

物 理

I 次の文章を読み、それぞれの設問に答えよ。

図1のように、傾斜角 θ の斜面と水平面からなる台を床の上に固定し、台上から高さ h [m] に位置した点 O から質量 m [kg] の小球 A を静かにすべらせた。小球 A は、 t 秒後に水平面の開始地点 P をなめらかに通過した後、台の水平面上に静止している質量 M [kg] の小球 B と弾性衝突（反発係数 $e = 1$ ）した。小球 B は速さ v_B' [m/s] で右向きにすべりだした後、台の終点 Q より水平に飛び出した。その後、小球 B は点 R の位置で床面と一度目の衝突をし、点 S の位置で二度目の衝突をした。小球 A も小球 B も質点とし、台および床面との間に摩擦はなく、両小球の運動は紙面内に限る。また、台の高さは床面から $\frac{4}{3}h$ [m]、重力加速度の大きさは g [m/s²]、小球 B と床面との間の反発係数 $e = \frac{1}{\sqrt{3}}$ とし、空気抵抗はないものとする。

- (1) 小球 A が斜面を運動中の加速度の大きさ a [m/s²] を g を用いて表せ。
- (2) 小球 A が置かれた点 O の台上からの高さ h [m] を g, t を用いて表せ。
- (3) 弾性衝突後の小球 B の速さ v_B' [m/s] を g, m, M, t を用いて表せ。
- (4) 小球 B が台の終点 Q より飛び出した後、最初の落下地点である点 R までの水平距離（図1における点 Q' から点 R までの距離） l [m] を g, m, M, t を用いて表せ。
- (5) 小球 B が点 R で床面と衝突をした後、小球 B がはね上がった床面からの最高点の高さ h' [m] を h を用いて表せ。
- (6) 小球 B が台の終点 Q より飛び出した瞬間から点 S に到達するまでの時間 t' [s] を t を用いて表せ。

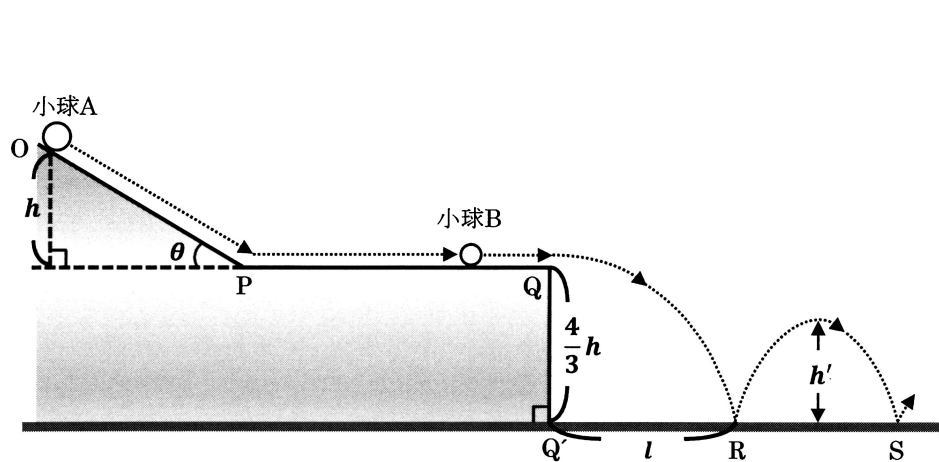


图 1

II 次の文章を読み、それぞれの設問に答えよ。

コンデンサーは、2枚の極板を用いて (a) 電荷を蓄え, (b) 蓄えた電荷を電流として流す装置である。また、蓄えた電荷を短時間で大きな電流として取り出すことができる特性があるため、スマートフォンやパソコンといった身近なものから、AED（自動体外式除細動器）といった医療機器などにも幅広く使用される電子部品の一つである。

図1のように、極板間の距離が d [m] である電気容量 C [F] の (c) 平行板コンデンサー C を用いた回路について考える。平行板コンデンサーは真空中にあり、真空中の誘電率を ϵ_0 [F/m], 極板の面積はどちらも S [m²] とし、抵抗を無視できる導線で起電力 V [V] の電源とスイッチ SW を接続し、スイッチ SW を閉じて十分に時間が経った状態とする。また、極板の大きさに比べて d [m] が十分に小さいものとする。ただし、極板の間に生じる電場は一様であり、端の影響は無視できるものとする。

- (1) 下線部 (a) と (b) の過程のことをそれぞれ何と呼ぶか。
- (2) 下線部 (c) の平行コンデンサーの電気容量を増やす方法としていくつか考えられるが、平行板コンデンサーの極板に限定した場合、以下の文章の (A) と (B) に入る適切な語句を記せ。

『平行板コンデンサーの極板の面積を (A) し、極板の間隔を (B) すると、平行板コンデンサーの電気容量は増える。』

- (3) 平行板コンデンサーの電気容量 C [F] を ϵ_0 , d , S を用いて表せ。
- (4) 平行板コンデンサーに蓄えられた電気量を Q [C] としたときの極板間の電

位差 V [V] を ϵ_0 , d , S , Q を用いて表せ。また、スイッチ SW は閉じたまま、平行板コンデンサーの極板間の距離を d [m] だけゆっくりと広げ、 $2d$ [m] としたときの平行板コンデンサーに蓄えられた電気量 Q [C] を ϵ_0 , d , S , V を用いて表せ。

- (5) 平行板コンデンサーの極板間の距離を d [m] に戻し、十分に時間が経った後、スイッチ SW を開いて再び極板間の距離を d [m] だけゆっくりと広げ $2d$ [m] とした。このときの間隔を広げる際に必要な外力の大きさ F [N] を ϵ_0 , d , S , V を用いて表せ。
- (6) 一旦スイッチ SW を閉じてコンデンサーの極板間の距離を d [m] に戻し、十分に時間が経った後に再度スイッチ SW を開いた。その後、平行板コンデンサーの極板間にすき間なく比誘電率 ϵ_r の誘電体を手で図中の矢印の方向に挿入した。挿入前後の静電エネルギーの変化量を ϵ_0 , ϵ_r , d , S , V を用いて表せ。

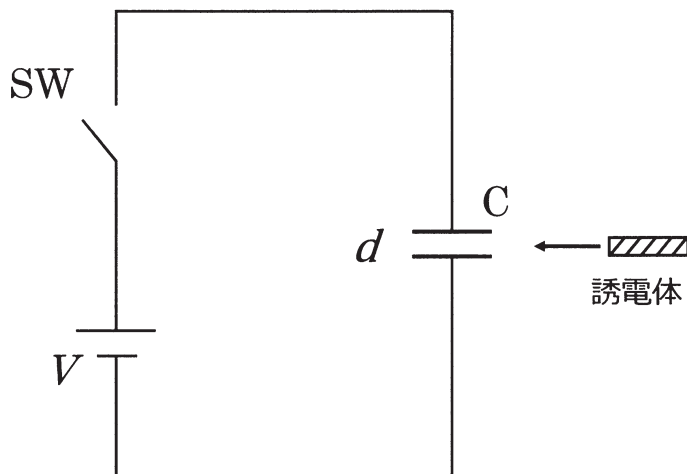


図 1

III 以下の空欄 (ア) ～ (ケ) に入る適切な表式や用語を答えよ。

光や X 線などの電磁波は (ア) 性と (イ) 性の二重性を示し、コンプトン効果は X 線の (ア) 性を示す好例である。コンプトン効果は、物質によって散乱された X 線の中に入射 X 線の波長 λ がわずかに長くなるものが出現する現象である。その中で特に強い強度を示す波長 λ' の値は散乱角 θ が (ウ) なるほど長くなる。物理学者のコンプトンは、アインシュタインの (エ) に基づいて散乱角 θ と散乱 X 線の波長 λ' との関係を導いた。

図 1 は、波長 λ の入射 X 線が物質中の静止している質量 m の自由電子に衝突した様子を示す。この時、X 線の入射方向 (x 軸) となす角 θ の方向に X 線が散乱され、 x 軸と角度 φ をなす向きに速さ v で電子がはじき飛ばされたとする。真空中での光の速さを c 、プランク定数を h として、散乱された X 線の波長を λ' とする。運動量保存の法則より x 軸方向の運動量は、

$$\frac{h}{\lambda} = \text{(オ)}$$

である。

y 軸方向の運動量は、

$$0 = \text{(カ)}$$

と表せる。

また、衝突前後のエネルギーはエネルギー保存の法則より、

(キ)

の関係が成り立つ。

以上の式から、入射 X 線の波長 λ と散乱 X 線の波長 λ' の間の変化量 $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ は、

$$\Delta\lambda \cong \boxed{\text{(ク)}}$$

である。ただし、この場合 $\lambda' \cong \lambda$ で $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \cong 2$ の近似式が成り立つものとする。

ここで、 $\theta = 90^\circ$ のときの波長の伸び $\Delta\lambda$ を質量 m の粒子のコンプトン波長という。電子の場合は $2.4 \times 10^{-12} \text{ m}$ である。以上のことより、プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 、光の速さ $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ としたとき、電子の質量は $\boxed{\text{(ケ)}}$ である。

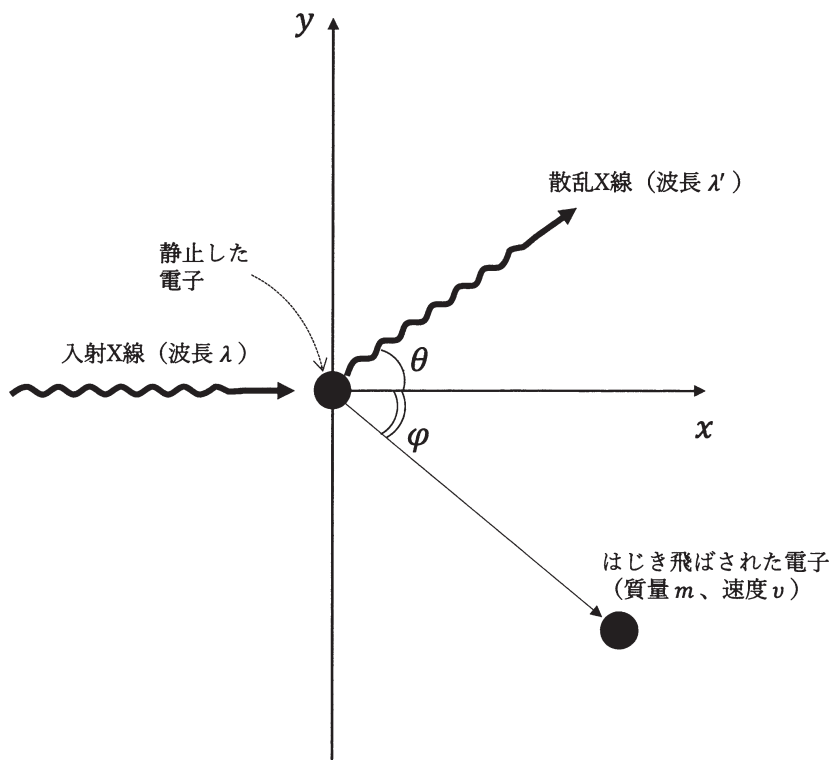


図 1

化 学

大問 I～III に答えよ。(問題は化 9 までである)

必要があれば, 次の値を使用せよ。

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$,

原子量: $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12.0$, $\text{O} = 16.0$, $\text{Ba} = 137.0$, $3.6^3 = 47$

化学の問題は次ページから

I 次の文章を読み、以下の設問(a)～(j)に答えよ。

周期表の 17 族に属する元素 F, Cl, Br, I はハロゲン元素である。①これらハロゲンの単体はいずれも [1] であり、それぞれ固有の酸化力を示す。②フッ素の単体は水と激しく反応する。塩素が水に溶けた水溶液を塩素水といい、③塩素水では塩素の一部が水と反応する。単体の塩素は、工業的には塩化ナトリウム水溶液の電気分解で製造される。この電気分解において、塩素は [2] 極から発生する。実験室ではまず、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。加熱によって発生する気体には塩素のほかに [3] と [4] が含まれているため、最初に水に通して [3] を除去し、次に濃硫酸に通して [4] を除去する。このように発生する気体から順次不要なものを除去することで分離された塩素は、 [5] 置換で捕集される。

ハロゲンと水素の化合物をハロゲン化水素という。ハロゲン化水素の中でフッ化水素は特徴的な一面を持つ。たとえば、ほかのハロゲン化水素よりも沸点が非常に [6] い。また、フッ化水素の水溶液を [7] といい、 [7] はほかのハロゲン化水素の水溶液に比べ弱酸である。④フッ化水素は、フッ化カルシウム（ホタル石の主成分）に濃硫酸を加え、鉛の容器中で加熱して得られる。

河川や湖沼の溶存酸素量はそれらの水質を判断するときの重要な指標の一つであり、⑤ヨウ素を含む化合物は河川や湖沼から採取した試料水の溶存酸素量の測定に使用されることがある。

(a) 下線部①の特徴として正しいものを下記の選択肢からすべて選び、記号を答えよ。

- (ア) 7 個の非共有電子対をもつ。
- (イ) 特有の色を示し、有毒である。
- (ウ) 常温・常圧でいずれも気体である。
- (エ) 原子番号が大きいほど融点や沸点が高い。
- (オ) 酸化力は、フッ素 > ヨウ素 > 臭素 > 塩素の順に弱くなる。

(b) [1] と [2] に入る最も適切な語句を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

- (ア) 単原子分子 (イ) 二原子分子 (ウ) 三原子分子 (エ) 陽 (オ) 陰

(c) [3] と [4] にあてはまる化合物の化学式を答えよ。

(d) [5] と [6] に入る最も適切な語句を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

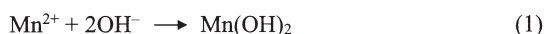
- (ア) 水上 (イ) 上方 (ウ) 下方 (エ) 高 (オ) 低

(e) [7] に入る最も適切な名称を答えよ。

(f) 下線部②の反応式を答えよ。ただし、生成物にオゾンは含まない。

- (g) 下線部③の反応により生じる 2 種類の化合物はともに Cl を含む。この 2 種類の化合物の化学式および各化合物内の Cl の酸化数を答えよ。
- (h) 下線部④の反応式を答えよ。
- (i) 下線部⑤に関連して、試料水中の溶存酸素量の測定法について説明した次の文章を読み、以下の設問 1) と 2) に答えよ。

試料水に塩化マンガン溶液を加え、さらにヨウ化カリウムと水酸化ナトリウムの混合溶液を加えると、水酸化マンガン(II)の白色沈殿が生じる ((1)式)。



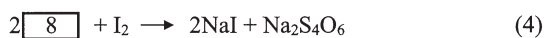
この沈殿は試料水中の酸素と反応し、褐色の酸化水酸化マンガン(IV)に変化する ((2)式)。



次に塩酸を加え酸性条件にすると、酸化水酸化マンガン(IV)は溶解し、ヨウ素が生じる ((3)式)。



このヨウ素を、デンプンを指示薬としてチオ硫酸ナトリウムの標準溶液により滴定する ((4)式)。



- 1) $\boxed{8}$ に入るチオ硫酸ナトリウムの化学式を答えよ。
- 2) 試料水 0.10 L に対して上記の操作を行った。0.025 mol/L のチオ硫酸ナトリウムの標準溶液を 2.0 mL 滴下したところ、水溶液が青紫色から無色に変わり、終点に達した。このときの試料水中の溶存酸素濃度は何 mg/L か、有効数字 2 桁で答えよ。
ただし、上記に示した反応のみ起こり、酸素は試料水のみ由来するものとする。
- (j) 臭化銀の淡黄色沈殿はチオ硫酸ナトリウム水溶液に溶ける。この反応で生じる錯イオンの化学式を答えよ。

問題は次ページに進む

II 次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

自然界に多く存在する炭素原子 ^{12}C は中性子数が 1 個である。一方、中性子数 2 個の ^{14}C も自然界に微量存在する。原子番号が同じであっても、中性子の数が異なるために質量数の異なる原子を、互いに 3 という。

ダイヤモンドは、炭素原子が共有結合してできた結晶で、正四面体形の構造が三次元的にくり返された構造をしている。図1はダイヤモンドの単位格子を示しており、この単位格子には炭素原子が 4 個存在している。炭素原子の原子半径を $r[\text{cm}]$ 、単位格子の1辺の長さを $L[\text{cm}]$ とし、図2で示す単位格子内の立方体構造 ABCD-EFGH に注目すると、この立方体を長方形 AEGC で切断したときの断面図において、 $r = \text{span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">5 L の関係が成り立つ。ここで $L = 3.6 \times 10^{-10} \text{ m}$ のとき、ダイヤモンドの密度は 6 g/cm^3 になる。ただし、結晶中で炭素原子は互いに接しているものとする。$

ダイヤモンドと互いに 7 である黒鉛は、各炭素原子が 8 個の炭素原子と共有結合を形成して正六角形の網目状の平面構造をつくり、この平面構造が重なり合って結晶になっている。

ドライアイスは二酸化炭素分子が分子間力で規則正しく配列してできた結晶である。分子間力は共有結合と比べると結合が弱いので、大気圧ではドライアイスは^①液体を経ずに気体になる。

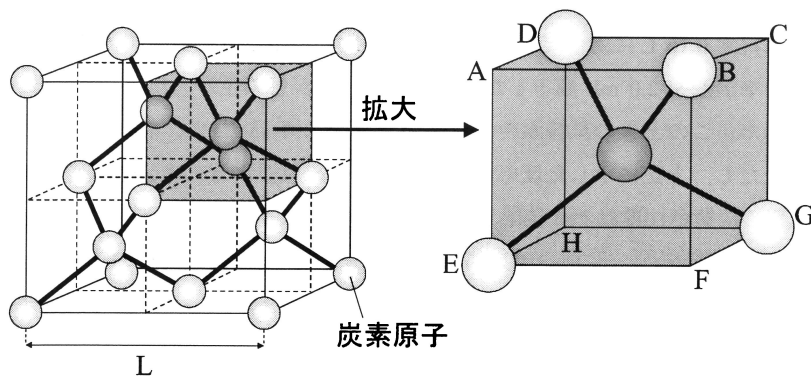


図1. ダイヤモンドの単位格子

図2. 単位格子内の立方体構造
(図1の灰色部分の拡大)

- (a) 1～8に入る最も適切な語句または数値を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

ただし、同じ選択肢を複数回選択してもよい。

- | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| (ア) 1 | (イ) 2 | (ウ) 3 | (エ) 4 |
| (オ) 5 | (カ) 6 | (キ) 7 | (ク) 8 |
| (ケ) 同位体 | (コ) 同素体 | (サ) 異性体 | (シ) 遷移元素 |
| (ス) $\sqrt{2}-1$ | (セ) $\frac{1}{2}$ | (ソ) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | (タ) $\frac{\sqrt{3}}{8}$ |
| (チ) 2.6 | (ツ) 3.4 | (テ) 5.1 | (ト) 6.8 |

- (b) 正しい文章を下記の選択肢からすべて選び、記号を答えよ。

- (ア) ^{14}C は固有の半減期をもつ。
(イ) ^{14}C は年代測定に利用される。
(ウ) ^{13}C は自然界には存在しない。
(エ) ^{14}C は中性子が陽子に変化して ^{13}C になる。
(オ) ^{12}C と ^{14}C の化学的性質はほぼ同じである。

- (c) 下線部①に関して、以下の設問 1)～3)に答えよ。

ただし、気体の二酸化炭素は理想気体として扱うものとする。

- 1) この状態変化の名称を答えよ。
- 2) ドライアイスが完全に気体になった時、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における二酸化炭素の密度は何 g/L か。最も近い値を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。
- | | | | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| (ア) 0.60 | (イ) 1.0 | (ウ) 1.4 | (エ) 1.8 | (オ) 2.2 |
|----------|---------|---------|---------|---------|
- 3) 1 mol の二酸化炭素からなるドライアイス（密度 1.6 g/cm^3 ）が、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で気体になったとき、体積は何倍になるか。最も近い値を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。
- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| (ア) 280 | (イ) 410 | (ウ) 630 | (エ) 750 | (オ) 900 |
|---------|---------|---------|---------|---------|

問題は次ページに進む

問 2 次の文章を読み、以下の設問(a)～(d)に答えよ。

水酸化バリウムは、水酸化ナトリウムと同様に水に溶けると強い塩基性を示し、また、水酸化カルシウムと同じように二酸化炭素と反応して、難水溶性の生成物を生じる。水酸化バリウムを用いて空気中の二酸化炭素の量を測定した。標準状態で空気 10 L を、①0.01 mol/L の水酸化バリウム水溶液 50 mL に通し、この空気に含まれる二酸化炭素を完全に吸収させた。生じた白色沈殿をろ過し、ろ液を 50 mL 回収した。回収したろ液のうち 10 mL をとり、②未反応の水酸化バリウムを 0.01 mol/L の塩酸で滴定すると、中和に 12.8 mL を要した。

- (a) 下線部①と②の反応式を答えよ。
- (b) 測定に使用する 0.01 mol/L の水酸化バリウム水溶液を 500 mL 調製する場合、水酸化バリウム八水和物は何 g 必要か、最も近い値を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。
- (ア) 0.8 (イ) 1.6 (ウ) 3.2 (エ) 4.8 (オ) 6.4
- (c) この空気中における二酸化炭素の体積の割合は何%か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水酸化バリウム水溶液は空気 10 L 中の二酸化炭素、および中和滴定では塩酸のみと反応する。また、標準状態の気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。
- (d) 二酸化炭素の性質として正しいものを下記の選択肢からすべて選び、記号を答えよ。
- (ア) 還元作用を示す。
- (イ) 無色・無臭の気体で空気より軽い。
- (ウ) 水に少し溶け、炭酸となって電離する。
- (エ) 石灰石（主成分 CaCO_3 ）を強熱すると発生する。
- (オ) 実験室では、ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると発生する。

III 次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

0.630 g のシュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を溶かした水溶液をすべて 1 にうつし、そこに純水を加えて 100 mL の水溶液 A をつくった。別に、約 0.4 g の水酸化ナトリウム NaOH を純水 100 mL に溶かし、これを水溶液 B とした。2 を使って 10.0 mL の水溶液 A をはかりとり 3 に入れ、そこに指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 1 滴加えた。その後、4 を使って水溶液 B を滴下したところ、指示薬が変色するまでに要した水溶液 B の量は 12.5 mL であった。

(a) 1 ～ 4 にあてはまる最も適切な実験器具を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

- | | | |
|-------------|--------------|-------------|
| (ア) ビュレット | (イ) メスフラスコ | (ウ) メスシリンダー |
| (エ) 分液ろうと | (オ) 駒込ピペット | (カ) ホールピペット |
| (キ) 枝付きフラスコ | (ク) コニカルビーカー | (ケ) ふたまた試験管 |

(b) 水溶液 B の濃度は何 mol/L か、有効数字 3 桁で答えよ。

(c) 食酢 10.0 mL を純水で 10 倍にうすめた水溶液 C をつくった。10.0 mL の水溶液 C に指示薬を加え、水溶液 B を滴下したところ、指示薬が変色するまでに要した水溶液 B の量は 8.75 mL であった。食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、食酢中の酸はすべて酢酸であるとし、食酢の密度は 1.00 g/cm^3 とする。

問 2 次の文章を読み、以下の設問(a)～(d)に答えよ。

最も簡単な芳香族アミンであるアニリンは、合成直後は[1]で特有のにおいのある油状の物質である。アニリンをさらし粉の水溶液で酸化すると[2]に呈色する。また、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で十分に酸化すると、染料や顔料に用いられる[3]の生成物が得られる。実験室でのアニリン合成には、まずニトロベンゼンをスズと濃塩酸で[4]する。このとき、アニリン塩酸塩が生成するので、[5]を加えてアニリンを遊離させる。芳香族アミンを原料にして①中和滴定に用いる指示薬や染料が合成できる。

(a) [1]～[3]に入る最も適切な色を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

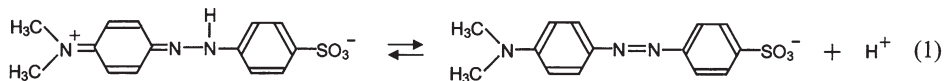
(ア) 赤紫色 (イ) 赤褐色 (ウ) 白色 (エ) 黒色 (オ) 無色

(b) [4]と[5]に入る最も適切な語句を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。

(ア) 酸化 (イ) 還元 (ウ) 塩析 (エ) 塩酸 (オ) 濃硝酸
(カ) 濃硫酸 (キ) フェノール (ク) 水酸化ナトリウム水溶液

(c) 下線部①に関して、次の文章を読み、以下の設問 1)～3)に答えよ。

メチルオレンジは(1)式のように電離し、電離の前後で分子の構造が変化するため変色を起こす。電離前の構造では[6]、電離後の構造では[7]を示す。



弱酸(HA)の指示薬について、その電離平衡の式と電離定数 K_a は次のようになる。



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (3)$$

(3)式を変形すると、(4)式であらわすことができる。

$$[\text{H}^+] = \frac{K_a [\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \quad (4)$$

K_a は温度が一定のとき一定値を示すので、(4)式より $[H^+]$ によって、 HA と A^- の濃度の比が決定し、指示薬を加えた水溶液の色が決まる。

ここで、 $\frac{[HA]}{[A^-]} \geq 10$ ならば HA の色、 $\frac{[HA]}{[A^-]} \leq 0.1$ ならば A^- の色を呈するとしたとき、指示薬の色の変化を観察できる範囲は、(5)式であらわすことができる。

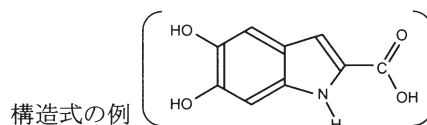
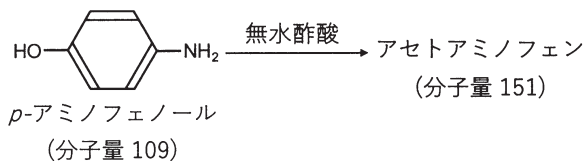
$$0.1 \leq \frac{[HA]}{[A^-]} \leq 10 \quad (5)$$

このときの pH の範囲が変色域である。

$pK_a = -\log_{10} K_a$ のとき、変色域の pH は、(6)式であらわすことができる。

$$\boxed{8} \leq pH \leq \boxed{9} \quad (6)$$

- 1) メチルオレンジにある-N=N-の官能基名を答えよ。
 - 2) $\boxed{6}$ と $\boxed{7}$ に入る最も適切な色を下記の選択肢から選び、記号を答えよ。
(ア) 黄色 (イ) 赤色 (ウ) 青色 (エ) 紫色 (オ) 無色
 - 3) $\boxed{8}$ と $\boxed{9}$ にあてはまる数式を pK_a を用いて答えよ。
- (d) 解熱剤として用いられる医薬品のアセトアミノフェン（分子量 151）は、*p*-アミノフェノールを無水酢酸と反応させて得られる。また、アセトアミノフェンは塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色反応を示す。無水酢酸、およびアセトアミノフェンの構造式を答えよ。
ただし、構造式は例にならって示せ。



生 物

解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。

漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。

I 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

有性生殖をおこなう生物では、生殖のための特別な細胞である生殖細胞がつくられる。このうち、卵や精子などのように、合体して新しい個体をつくる細胞を「ア」という。「ア」の合体を一般に「イ」といい、「イ」によってできる細胞を「ウ」と呼ぶ。「ア」が形成される過程では減数分裂を経て、1 個の母細胞から最終的に「エ」個の娘細胞が生じる。減数分裂の過程は、第一分裂と第二分裂という 2 回の細胞分裂から成り、この過程で染色体数は半減する。細胞の染色体構成を、その細胞がもつ染色体のセット数で示したものを「オ」と呼び、体細胞のように染色体を 2 セットもつ細胞の「オ」を「カ」、「ア」のように 1 セットしかもたない細胞の「オ」を「キ」という。減数分裂により「オ」は「カ」から「キ」になり、「ア」ができる。

有性生殖の第一分裂前期では、核内に分散していた染色体が凝縮して、対をなす相同染色体どうしが並び、接着した状態になる。これを「ク」と呼び、「ク」が完成した状態の染色体を「ケ」という。「ク」の過程で、相同染色体の一部が交換される「コ」が起こる。このとき互いの染色体が交わっている場所を「サ」と呼ぶ。染色体の「コ」が起こると染色体に含まれる遺伝子の組み合わせが変化し、元とは異なる組み合わせの遺伝子をもつ染色体ができる場合がある。このように染色体の「コ」は、有性生殖に特徴的な、遺伝的多様性を生み出す機構のひとつとしてはたらいっている。一方、「ア」によらない生殖法である無性生殖では、遺伝的多様性は生み出されず、子の遺伝情報は親とまったく同じになる。

問 1. 文章中の ア ～ サ に入る最も適切な語句または数字を解答欄に記入せよ。

問 2. 文章中の下線部で、母細胞の染色体数が半減するのは、減数分裂の第 a 分裂 b 期が終了した時である。

a と b に入る最も適切な漢字を解答欄に記入せよ。

問 3. 文章中の ア の DNA 量を 1 とするとき、減数分裂の第一分裂開始直前の、核ひとつあたりの DNA 量（相対値）を答えよ。

問 4. 無性生殖の代表的な方法を 3 つ答えよ。

問 5. ショウジョウバエでは、突然変異によって正常体色が黒体色に変化したものや、はねの形状が正常ばねから痕跡ばねと呼ばれる形質に変化したものが存在する。正常体色の遺伝子を B 、黒体色の遺伝子を b 、正常ばねの遺伝子を V 、痕跡ばねの遺伝子を v とする。 b と v は、それぞれ B と V に対して潜性（劣性）を示す対立遺伝子である。

(1) 体色の遺伝子 (B または b) とはねの形状の遺伝子 (V または v) が互いに独立に遺伝するものと仮定する。

(i) 遺伝子型 $BbVv$ と $bbvv$ の個体を交配すると、[正常体色・正常ばね]、[正常体色・痕跡ばね]、[黒体色・正常ばね]、[黒体色・痕跡ばね] の形質をもつ個体は、どのような比で生まれると予想されるか。

(ii) 遺伝子型 $BbVv$ の個体どうしを交配すると、[正常体色・正常ばね]、[正常体色・痕跡ばね]、[黒体色・正常ばね]、[黒体色・痕跡ばね] の形質をもつ個体は、どのような比で生まれると予想されるか。

- (2) 実際には、遺伝子型 $BbVr$ と $bbvr$ の個体を交配すると、[正常体色・正常ばね]、[正常体色・痕跡ばね]、[黒体色・正常ばね]、[黒体色・痕跡ばね] の形質をもつ個体が、 $4:1:1:4$ の比で生まれた。ただし、本問では、オスとメスにおいて組換えが同じ確率で起こるものとする。
- (i) 体色とはねの形状の遺伝子間の組換え価は何%か。
- (ii) 遺伝子型 $BbVr$ の個体どうしを交配すると、生まれた個体の何%が遺伝子型 $BbVr$ になると予想されるか。

II 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

骨格筋は細長く多核の筋線維が束状になったもので構成されていて、
[ア] を介して骨につながっている。筋線維の細胞質には、規則正しく並べられたアクチンフィラメントとミオシンフィラメントが束ねられてできた筋原線維があり、その周りには筋小胞体を取り囲むように存在する。筋原線維はサルコメアが繰り返してつながった構造をしている。

中枢神経系からの情報は運動神経を介して骨格筋に伝えられる。終板では、運動ニューロンの軸索の終末から分泌された[イ] が、受容体に結合して[ウ] チャンネルを開口させて細胞膜を脱分極させる。この興奮は細胞膜が内部に陥入した[エ] を通じて筋小胞体へと伝わると、筋小胞体から[オ] イオンが細胞質に放出される。細胞質に放出された[オ] イオンが、[カ] に結合すると[キ] の立体構造が変化し、アクチンフィラメントのミオシン結合部位が露出する。この部位に ATP の分解によって立体構造が変化した[ク] が結合すると筋収縮が起こる。

筋肉には[ケ] と ATP から合成される[コ] が蓄えられており、運動開始直後には[コ] から ATP が供給されるが、数秒で消費されてなくなる。続いて、筋肉は解糖系によって、筋肉内に蓄えられている[サ] が分解されて[シ] を生じる過程で ATP を合成するが、数十秒でその ATP の多くが消費される。運動が数分以上になると、酸素を用いた反応により ATP が供給される。この反応では、解糖系やミトコンドリアのクエン酸回路で生じた NADH や[ス] が、ミトコンドリア内膜にある[セ] と呼ばれる反応系で酸化される過程で、内膜を挟んだ水素イオンの濃度勾配がつけられる。この濃度勾配に従って水素イオンが膜間腔からマトリックスへと流入するエネルギーが利用されて、ATP が合成される。この過程は[ソ] と呼ばれる。

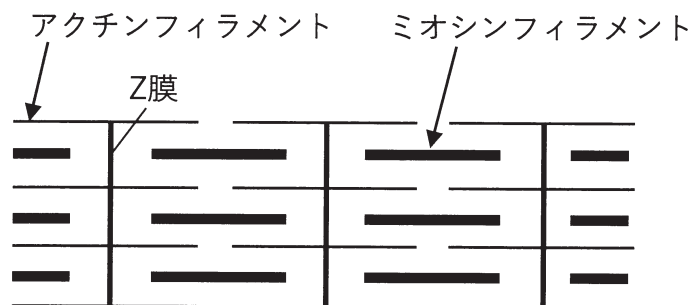
ケは代謝されて、筋肉からの老廃物であるタとなって血中を流れ、腎臓から排出される。通常、タの濃縮率は電解質やグルコースに比べて高い。

問 1. 文章中の ア ～ タ に入る最も適切な語句を解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部について、運動神経で髄鞘を構成する細胞を答えよ。

問 3. 有髄神経で髄鞘が存在しない部位を何というか。

問 4. 下図は筋原線維の模式図である。図において、サルコメア、明帯、暗帯の範囲がそれぞれどこか、わかるように解答欄の図に示せ。



問 5. 筋収縮の結果、ミオシンフィラメントとサルコメアの長さはどのように変化するか、50 字以内で答えよ。

問 6. タの濃縮率が高い理由を、腎臓におけるろ過と再吸収の観点から、50 字以内で答えよ。

Ⅲ 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

バソプレシンは、間脳の[ア]でつくられ[イ]から分泌されるいわゆる[イ]ホルモンのひとつである。バソプレシンは[ウ]に作用し、その管腔に面し、内腔液である[エ]と接する上皮の細胞膜上に[オ]を発現させることで、(i)。バソプレシンは、この作用から[カ]ホルモン (ADH) とも呼ばれる。一方、バソプレシンは、こうした体液の調節とは別に、脳内の情報伝達物質としていくつかの社会行動や情動行動などの形成や調節に関与していることが明らかとなりつつある。

あるハタネズミの種 (A 種) は、雌雄の個体が決まった相手とつがいをつくり、雌雄が共に子育てをする。同属の近縁種である B 種は、A 種のようなつがいをつくらず、雌だけが子育てをする。雄を特定の雌 (パートナー) と 24 時間同じケージに入れて飼育した後、別の雌 1 匹を新たに加えた 3 匹をひとつのケージに入れて飼育し、3 時間の観察期間中に雄がそれぞれの雌と寄り添って過ごした時間を計測した (表 1)。すると、表 1 の①と②のとおり、両種の行動には違いがみられた。この違いには、バソプレシン受容体 (V1aR) をコードする *V1aR* 遺伝子上流にある DNA 配列の違いが関係していると考えられている。図 1 は A 種の *V1aR* 遺伝子の模式図である。両種の *V1aR* 遺伝子の配列はほぼ同じであるが、A 種 *V1aR* 遺伝子の転写領域の上流には、B 種の *V1aR* 遺伝子上流には存在しないマイクロサテライト (MS) と呼ばれる GAGAGA... など短い塩基配列が何度も繰り返される単純反復配列がある。一般に、真核細胞における遺伝子の転写は、転写開始点の近傍にある[キ]と呼ばれる DNA 上の領域に、タンパク質の複合体である[ク]因子が結合し、転写酵素である[ケ]が[キ]に結合することで、開始される。MS の有無は *V1aR* 遺伝子の転写に影響を与え、脳の腹側淡蒼球 (vp) 領域においては、A 種では *V1aR* 遺伝子の顕著な発現がみられる一方、B 種では発現がほ

とんどみられない。

Young らは、特定の遺伝子を細胞に導入する運び手、すなわち コ としてウイルスを利用し、vp 領域のニューロンで *V1aR* 遺伝子をよく発現する B 種の個体 (V1aR_vp) を作成した。その雄を用いて前述の行動実験を行った結果を表 1 ③ に示した。

表 1. 行動実験の結果

種・個体	①A 種・正常	②B 種・正常	③B 種・V1aR_vp
パートナーの雌と 過ごした時間	6 2 分	1 7 分	4 1 分
パートナー以外の雌と 過ごした時間	2 2 分	1 2 分	1 0 分

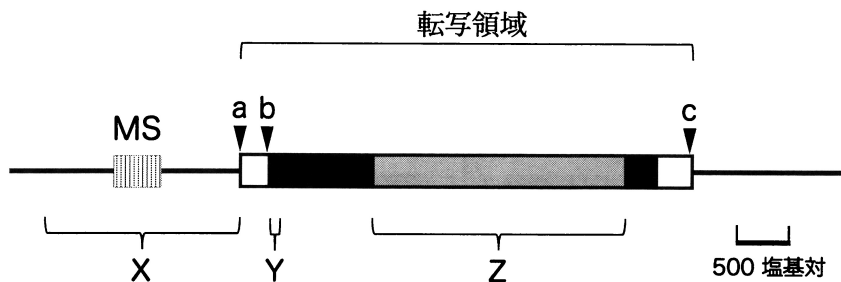


図1. A種の *V1aR* 遺伝子の模式図

- マイクロサテライト (MS)
- タンパク質のアミノ酸配列をコードする領域
- 細胞質でみられる mRNA には含まれない領域
- a: 転写開始点
- b: 翻訳開始点に対応する塩基
- c: ポリAテール付加位置に対応する塩基

問 1. 文章中の ア ～ コ に入る最も適切な語句を解答欄に記入せよ。

問 2. 文章中の空欄 (i) に入る適当な語句を、15 字以内で答えよ。

問 3. 下線部に関連して、次の小問に答えよ。

(1) ヒトの学名（属名と種小名）を答えよ。

(2) ヒトと同属の近縁種をひとつ答えよ。ただし、一般名でもよい。

問 4. A 種と B 種の雄の行動の違いに関して、表 1 の結果から考えられることを、100 字以内で述べよ。

問 5. *VlaR* 遺伝子の転写開始点（図 1 の a）となる塩基から始まる DNA センス鎖の塩基配列を図 2 に示した。転写により生じた mRNA が翻訳されて生じるペプチド鎖の N 末端の 3 つのアミノ酸を順に答えよ。遺伝暗号表（表 2）を用いてよい。

a
▼

```
1 AAAGAGTGTA TCGGGAGCTC GGAGTGTCCG AAGCTCTTGG AACTAGCAGG AGCGGGGCCA 60
61 CGCACACATC CGACCCCAAA CTGCTCTCCC GGCCTCTGCG CTCGTGGGAT TCCGCAGCCG 120
121 AGAGACCAAA AGGAGGAAGG ACAACGCGCG GAGGAGCTTA GGACAGGCTT TCTCGGAGGC 180
181 GGGAAGGAAG CAGCCCACGC GGGACAGGGC TTCCCGGGCG CTGCCCCGAC AGCATGAGTT 240
241 TCCCAGAGAG TTCCTATGAT CCGCTGCCA GCAACTCCAG CCCATGGTGG CCTCTGAGCG 300
```

図 2. *VlaR* 遺伝子の転写領域の DNA 配列（一部）

表 2. 遺伝暗号表

2番目の塩基												
		U		C		A		G				
1 番 目 の 塩 基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	ヒスチン	UGU	システイン	U	3 番 目 の 塩 基	
		UUC		UCC			UAC		UGC			C
		UUA	ロイシン	UCA			UAA	終止	UGA	終止		A
		UUG		UCG			UAG		UGG	トリプトファン		G
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U		
		CUC		CCC		CAC	CGC	C				
		CUA		CCA		CAA	CGA	A				
		CUG		CCG		CAG	CGG	G				
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U		
		AUC		ACC		AAC	AGC	C				
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A		
		AUG		メチオニン		ACG		AAG		AGG	G	
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U		
		GUC		GCC		GAC		GGC		C		
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A		
		GUG		GCG		GAG		GGG		G		

問 6. *VlaR* 遺伝子の mRNA で、図 1 の c に相当する位置に付加される配列の役割を 12 字以内で答えよ。

問 7. 図 1 の X～Z について次の小問に答えよ。

- (1) X には、その配列が変わると遺伝子が発現する部位やタイミング、発現量などが変わる領域が含まれる。この領域を何というか。
- (2) 図 1 の b の位置から始まる Y の配列が転写・翻訳されて生じるアミノ酸 20 個ほどからなるペプチド鎖は、*VlaR* タンパク質の行き先を指定する役割を担う。このようなアミノ酸配列を何というか。
- (3) Z のような領域を何というか。