$ | f. $n \theta_a$      | g. $(n - 1) \theta_a$       | h. $\frac{\theta_a}{n}$ |

このプリズムを図 2 のレーザー光源とスリット板の間に挿入した場合を考えよう。図 5 のように、プリズムの入射側の面がスリット板に平行になるように配置し、レーザー光を入射側の面に対して垂直に入射する。プリズムで屈折したレーザー光は入射角  $\theta_s$  でスリット板に入射し、2 本のスリットを通過するものとする。

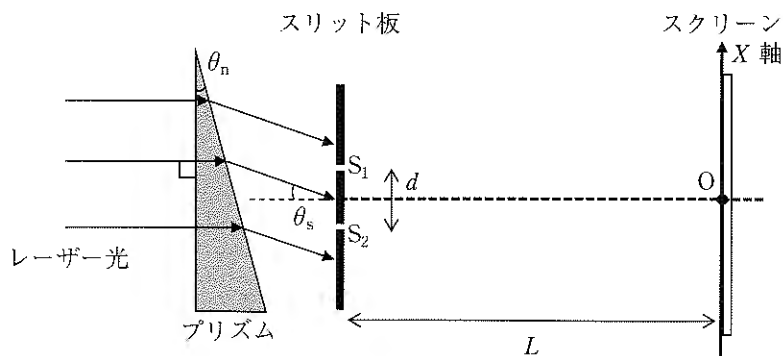


図 5

問4 このとき  $S_1$  を通過する光に比べて  $S_2$  を通過する光の方がプリズム内部の経路は (9) だけ長くなる。ここで  $\theta_n$ ,  $\theta_s$  が十分に小さいとすると,  $\theta_n$  と  $\theta_s$  の関係は  $\theta_s =$  (10) と近似でき, また, プリズム内部の経路差は (11) と近似できる。同様の近似によって, スリット板までの空気中の経路は  $S_1$  を通過する光に比べて  $S_2$  を通過する光の方が (12) だけ短くなる。このようにして生じた経路差からスリット板に入射する光の  $S_1$  における位相と  $S_2$  における位相の間には (13) の差が生じる。このとき, 図2の場合において原点  $O$  にあった明点 ( $0$  次回折光) は  $X$  座標 (14) に移動した。

(9)の解答群

$$\begin{array}{lll} \text{a. } \frac{d \sin \theta_n}{1 - \cos \theta_s} & \text{b. } \frac{d \cos \theta_n}{1 - \cos \theta_n \cos \theta_s} & \text{c. } \frac{d \cos \theta_n}{1 - \cos \theta_s} \\ \text{d. } \frac{dn \cos \theta_n}{1 - \cos \theta_n \cos \theta_s} & \text{e. } \frac{dn \tan \theta_n}{1 - \tan \theta_n \tan \theta_s} & \text{f. } \frac{dn \cos \theta_n}{1 - \cos \theta_s} \\ \text{g. } \frac{dn \sin \theta_n}{1 - \cos \theta_s} & \text{h. } \frac{d \tan \theta_n}{1 - \tan \theta_n \tan \theta_s} & \end{array}$$

(10)の解答群

$$\begin{array}{llll} \text{a. } 2n\theta_n & \text{b. } n\theta_n & \text{c. } \frac{\theta_n}{n} & \text{d. } \frac{\theta_n}{n-1} \\ \text{e. } 2(n-1)\theta_n & \text{f. } (n-1)\theta_n & \text{g. } \frac{2\theta_n}{n} & \text{h. } \frac{2\theta_n}{n-1} \end{array}$$

(11)の解答群

$$\begin{array}{llll} \text{a. } \frac{d\theta_n}{n} & \text{b. } dn\theta_n & \text{c. } d\theta_n & \text{d. } \frac{d\theta_n}{n-1} \\ \text{e. } \frac{d\theta_s}{n-1} & \text{f. } n\theta_n & \text{g. } dn\theta_s & \text{h. } \frac{d\theta_s}{n} \end{array}$$

(12)の解答群

$$\begin{array}{llll} \text{a. } \frac{d\theta_n}{n} & \text{b. } dn\theta_n & \text{c. } d\theta_n & \text{d. } \frac{d\theta_n}{n-1} \\ \text{e. } \frac{d\theta_s}{n-1} & \text{f. } n\theta_n & \text{g. } dn\theta_s & \text{h. } \frac{d\theta_s}{n} \end{array}$$

(13)の解答群

$$\begin{array}{lll} \text{a. } \frac{2\pi d\theta_n}{n(n-1)\lambda} & \text{b. } \frac{2\pi d\theta_n}{(n+1)\lambda} & \text{c. } \frac{2\pi d\theta_n}{(n-1)\lambda} \\ \text{d. } \frac{2\pi n(n+1)d\theta_n}{\lambda} & \text{e. } \frac{2\pi n(n-1)d\theta_n}{\lambda} & \text{f. } \frac{2\pi(n+1)d\theta_n}{\lambda} \\ \text{g. } \frac{2\pi(n-1)d\theta_n}{\lambda} & \text{h. } \frac{2\pi d\theta_n}{n(n+1)\lambda} & \end{array}$$

(14)の解答群

$$\begin{array}{llll} \text{a. } -(n-1)L\theta_n & \text{b. } \frac{L\theta_n}{n+1} & \text{c. } (n+1)L\theta_n & \text{d. } nL\theta_n \\ \text{e. } -(n+1)L\theta_n & \text{f. } -nL\theta_n & \text{g. } \frac{L\theta_n}{n-1} & \text{h. } (n-1)L\theta_n \end{array}$$

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

惑星の公転運動に成り立つ法則には、一般の物体の運動にもあてはまるものがある。まず太陽系の惑星の運動について、次の問に答えよ。図1に示すように、惑星が楕円軌道に沿って太陽のまわりを運動している。楕円の半長軸の長さは  $a$ 、楕円の中心と太陽との距離は  $ea$  ( $0 \leq e < 1$ ) である。惑星が楕円軌道上の点  $P$  を通過しているとき、惑星の面積速度は、点  $P$  から太陽までの距離  $R$  と、点  $P$  と太陽を結ぶ線分に垂直な方向の惑星の速度成分の大きさ  $V$  を使って、 $\frac{1}{2}RV$  と表される。

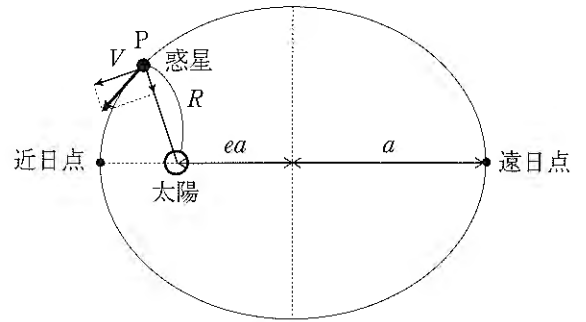


図1

問1 ケプラーの第2法則（面積速度一定の法則）に基づき、近日点での惑星の速さが遠日点での速さの何倍になるかを求めよ。

太陽の位置で常に惑星の方向を向くように回転している観測者  $S$  を想定する。この観測者  $S$  には、惑星に遠心力がはたらくように見える。惑星が点  $P$  を通過するとき、 $S$  から見た惑星にはたらく遠心力の大きさは、同じ惑星が速さ  $V$  で半径  $R$  の等速円運動をしている場合の向心力の大きさと同じである。

問2 観測者  $S$  から見ると、近日点で惑星にはたらく遠心力の大きさは遠日点での値の何倍になるかを求めよ。

問1に用いたケプラーの第2法則、および問2の遠心力の考え方は、物体に一点に向かう力（中心力）だけがはたらく場合の運動一般に適用できる。このことを参考に、地上で観察する物体の運動について以下の問に答えよ。ただし重力加速度の大きさは  $g$  とする。図2のように、小さな穴のあいた滑らかな水平台の上で、質量  $2m$  の小球が穴を中心に運動している。小球に付けられている糸は穴を通して鉛直下向きに下げられ、その先端に質量  $m$  の小さなおもりが取り付けられている。水平台は地面に対して固定されており、台の面や穴での摩擦は無視できるほど小さい。小球とおもりの大きさ、穴の大きさ、および糸の質量は、いずれも十分小さく無視できるものとする。また糸は伸びたり縮んだり切れたりすることなく、常にびんと張っている。この小球とおもりを観測者  $A$  と  $B$  が見ている。観測者  $A$  は、中心の穴の位置で常に小球の方向を向くように回転しており、観測者  $B$  は、水平台に対して静止している。

静止している観測者  $B$  から見て、最初、小球は一定の角速度で等速円運動をしていた。このとき中心の穴から小球までの距離は  $r$  であった。

問3 観測者  $A$  から見た小球にはたらく遠心力の大きさと、観測者  $B$  から見た小球の速さをそれぞれ求めよ。

ここに質量  $\Delta m$  の、大きさの無視できる小さな蜂が飛んできて、静かに（速さゼロで）おもりにとまった。蜂の質量はおもりの質量よりずっと小さい ( $\Delta m \ll m$ ) が、力のつり合いがくずれて、おもりと蜂は鉛直下向きに動き始めた。蜂がとまる前の位置からのおもりの変位を、鉛直下向きを正として  $x$  と表す。この変位の大きさは小球の最初の円運動の半径よりずっと小さく ( $|x| \ll r$ )、糸は十分長いので、運動中に小球が穴の位置に到達することはない。また、おもりの運動中、蜂はおもりに対して静止したまま一体となって動くものとする。



問4 変位が  $x$  のとき、観測者 B から見た糸に垂直な方向の小球の速さは、蜂がとまる前の何倍になるかを求めよ。ただし、蜂がとまっても小球には一点に向かう力（中心力）だけがはたらくので、面積速度一定の法則が成り立つことに留意せよ。

問5 変位が  $x$  のとき、観測者 A から見た小球にはたらく遠心力の大きさは、蜂がとまる前の何倍になるかを求めよ。

問6 前問で求めた遠心力の大きさと変位の関係を、 $|x| \ll r$  であることを使って簡単な近似式で書き換えよう。一般に実数  $z$  が  $|z| \ll 1$  のとき、

$$(1+z)^n \doteq 1+nz$$

という近似が成り立つ ( $n$  は任意の実数)。この近似式を使って、変位が  $x$  のとき、観測者 A から見た小球にはたらく遠心力の大きさを、 $x$  の 1 次式で表せ。

問7 前問で得た遠心力の表式を使って、観測者 A から見た糸に沿った方向の小球の運動方程式を、加速度を  $a$  (小球が穴に向かう向きを正とする)、糸の張力の大きさを  $T$  として、書け。また、蜂と一体となったおもりの運動方程式を  $a$ ,  $T$ ,  $m$ ,  $\Delta m$ ,  $g$  を用いて書け。

問8 小球の運動方程式および蜂と一体となったおもりの運動方程式から  $T$  を消去し、加速度  $a$  を  $T$  を含まない式で表せ。

問9 前問で得られた加速度と変位の関係式は、糸に沿った方向の小球の運動と鉛直方向のおもりの運動を表している。 $\frac{\Delta m}{m}$  が 1 に比べて十分小さいとき、おもりの変位が時間とともにどのように変動するかを解答欄のグラフに描け。ただし、蜂がとまった時刻を  $t=0$  とし、グラフの横軸を  $\frac{t}{\sqrt{\frac{r}{g}}}$ , 縦軸を  $\frac{x}{\frac{\Delta m}{m}r}$  とする。あらかじめ記

入されている目盛りに注意して描くこと。

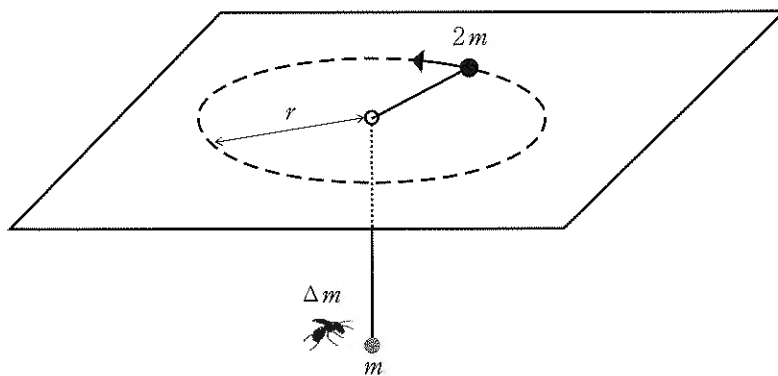


図 2

## 物理（記述解答問題）

〔Ⅲ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図1のように、2本の金属製の直線レールが水平面上で互いに平行に間隔 $L$ 離して設置されており、その上に金属棒がレールに対して垂直に乗せられている。2本のレールの左端はそろっており、一方のレールの左端から金属棒までの距離ともう一方のレールの左端から金属棒までの距離は等しい。それぞれのレールには単位長さあたり $\lambda$ の様な電気抵抗があるが、金属棒の電気抵抗は無視できるものとする。水平面に対して垂直な向き（紙面の裏から表の向き）に磁束密度の大きさが $B$ の様な磁場がかけられている。図1のように、2本のレールの左端の間に起電力 $E$ の直流電源を接続し、金属棒に大きさ $F$ の一定の外力を左向きに加え続ける。レールと金属棒に電流が流れて金属棒はレール上を運動する。その間、金属棒はレールに対して常に垂直であり、レールは十分長くて金属棒がレールの右端に達することはない。また、レールや金属棒の太さ、金属棒とレールの間の摩擦は無視でき、レール以外の部分の電気抵抗も無視できるものとする。電流が流れることによって生じる磁場も無視できるものとする。

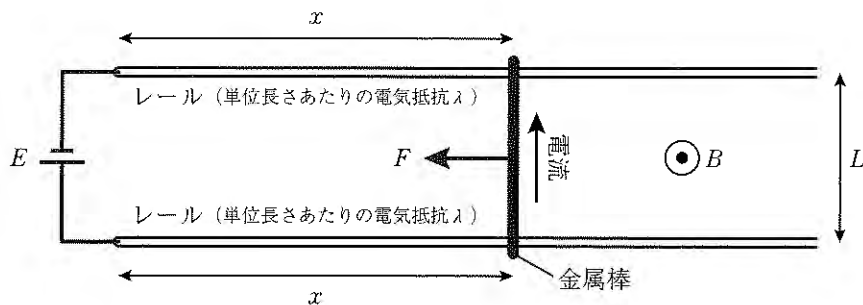


図1

問1 レールの左端から金属棒までの距離が $x$ で、金属棒の速度が $v$ のとき、金属棒に流れる電流を答えよ。ただし、速度 $v$ は図1の右向きを正とし、電流は図1に示した向きを正とする。

問2 前問において金属棒にはたらく力のレールに沿った方向の成分を図1の右向きを正として答えよ。

金属棒はやがてレール上のある位置に静止した。

問3 レール上のどこに静止したか、レールの左端からその位置までの距離を答えよ。

問4 この静止状態においてレールの電気抵抗で消費される単位時間あたりのエネルギーを $x$ を含まない式で答えよ。

ここで、金属棒に左向きに加えていた外力の大きさを $F$ からその3倍の大きさ $3F$ に瞬時に変えて一定に保つと、金属棒はレール上を運動してやがてレール上のある位置に静止した。

問5 レールの左端から金属棒までの距離は、外力の大きさを変える前の静止状態における距離（問3の答）の何倍になるか答えよ。

問6 外力の大きさを変える前の静止状態から、この新たな静止状態に落ち着くまでに、外力がした仕事を $x$ を含まない式で答えよ。

次に、図2のように、2本のレールの左端から距離 $L$ のところをレールと同じ材質の直線状の金属線（ブリッジ）でつないだ。このブリッジにも単位長さあたり $\lambda$ の電気抵抗がある。金属棒に大きさ $F$ の一定の外力を左向きに加え続けると、金属棒はレール上を運動し、やがてレール上のある位置に静止した。レールや金属棒と同じくブリッジの太さは無視でき、金属棒とブリッジの間の摩擦も無視できる。また、金属棒はブリッジの部分でも滑らかに運動できるものとする。

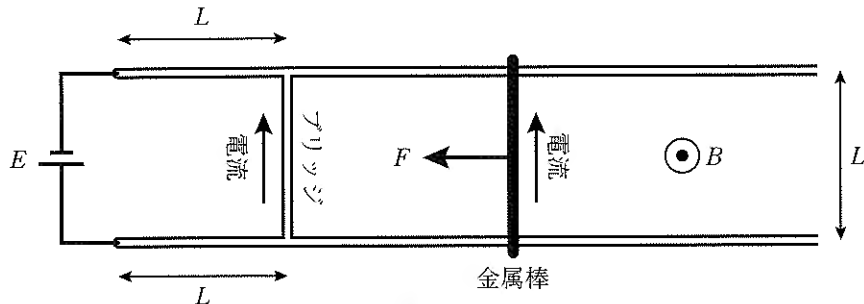


図2

問7 この静止状態において金属棒に流れる電流を答えよ。ただし、電流は図2に示した向きを正とする。

問8 外力の大きさ $F$ が小さく、静止状態における金属棒の位置が図2のようにブリッジよりも右側の場合、その静止状態においてブリッジに流れる電流は金属棒に流れる電流（問7の答）の何倍か答えよ。ただし、電流は図2に示した向きを正とする。

この状態から金属棒に加える外力の大きさを変えてみよう。

問9 金属棒に加える外力の大きさを大きくし、静止状態における金属棒の位置がブリッジよりも左側になる場合、その静止状態においてブリッジに流れる電流を答えよ。

問10 静止状態における金属棒の位置がちょうどブリッジの位置になるときの外力の大きさを答えよ。

問11 静止状態における金属棒の位置がブリッジから右側に距離 $L$ のところになるようにするには、外力の大きさを問10の答の何倍にすればよいか答えよ。

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, S=32.1, Cl=35.5,

Ca=40.1, Pb=207.2

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}$  /mol

気体定数： $8.31 \times 10^3$  Pa · L/(mol · K)

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\log_{10} 2 = 0.3010$

## 化学（マーク解答問題）

〔I〕 つぎの（1）～（10）の文中、（A）、（B）、（C）にもっとも適合するものを、それぞれA群、B群、C群の（ア）～（オ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

（1） $^{134}\text{Cs}$ は $\beta$ 線を放出して（A）となる。 $\beta$ 線は、（B）。 $^{134}\text{Cs}$ は1500日後には25%まで減少するので、この半減期はおおよそ（C）日と推定される。

A：（ア） $^{131}\text{I}$       （イ） $^{133}\text{Cs}$       （ウ） $^{134}\text{Ba}$       （エ） $^{134}\text{Xe}$       （オ） $^{138}\text{La}$

B：（ア）紙を透過しない

（イ）紙を透過するが、厚さ1cmのAl板は透過しない

（ウ）紙や厚さ1cmのAl板は透過するが、厚さ1cmのPb板は透過しない

（エ）紙、厚さ1cmのAl板、厚さ1cmのPb板を透過するが、厚さ1cmのコンクリートは透過しない

（オ）紙、厚さ1cmのAl板、厚さ1cmのPb板、厚さ1cmのコンクリートを透過する

C：（ア）375      （イ）750      （ウ）1000      （エ）1060      （オ）3000

（2）同じ電子配置のイオン $\text{O}^{2-}$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ のうち、もっともイオン半径が小さいのは（A）である。これは、（B）が多いほど、電子が強く原子核に引き付けられるためである。 $^{11}\text{B}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{14}\text{N}$ 、 $^{16}\text{O}$ 、 $^{19}\text{F}^-$ 、 $^{23}\text{Na}^+$ 、 $^{32}\text{S}$ 、 $^{35}\text{Cl}^-$ のうち、原子またはイオンがもつ中性子の数と電子の数が等しいものは（C）個存在する。

A：（ア） $\text{O}^{2-}$       （イ） $\text{F}^-$       （ウ） $\text{Na}^+$       （エ） $\text{Mg}^{2+}$       （オ） $\text{Al}^{3+}$

B：（ア）質量数      （イ）正の電荷      （ウ）中性子の数

（エ）負の電荷      （オ）陽子の数

C：（ア）2      （イ）3      （ウ）4      （エ）5      （オ）6

- (3) 酢酸に十分な量の酢酸ナトリウムを加えた水溶液は ( A ) 作用を示す。ここで、つぎの式において  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  は加えた酢酸の濃度  $C_a$  に、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  は加えた酢酸ナトリウムの濃度  $C_b$  にほぼ等しい。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

これより、水素イオン濃度は ( B ) で表され、同一モル濃度の酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を 1 : 10 の体積比で混合した場合と、10 : 1 で混合した場合は、これらの pH は ( C ) 程度変化する。

- A : (ア) 質量 (イ) 緩衝 (ウ) 還元 (エ) 酸化 (オ) 平衡  
 B : (ア)  $\frac{K_a C_a}{C_b}$  (イ)  $\frac{K_a C_b}{C_a}$  (ウ)  $\frac{C_a}{K_a C_b}$  (エ)  $\frac{C_b}{K_a C_a}$  (オ)  $K_a C_a C_b$   
 C : (ア) 0.1 (イ) 0.2 (ウ) 1 (エ) 2 (オ) 10

- (4)  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  のイオンが、それぞれ等しい物質含まれる水溶液がある。これに十分な量の希塩酸を加えると ( A ) を含む白い沈殿が生成した。沈殿をろ過して除いたのちに溶液に硫化水素を通じると ( B ) を含む黒い沈殿ができた。さらに沈殿をろ過して除いたのちに溶液を煮沸して硫化水素を除き、濃硝酸を少量加えた。その後、アンモニア水を加えたところ、( C ) を含む赤褐色の沈殿が生じた。

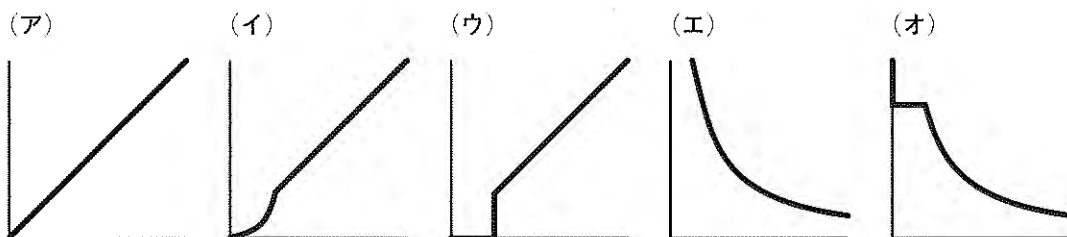
- A : (ア)  $\text{K}^+$  (イ)  $\text{Fe}^{3+}$  (ウ)  $\text{Cu}^{2+}$  (エ)  $\text{Zn}^{2+}$  (オ)  $\text{Ag}^+$   
 B : (ア)  $\text{K}^+$  (イ)  $\text{Fe}^{3+}$  (ウ)  $\text{Cu}^{2+}$  (エ)  $\text{Zn}^{2+}$  (オ)  $\text{Ag}^+$   
 C : (ア)  $\text{K}^+$  (イ)  $\text{Fe}^{3+}$  (ウ)  $\text{Cu}^{2+}$  (エ)  $\text{Zn}^{2+}$  (オ)  $\text{Ag}^+$

- (5) 化合物 ( A ), ( B ), ( C ) はいずれも白色の固体である。( A ) と ( B ) は乾燥剤に用いられる。( A ) は凍結防止剤に用いられる。( B ) は水との反応で 1 mol あたりの発熱量がもっとも大きいため、弁当などの携行食品の加熱に用いられる。( C ) はセメントやチョークの原料に用いられる。

- A : (ア)  $\text{CaCO}_3$  (イ)  $\text{CaCl}_2$  (ウ)  $\text{CaO}$  (エ)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (オ)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
 B : (ア)  $\text{CaCO}_3$  (イ)  $\text{CaCl}_2$  (ウ)  $\text{CaO}$  (エ)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (オ)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$   
 C : (ア)  $\text{CaCO}_3$  (イ)  $\text{CaCl}_2$  (ウ)  $\text{CaO}$  (エ)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (オ)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

- (6) 理想気体とは異なり、実在気体は低温・高圧にすると気体の一部が凝縮する。そのため純粋な実在気体は、一定温度において体積に対して圧力は図 ( A ) のように変化し、圧力一定にて温度に対して体積は図 ( B ) のように変化し、体積一定にて温度に対して圧力は図 ( C ) のように変化する。

A, B, C :



(7) 分子式  $C_5H_{12}O$  で表される化合物のうち、鏡像異性体は異なるものとして数えた場合、ナトリウムを作用させても水素が発生しないのは ( A ) 種類、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えたときにケトンになるのは ( B ) 種類、また、塩基性の水溶液中でヨウ素と反応して  $CHI_3$  を生成するのは ( C ) 種類である。

- A : (ア) 3      (イ) 4      (ウ) 5      (エ) 6      (オ) 7  
 B : (ア) 3      (イ) 4      (ウ) 5      (エ) 6      (オ) 7  
 C : (ア) 3      (イ) 4      (ウ) 5      (エ) 6      (オ) 7

(8) アンモニア性硝酸銀水溶液と反応させると銀が析出する化合物は ( A ) である。タンパク質に ( B ) が含まれている場合、濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、これを冷却してからアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。臭素と反応させても臭素の色が消えないものは ( C ) である。

- A : (ア) アセトン      (イ) スクロース      (ウ) シュウ酸  
       (エ) エタノール      (オ) ギ酸  
 B : (ア) リシン      (イ) メチオニン      (ウ) グルタミン酸  
       (エ) チロシン      (オ) システイン  
 C : (ア) ナトリウム      (イ) リノール酸      (ウ) アセチレン  
       (エ) ポリエチレン      (オ) シクロヘキセン

(9) 空気を遮断して生ゴムを ( A ) すると、おもにイソプレンが得られる。イソプレンの ( B ) を他の原子や原子団に置き換えた化合物を、付加重合もしくは他の化合物と共重合させると、合成ゴムが得られる。たとえば、1,3-ブタジエンとアクリロニトリルを共重合させるとアクリロニトリルブタジエンゴムが得られる。このゴム 50 g の元素分析を行ったところ、窒素が 5.0 g 含まれていた。このゴム 1 分子中にブタジエン単位が平均 100 個ある場合、アクリロニトリル単位は平均 ( C ) 個含まれていることがわかる。

- A : (ア) 脱硫      (イ) 重合      (ウ) 乾留      (エ) 加硫      (オ) けん化  
 B : (ア) 水素      (イ) メチル基      (ウ) ヒロドキシ基  
       (エ) ハロゲン      (オ) 硫黄  
 C : (ア) 24      (イ) 53      (ウ) 56      (エ) 62      (オ) 81



## 化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 つぎの問題の答えを、記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

- (1) ベンゼンとトルエンの混合溶液を蒸留により分離したい。そこでW君は、**図1**のように装置を組み立てた。  
 (問1) 先生から間違いを指摘されたため、指摘点を直してから蒸留を開始した。その後加熱を止めて冷却し、三角フラスコ内の留出液を分析した。丸底フラスコ内にはまだ溶液が残っていたので、三角フラスコを再度設置したうえで  
 (問2) 加熱を再開した。

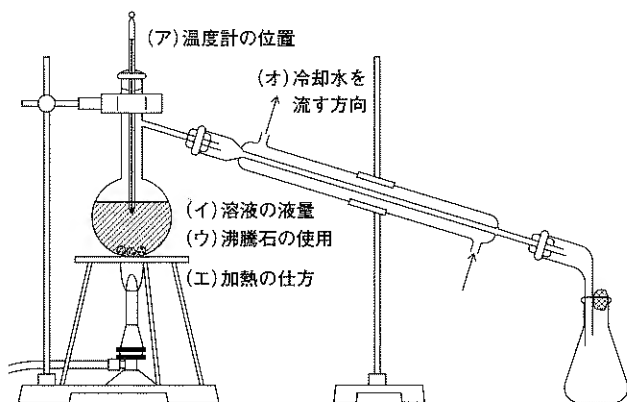


図1 実験装置図

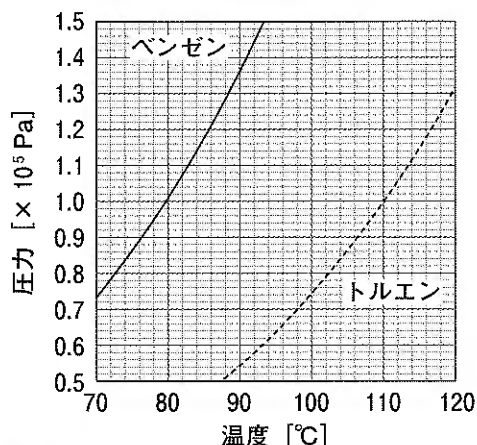


図2 ベンゼンとトルエンの蒸気圧曲線

- 問1 図1の(ア)～(オ)のうち、間違いのある点を記号ですべて答えなさい。
- 問2 加熱を再開する際には、(ア)～(オ)のいずれかに対してさらに対応が必要である。必要な対応を10字以内で答えなさい。
- 問3 ベンゼン（モル分率0.50）とトルエン（モル分率0.50）の混合溶液がある。この溶液の90℃におけるベンゼンの蒸気圧とトルエンの蒸気圧を、蒸気圧曲線（図2）を用いて有効数字2桁で答えなさい。

- (2) 硫黄はさまざまな酸化数をとる元素である。(問4) 二酸化硫黄は硫化水素とも、ヨウ素と水とも反応する。硫酸は二酸化硫黄から製造され、  
(問5) 濃硫酸は種々の反応を起こす。(問6) 濃硫酸から希硫酸を調製するときには注意が必要である。(問8) 硫酸は鉛蓄電池にも使われる。

- 問4 それぞれの反応前後での二酸化硫黄中の硫黄原子の酸化数の変化を答えなさい。
- 問5 濃硫酸をスクロースに作用させて完全に反応したときの化学変化と、熱濃硫酸を銅に作用させたときの化学変化を表す化学反応式を答えなさい。
- 問6 純水と濃硫酸をどのように混合したらよいか、適切なほうを記号で答えなさい。

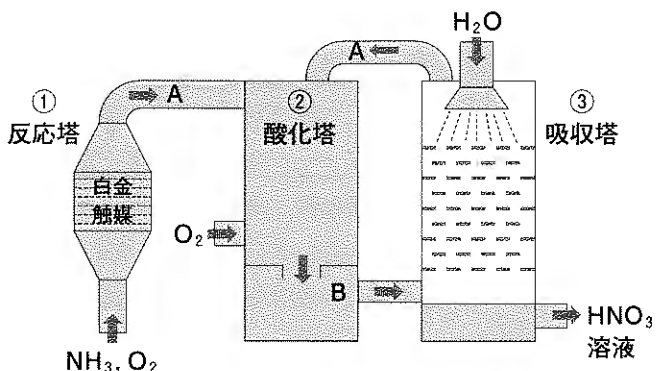
(ア) 純水に濃硫酸を加える (イ) 濃硫酸に純水を加える



問7 密度  $1.84 \text{ g/cm}^3$ 、質量パーセント濃度 95.6 % の濃硫酸  $1.00 \text{ mL}$  から、密度  $1.03 \text{ g/cm}^3$ 、モル濃度  $2.00 \text{ mol/L}$  の希硫酸を調製したい。必要な純水の質量を有効数字 2 桁で答えなさい。

問8  $1.00 \text{ A}$  の電流を  $3600 \text{ 秒}$  放電したとき、鉛蓄電池の正極の質量は何  $\text{g}$  変化するか、数値を有効数字 2 桁で答え、また増加するか減少するかのどちらか適切な語句を丸で囲みなさい。

(3) (問9, 10) ハーバー・ボッシュ法によるアンモニアの合成は、1913年に工業的生産が開始され、今日でも広く行われている。さらに、(問11)右図に示すような白金を触媒としたオストワルト法によりアンモニアから硝酸が工業的に製造されている。ただし、右図でAとBはそれぞれある化合物を意味する。




問9 ハーバー・ボッシュ法は、窒素と水素からアンモニアを合成する工業的製造法である。 $\text{N}\equiv\text{N}$ 、 $\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{N}-\text{H}$  の結合エネルギーはそれぞれ  $942 \text{ kJ/mol}$ 、 $432 \text{ kJ/mol}$ 、 $386 \text{ kJ/mol}$  である。ハーバー・ボッシュ法に対する熱化学方程式を答えなさい。

問10 窒素と水素からアンモニアが生成する反応の平衡定数および反応速度に関する記述として、正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- (ア) 圧力を上げると、平衡定数は大きくなる。
- (イ) 圧力を上げると、平衡定数は小さくなる。
- (ウ) 温度を上げると、平衡定数は大きくなる。
- (エ) 温度を上げると、平衡定数は小さくなる。
- (オ) 触媒を用いると、平衡定数は大きくなる。
- (カ) 触媒を用いると、平衡定数は小さくなる。
- (キ) 温度を上げると、反応速度は大きくなる。
- (ク) 温度を上げると、反応速度は小さくなる。
- (ケ) 触媒を用いると、反応速度は大きくなる。
- (コ) 触媒を用いると、反応速度は小さくなる。

問11 オストワルト法の各工程で主として起こる化学反応のうち、窒素の酸化数をもっとも大きく変化する工程はどれか、図中の①、②、③の記号で答えなさい。

〔Ⅲ〕 つぎの問題の答えを、記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。なお、構造式を書く場合、ベンゼン環は  のように書きなさい。

(1) ある化合物を過剰量の水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させた。反応終了後、<sup>(問1)</sup> 反応溶液へ有機溶媒を加え、分液操作により有機層Ⅰ（上層）と水層Ⅰ（下層）の2層に分離した。有機層Ⅰは化合物Aを含んでいた。水層Ⅰに希塩酸を加えて中和した後、有機溶媒を加え、分液操作により有機層Ⅱと水層Ⅱの2層に分離した。有機層Ⅱは化合物Bを含んでいた。水層Ⅱには有機化合物は含まれていなかった。

<sup>(問2)</sup> 化合物Aは無水酢酸と速やかに反応し、分子式  $C_8H_9NO$  で表されるベンゼンの1置換体Cが生成した。化合物Aを塩酸に溶かして水で冷却し、亜硝酸ナトリウムの水溶液を加えたところ、化合物Dが生成した。<sup>(問3)</sup> 化合物Dの水溶液にフェノールの水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、化合物Eが生成した。

化合物Bは分析の結果、分子中にヒドロキシ基と不斉炭素原子を含み、炭素、水素、酸素のみからなる分子量200以下の芳香族カルボン酸であった。166.0 mgの化合物Bを完全燃焼させたところ、 $CO_2$  396.0 mgと $H_2O$  90.0 mgを得た。化合物Bに過マンガン酸カリウム水溶液を作用させたところ、<sup>(問4)</sup> 化合物Fが生成した。

<sup>(問5)</sup> 化合物Bは、気体を発生して炭酸ナトリウム水溶液に溶解した。濃硫酸を触媒として化合物Bのメチルエステルを加熱したところ、二重結合をもつ化合物Gと水が生成した。<sup>(問6)</sup> 化合物Gは臭素と反応し、2つの臭素原子を含む化合物Hが生成した。

問1 このような分液操作に用いる有機溶媒として、適切な化合物の名称を1つ答えなさい。

問2 下線部の化学反応式を答えなさい。化合物A、Cは構造式で書きなさい。

問3 下線部の化学反応式を答えなさい。化合物D、Eは構造式で書きなさい。

問4 化合物Fとエチレングリコールを縮合重合したものは、飲料の容器として使われる高分子である。化合物Fの名称を答えなさい。

問5 下線部の化学反応式を答えなさい。化合物Bは構造式で書きなさい。

問6 下線部の化学反応式を答えなさい。化合物G、Hは構造式で書きなさい。

(2) 以下の糖 (ア) ~ (カ) に関する問7~問13に答えなさい。なお記号選択問題の答えが複数ある場合はそのすべてを答えなさい。

- |           |             |            |
|-----------|-------------|------------|
| (ア) アミロース | (イ) アミロペクチン | (ウ) グリコーゲン |
| (エ) スクロース | (オ) セルロース   | (カ) マルトース  |

問7 すべてに共通する構成成分である単糖の名称を答えなさい。

問8 複数種類の単糖から構成されているものを選び記号で答えなさい。

問9 ヒトが食物として摂取しても栄養源として利用できないものを選び記号で答えなさい。

問10 ヒトが体内で合成できるものを選び記号で答えなさい。

問11 枝分かれしながら鎖状に連なった構造をもつものを選び記号で答えなさい。

問12 ヨウ素デンプン反応を示すものを選び記号で答えなさい。

問13 1gあたり還元できる銀イオンの量をもっとも多いものを1つ選び記号で答えなさい。

[以下余白]

# 物 理

<2020 R02140017>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

採 点 欄

[Ⅱ]

--

[Ⅲ]

--

[Ⅰ] マーク解答用紙へ

<2020 R02140017>

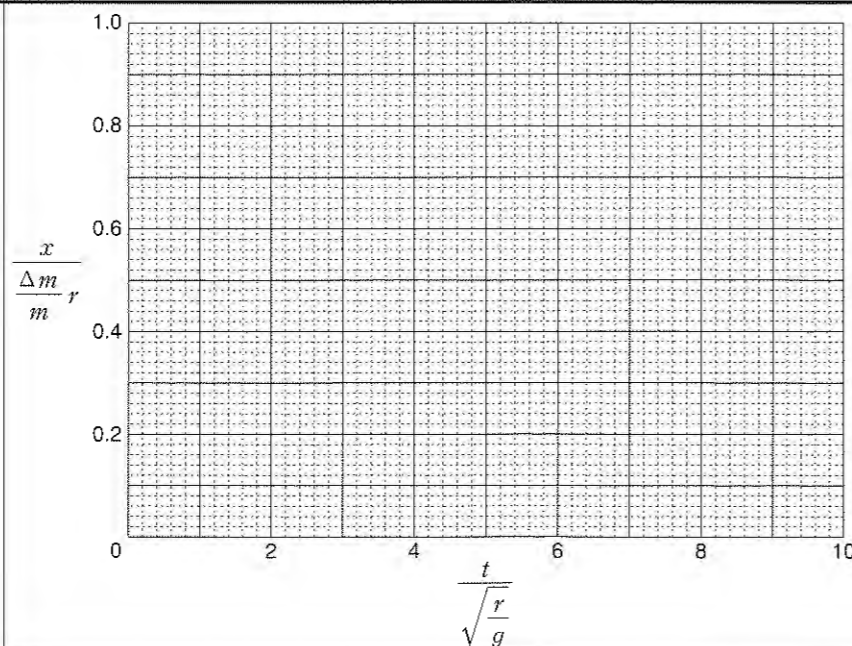
受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[Ⅱ]

問1		倍	問2		倍
問3	遠心力の大きさ		小球の速さ		
問4		倍	問5		倍
問6					
問7	小球				
	蜂と一体となったおもり				
問8	$\alpha =$				

問9



[Ⅲ]

問1	
問2	
問3	
問4	
問5	
問6	
問7	
問8	
問9	
問10	
問11	

# 物 理

(記述解答用紙)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。

# 化 学

<2020 R02140017>

採 点 欄

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

〔Ⅱ〕

〔Ⅲ〕

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

〔Ⅰ〕 マーク解答用紙へ

<2020 R02140017>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

〔Ⅱ〕

問1											
問2											
問3	ベンゼン Pa					トルエン Pa					
問4	硫化水素との反応 →										
	ヨウ素と水との反応 →										
問5	濃硫酸をスクロースに作用させたとき										
	熱濃硫酸を銅に作用させたとき										
問6		問7									g
問8			g	増加する ・ 減少する							
問9										=	kJ
問10					問11						

〔Ⅲ〕

問1										
問2										
問3										
問4	名称									
問5										
問6										
問7	名称									
問8	記号で		問9	記号で		問10	記号で			
問11	記号で		問12	記号で		問13	記号で1つ			

# 化 学

(記述解答用紙)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。