

平成30年度入学試験問題 (前期日程)

理 科  
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	10 ページまで
生 物	11 ページから	14 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

# 物 理

1 以下の文章中の ① ~ ⑪ に最も適切な数値、数式、語句、または選択肢の記号を記入せよ。(20点)

問1 図1—Iのように、水平面上のまっすぐな線路をなめらかに走れる質量  $M_1$  の貨車に、質量  $M_2$  の人が乗っている。人は貨車の上を滑らずに歩ける。

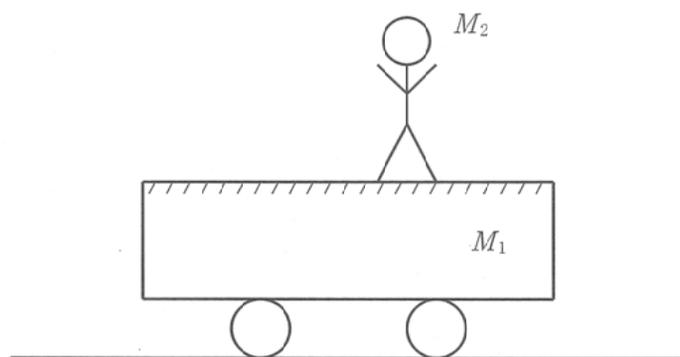


図1—I

- (1) 初めに、人と貨車は静止しているとする。人が線路と平行に、貨車に対して加速度  $a$  で歩き始めると、貨車も水平面に対して加速度を持つ。このとき、人と貨車は互いに作用・反作用を及ぼし合うが、その力の大きさは ① となる。
- (2) 次に、貨車は一定の速さ  $V$  で線路上を走っているとする。貨車の上で立ち止まっている人が、貨車の進行方向と反対方向に質量  $m$  のボールを水平に投げたところ、ボールは人から見て速さ  $v$  で遠ざかって行った。人がボールを投げた後の貨車の速さは ② となる。

問2 容器の中に1モルの単原子分子理想気体が入っている。この気体の圧力  $p$  と体積  $V$  を図1—IIのようにゆっくりと変化させる。以下では、気体定数を  $R$  とする。また、必要ならば、 $a \leq x \leq b$  の範囲で、関数  $\frac{1}{x}$  と  $x$  軸との間で囲まれる面積は積分  $\int_a^b \frac{1}{x} dx = \log \frac{b}{a}$  ( $\log$  は自然対数) で求まることを利用して良い。

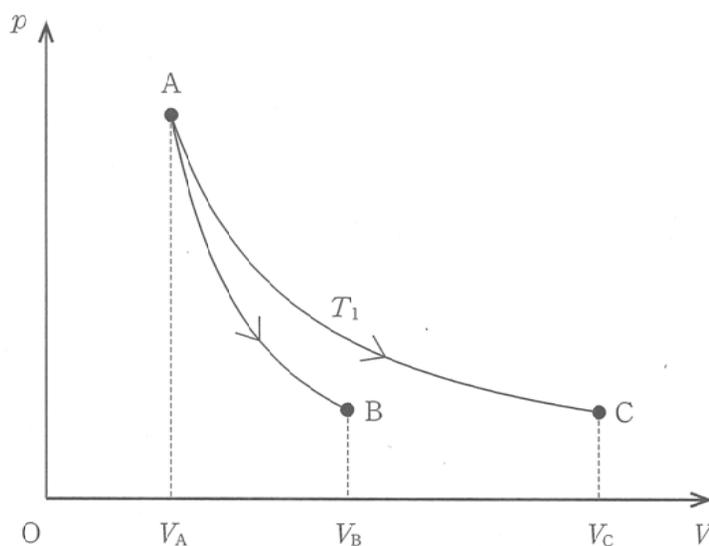


図1—II

- (1) 図1—IIの  $A \rightarrow B$  の過程のように、気体を体積  $V_A$  から  $V_B$  まで断熱膨張させると、気体の温度は  $T_1$  から  $T_2$  に下がった。このとき、気体が外部にした仕事は ③ となる。
- (2) 容器を熱源に接触させて、図1—IIの  $A \rightarrow C$  の過程のように、気体の温度を  $T_1$  に保ちながら、気体の体積を  $V_A$  から  $V_C$  に膨張させた。このとき、気体に外部から加えられる熱量は ④ となる。

問3 図1—Ⅲのように、単スリットS、複スリット $S_1$ 、 $S_2$ と、さらに離れたところにスクリーンを平行に置く。複スリット $S_1$ 、 $S_2$ は単スリットSから等距離にあるものとする。光源から出た単色光を左から単スリットSに垂直に入射させると、スクリーン上にはほぼ等間隔の明暗の縞模様ができる。

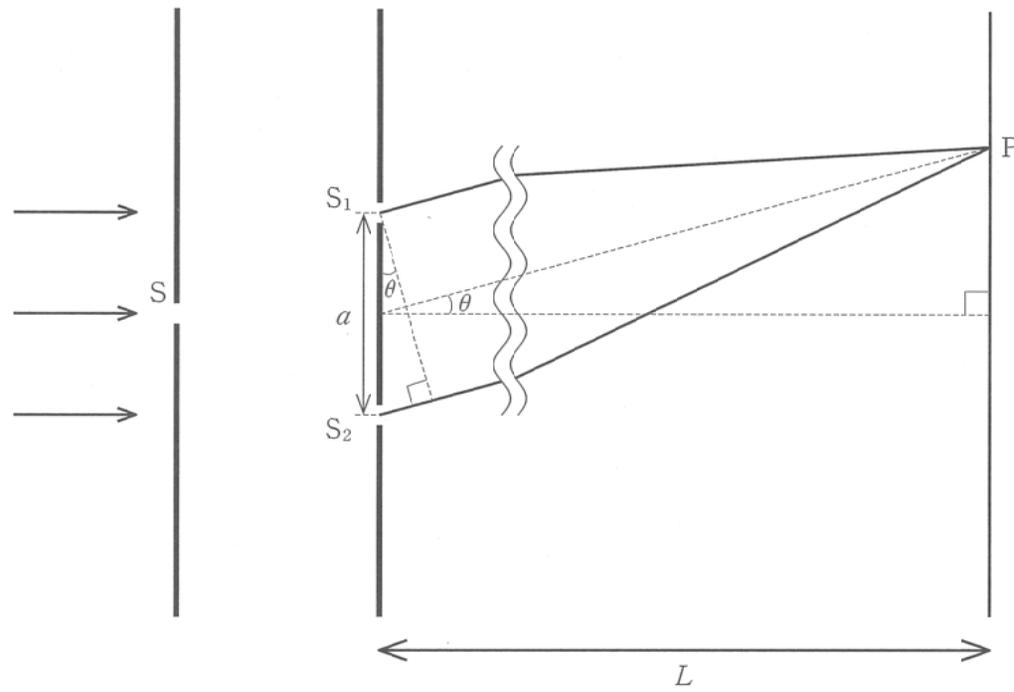


図1—Ⅲ

- (1) スクリーン上に明暗の縞模様ができるのは、複スリット $S_1$ 、 $S_2$ を通過した光がスクリーンにおいて ⑤ するからである。
- (2) 複スリット $S_1$ 、 $S_2$ とスクリーンの距離を $L$ 、複スリット $S_1$ と $S_2$ の間隔を $a$ 、スクリーン上での隣り合う明線(または暗線)の間隔を $\Delta x$ とし、 $a$ と $\Delta x$ は $L$ にくらべて十分小さいものとする。このとき、 $S_1$ と $S_2$ からスクリーン上の点Pまでの2本の光の経路はほぼ平行となる。図1—Ⅲに示したように、光の入射方向と点Pに向かう光の方向のなす角 $\theta$ が十分小さいことに注意すると、光の波長は $a$ 、 $\Delta x$ 、 $L$ を用いて ⑥ と表すことができる。

問4 図1—IVのように、抵抗、コイル、コンデンサーを並列に交流電源に接続する。

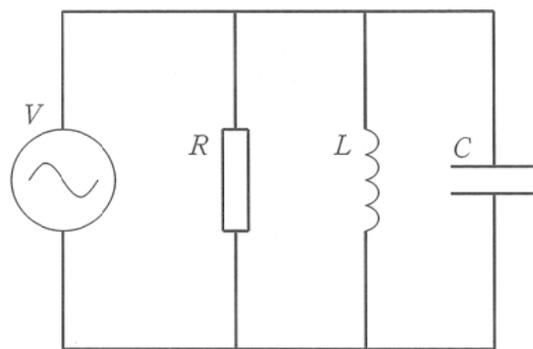


図1—IV

抵抗の抵抗値、コイルの自己インダクタンス、コンデンサーの電気容量をそれぞれ  $R[\Omega]$ 、 $L[H]$ 、 $C[F]$ とし、時刻  $t$ での交流電源の電圧を  $V = V_0 \sin \omega t [V]$ とする。抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流の最大値が同じになるようにするには、 $L$ の値を  $R = \text{㉗}$ 、 $C$ の値を  $R = \text{㉘}$ をみたすようにそれぞれ取ればよい。また、抵抗、コイル、コンデンサーに流れる電流をそれぞれ  $I_R$ 、 $I_L$ 、 $I_C$ とする。このとき、これらの電流の時間変化の様子を交流の周期を  $T = 2\pi/\omega$ としてグラフに表すと、図1—Vの  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ は

- ⑨
- (ア)  $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_C$
  - (イ)  $I_1 = I_R$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_L$
  - (ウ)  $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_C$
  - (エ)  $I_1 = I_L$ 、 $I_2 = I_C$ 、 $I_3 = I_R$
  - (オ)  $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_R$ 、 $I_3 = I_L$
  - (カ)  $I_1 = I_C$ 、 $I_2 = I_L$ 、 $I_3 = I_R$

である。

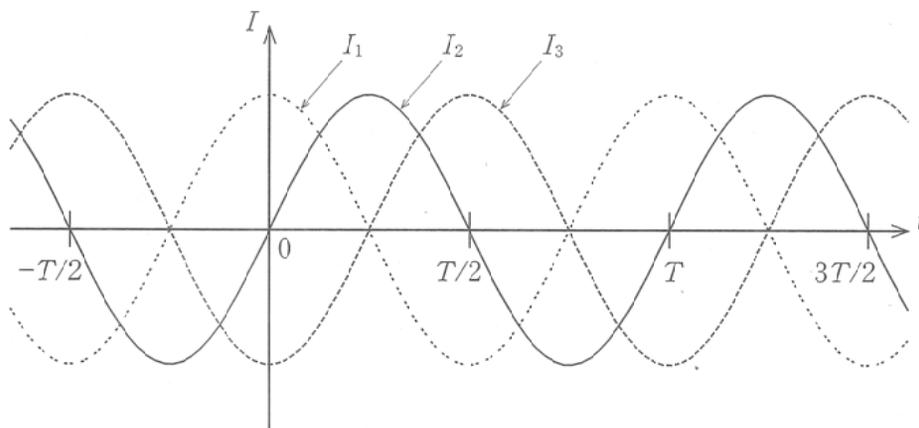


図1—V

問5 電場(電界)と磁場(磁界)が時間的に変化すると、相互に誘導しあって真空中や物質中を波として伝播して行く。この波を電磁波という。真空中を伝播する電磁波の速さは光速  $c (= 3 \times 10^8 \text{ m/s})$ に等しい。例えば、携帯電話が送受信する極超短波(マイクロ波)の周波数帯は、300 MHz ~ 3 GHzであるが、周波数1 GHzの極超短波の波長はおよそ ㉙ mとなる。また、物質を熱することでも電磁波が放出される。この熱放射の際の電磁波は様々な波長の混ざったものとなり、その波長ごとのエネルギー分布は物質の種類にはよらず、㉚だけで決まる。

- 2 図2—Iのように、ばね定数  $k$  の軽いばねの一端を空の水槽の底面に固定した。このばねの他の一端に、質量  $M$  で断面積  $S$ 、高さ  $L$  の柱状の物体 A を取り付けた。このとき、ばねの長さが自然長から  $l$  だけ縮み、水槽の底面から物体 A の上面までの高さが  $h$  になった。以下では、ばねの長さはばねの伸び縮みより十分に大きいとし、物体 A は鉛直方向にのみ変位するものとする。重力加速度を  $g$  として、以下の各問に答えよ。(15点)

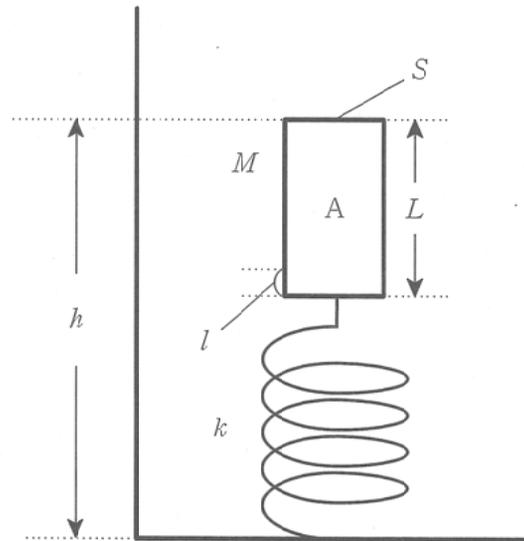


図2—I

問1 ばねの縮み  $l$  を  $k$ ,  $M$ ,  $g$  を用いて表せ。

質量  $\frac{M}{6}$  の小物体を、物体 A の上面に速さ  $v$  で鉛直に1回だけ衝突させた。衝突の反発係数は  $\frac{3}{4}$  であった。衝突直後の物体 A の速さを  $V$  とする。

問2  $V$  は  $v$  の何倍か。

図2—Iに示した高さ  $h$  まで密度  $\rho$  の液体を注ぎ入れたところ、図2—IIのように、物体 A はその上部が液面から  $\frac{L}{4}$  だけ出た状態で静止した。

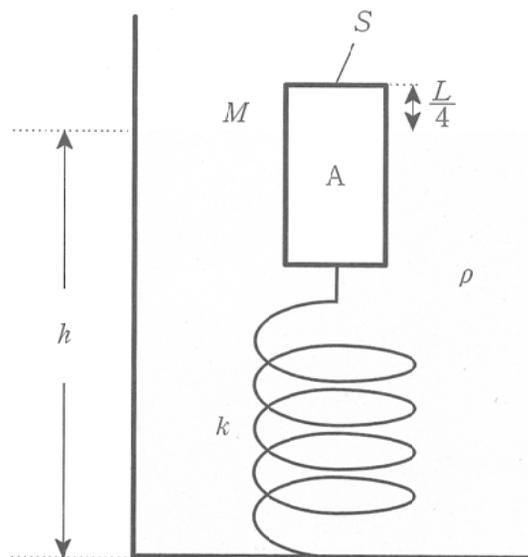


図2—II

問3 物体 A にはたらく浮力の大きさ  $f$  を  $\rho$ ,  $S$ ,  $L$ ,  $g$  を用いて表せ。

問4 物体Aの上面を大きさ $F$ の力でゆっくりと押したときに、物体Aが図2—IIの状態から沈む長さを $x$ とする。 $x$ と $F$ の関係は図2—IIIのどれになるか、記号(a)~(e)で答えよ。ただし、物体Aを沈めたときの液面の高さの変化は無視できるものとする。

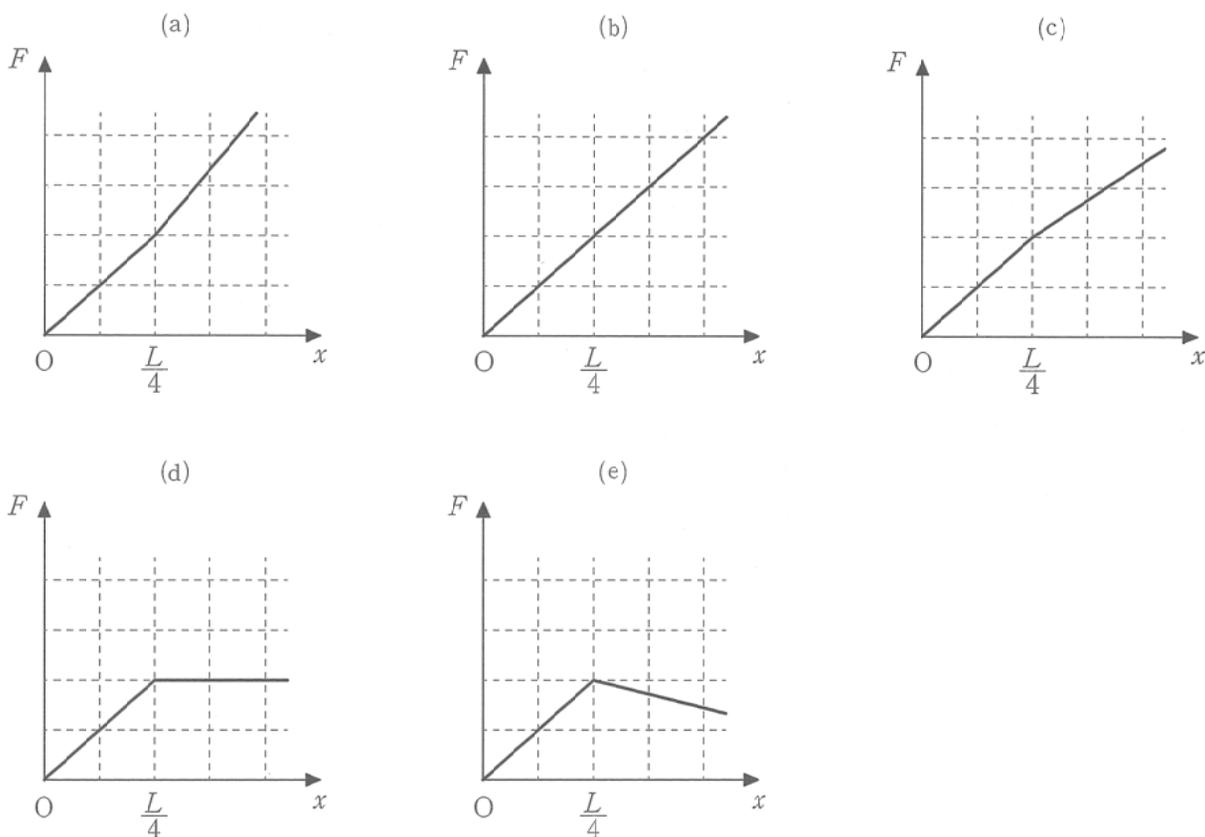


図2—III

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように、起電力  $V$  の電池、抵抗値  $R$  の抵抗、極板間が真空のときの電気容量がそれぞれ  $C$  と  $2C$  の2つのコンデンサー、そしてスイッチ  $S_1$  と  $S_2$  からなる回路を考える。電池の内部抵抗と導線の抵抗は無視できるとする。また、コンデンサーの極板間になめらかにすきまなく入る比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体を用意する。はじめに  $S_1$  と  $S_2$  は切っており、コンデンサーは真空中に置かれ、電荷は蓄えられていないとする。

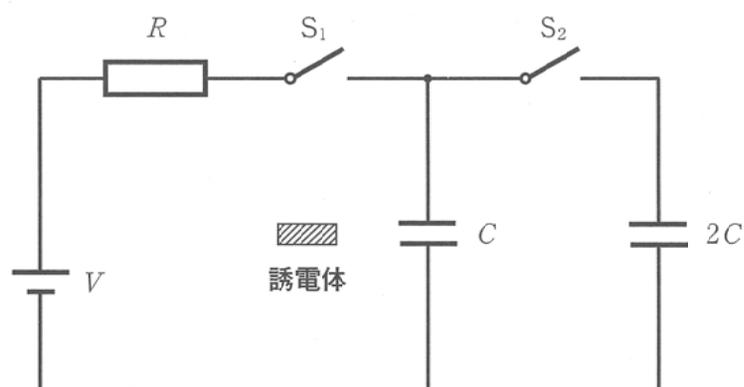


図3-I

- 問1 スイッチ  $S_1$  を入れて十分に時間が経過した後に  $S_1$  を切り、 $C$  のコンデンサーの極板間に誘電体を外力を加えながらゆっくり挿入した。挿入後のコンデンサーの静電エネルギーを求めよ。
- 問2 再びスイッチ  $S_1$  を入れた。 $S_1$  を入れた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。
- 問3 スイッチ  $S_1$  を入れて十分に時間が経過したのち、 $S_1$  を入れたまま誘電体を外力を加えながらゆっくり抜き出した。抜き出すのに必要な仕事を求めよ。ただし、ゆっくり抜き出すので、回路に流れる電流は小さく、抵抗で発生するジュール熱は無視できる。
- 問4 誘電体を抜き出した時点で  $C$  のコンデンサーに蓄えられている電気量を  $Q$  とする。スイッチ  $S_1$  を切り、スイッチ  $S_2$  を入れて十分に時間が経過した。このとき、電気容量が  $2C$  のコンデンサーに蓄えられている電気量を  $Q$  を用いて表せ。

B 図3—IIのように、 $xy$ 平面上に一辺 $l$ の正方形の閉回路KLMNがあり、辺LMには起電力 $E$ をもつ電池が挿入されている。電池の大きさは $l$ に比べて十分に小さく、電池の内部抵抗を含む閉回路全体の電気抵抗は $R$ である。電池を含む回路の各辺の質量は等しいものとする。 $xy$ 平面は水平であり、辺NK, MLが $x$ 軸に、辺KL, NMが $y$ 軸に平行になる配置を保ったまま、回路は $xy$ 平面上を $x$ 軸方向になめらかに動くことができる。辺KLの $x$ 座標を $x_K$ とする。 $x > 0$ の領域には、紙面に垂直で裏から表に向かう方向に、磁束密度 $B$ の一様な磁場(磁界)がかかっている。回路を流れる電流がつくる磁場の影響は無視することができる、回路は変形しないものとする。

回路全体が磁場の外にあるとき( $x_K < 0$ )、回路は一定の速さ $v_0$ で $x$ 軸の正方向に動いていた。その後も回路は $x$ 軸の正方向に進み、最初に辺KLが、次に辺NMが磁場の中に入った。

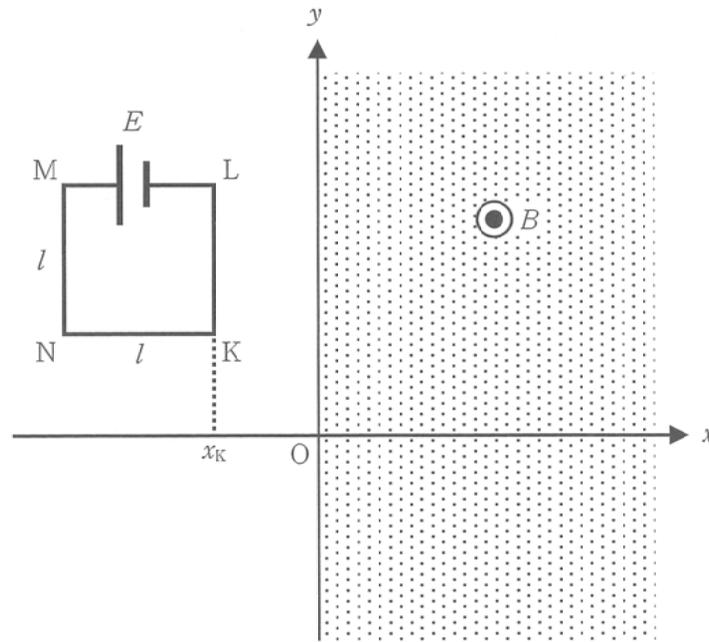


図3—II

まず、辺KLが磁場の中に、辺NMが磁場の外にあるとき( $0 < x_K < l$ )を考える。ある時刻に回路が速さ $v$ で $x$ 軸の正方向に動いており、辺KLをKからLに向かう向きに大きさ $I$ の電流が流れていたとする。

問5  $I$ を $E, v, B, l, R$ を用いて表せ。

問6 辺KLにはたらく $x$ 軸方向の力 $F$ を $I, B, l$ を用いて表せ。 $F$ の符号は、この力が $x$ 軸の正方向を向く場合を正とせよ。

磁束密度 $B$ と $x_K < 0$ のときの速さ $v_0$ を任意に選べるとすると、 $0 < x_K < l$ のとき回路が減速するか、加速するか、あるいは等速で進むかは、 $B$ と $v_0$ に依存する。

問7 等速で進む場合、 $B$ と $v_0$ はどのような条件を満たすか。この条件を $E, B, v_0, l$ を含む等式の形で表せ。

次に、任意の $B$ と $v_0$ を考え、回路全体が磁場の中に入ったとき( $x_K > l$ )を考える。

問8 回路を流れる電流と回路の運動について、次の(ア)~(エ)の中から正しいものを一つ選び、その記号で答えよ。

- (ア) 回路に電流は流れず、回路には全く力がはたらかないので、回路は一定の速さで $x$ 軸の正方向に進む。
- (イ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は加速しながら $x$ 軸の正方向に進む。
- (ウ) 回路に電流が流れるが、回路の各辺にはたらく力が釣りあうので、回路は一定の速さで $x$ 軸の正方向に進む。
- (エ) 回路に電流が流れ、回路の各辺にはたらく力の合力により、回路は減速しながら $x$ 軸の正方向に進む。

# 化 学

1 以下の各問に答えなさい。(16点)

問1 水素  $\text{H}_2$  と一塩化ヨウ素  $\text{ICl}$  が反応してヨウ素  $\text{I}_2$  を生じる気体反応 A は、以下の二つの反応 B と反応 C が順次段階的に進行する二段階反応である。反応 B と反応 C の反応速度はそれぞれの反応物の濃度に比例すること、およびヨウ化水素  $\text{HI}$  は生成速度に比べ消失速度がかなり大きいことが実験により知られている。

一般に多段階反応の反応速度は、その多段階反応に含まれる反応のうち遅い反応の反応速度に一致する。



- (1) 反応 A の反応式を答えなさい。
- (2) 反応 A について  $\text{ICl}$  の濃度を 3 倍にすると反応速度は何倍になるか答えなさい。

問2 容積 1.0 L の密閉容器内で 10.0 mol の黒鉛 C と 1.0 mol の酸素  $\text{O}_2$  を反応させると、一酸化炭素  $\text{CO}$  と二酸化炭素  $\text{CO}_2$  が生じ、 $\text{O}_2$  は完全に消失した。密閉容器内の温度を  $670^\circ\text{C}$  に保つと、式①で表される平衡状態に達した。



- (1) 黒鉛 C の燃焼熱は  $394 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{CO}$  の燃焼熱は  $283 \text{ kJ/mol}$  である。  
式①の正反応について  $\text{CO}$  1 mol あたりの反応熱を答えなさい。
- (2) 平衡状態の平衡定数は  $2.0 \text{ mol/L}$  である。平衡状態における  $\text{CO}$  の物質量を求めなさい。有効数字 2 桁とし 3 桁目を四捨五入して答えなさい。
- (3) 平衡状態に以下の操作(ア)と操作(イ)を行った。  
(ア)  $\text{CO}$  を加える                      (イ) 温度を下げる  
それぞれの操作によって平衡はどうなるか。次の(a)~(c)の中から選んで記号で答えなさい。  
(a) 正反応が進行する      (b) 逆反応が進行する      (c) 変わらない

2 以下の各問に答えなさい。(18点)

問1 酸化還元反応を原子の授受の立場からみてみよう。ある物質が  $\boxed{1}$  と化合したり、ある物質から  $\boxed{2}$  がうばわれたりしたとき、その物質は酸化されたという。しかしながら、 $\boxed{1}$  と  $\boxed{2}$  の授受が関わらない酸化還元反応も決してめずらしくはない。例えば、熱した銅 Cu は塩素  $\text{Cl}_2$  中で激しく反応して  $\text{CuCl}_2$  を生じる。この反応で Cu 原子は  $\boxed{3}$  を失い、Cl 原子は  $\boxed{3}$  を受け取っている。

このように  $\boxed{1}$  や  $\boxed{2}$  が直接関係しない反応に対しても、 $\boxed{3}$  の授受によって酸化・還元を統一的に説明することができる。

上の文章中の  $\boxed{1}$  ~  $\boxed{3}$  の中に入る最も適切な語句をそれぞれ答えなさい。

問2 次の(ア)~(オ)の中から酸化還元反応であるものを全て記号で選び、対応する化学反応式をかきなさい。

- (ア) 金属ナトリウムは水と激しく反応する。
- (イ) 炭酸カルシウムを高温に熱すると酸化カルシウムに変化する。
- (ウ) 炭酸カルシウムに塩酸を加えると激しく反応し、気体を発生する。
- (エ) 硝酸銀水溶液に食塩水を加えると白色沈殿を生じる。
- (オ) 金属アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。

問3 シュウ酸マグネシウム  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を求めるために次の実験を行った。

操作1 : 2.0 g の  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  を水 100 mL に加えて充分攪拌したあと静置し、溶けなかった  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  が全て沈殿するまで待った。

操作2 : 操作1の透明な上澄み水溶液 10 mL を正確にはかりとり、これをコニカルビーカーに移し、1.0 mol/L 硫酸 20 mL を<sub>(a)</sub>  
加えた後 60 °C 程度に加熱した。

操作3 : 操作2の水溶液に対して  $X$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定し、 $Y$  mL を滴下したところで反応の完結を<sub>(b)</sub>  
確認した。

(1) この反応における還元剤はなにか。下の(ア)~(カ)の中から選んで記号で答えなさい。

- (ア)  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$     (イ)  $\text{Mg}^{2+}$     (ウ)  $\text{MnO}_4^-$     (エ)  $\text{K}^+$     (オ)  $\text{SO}_4^{2-}$     (カ)  $\text{H}^+$

(2) 下線部(a)の操作に関し、1.0 mol/L 硫酸 20 mL ではなく 40 mL を加えて実験を行なった時、滴定量は何 mL になるか。

次の(ア)~(オ)の中から選んで記号で答えなさい。

- (ア)  $2Y$     (イ)  $\frac{1}{2}Y$     (ウ)  $Y$     (エ)  $\frac{3}{5}Y$     (オ)  $\frac{5}{3}Y$

(3) 下線部(a)の操作に関し、硫酸ではなく 1.0 mol/L 塩酸 20 mL を加えて実験を行なった。その時、滴定量は  $Y$  mL よりも多くなるか、少なくなるか、もしくは変わらないか。その理由も含めて 30 字以内で答えなさい。

(4) 下線部(b)の操作に関し、どのようにして反応の完結を知ることができるか。30 字以内で答えなさい。

(5)  $\text{MgC}_2\text{O}_4$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を  $X$ ,  $Y$  を含む式で表しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。構造式をかくときは、図 I の記入例にならってかきなさい。(16 点)

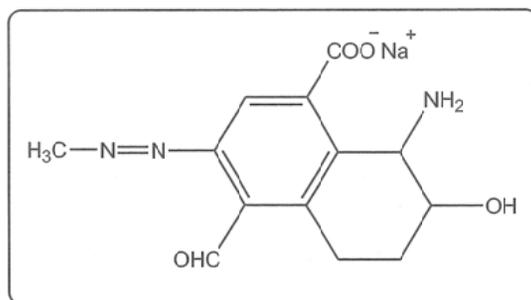


図 I

ベンゼンの水素原子 1 個をメチル基で置換した化合物には構造異性体は存在しないが、2 個の水素原子をメチル基で置換した場合、メチル基が結合する位置の違いによって 3 種類の構造異性体が存在する。一方、ナフタレンの水素原子 1 個をメチル基で置換した化合物には構造異性体が存在する。ナフタレンの 2 個の水素原子をメチル基で置換すると構造異性体の数は増大する。

ベンゼンやナフタレンを原料にして、染料・着色料・指示薬として広く用いられる芳香族アゾ化合物が作られる。アニリンを希塩酸に溶かし、5℃以下で亜硝酸ナトリウムと反応させるとジアゾニウム塩の塩化ベンゼンジアゾニウムが生成する(ジアゾ化)。また、*p*-アミノベンゼンスルホン酸ナトリウムをジアゾ化すると化合物 A が得られる。

ジアゾニウム塩にフェノール類や芳香族アミンを反応させるとアゾ化合物を生じる。たとえば、化合物 A とアニリンのアミノ基の水素原子 2 個をメチル基で置換した化合物 B を反応させると、化合物 B のパラ位水素が置換されたアゾ化合物が生成する。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えると酸塩基指示薬として知られる色素が得られる。また、2-ナフトールを水酸化ナトリウム水溶液に溶かし、それに塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を加えると、2-ナフトールの 1 位(ヒドロキシ基が結合した炭素と水素が結合していない炭素の両方に隣接する炭素)の水素が置換され、芳香族アゾ化合物の一種が生成する。

- 問 1 下線部(a)の構造異性体のうち、2 個のメチル基を酸化するとポリエチレンテレフタレート(PET)の原料になる異性体の化合物名と構造式をかきなさい。
- 問 2 下線部(b)について、2 個のメチル基の距離が最も遠い構造異性体の構造式をかきなさい。
- 問 3 下線部(b)の各構造異性体の 2 個のメチル基のみを酸化して得られる分子式  $C_{12}H_8O_4$  の各化合物を加熱すると、そのうちの 3 つは分子式が  $C_{12}H_6O_3$  の酸無水物を生じることが予想される。当てはまる酸無水物の構造式を全てかきなさい。
- 問 4 下線部(c)の色素名とナトリウム塩の構造式をかきなさい。
- 問 5 下線部(d)の化学反応式を、構造式を使ってかきなさい。

## 生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

遺伝子の転写調節機構は、大腸菌における糖の利用の研究を通して初めて解明された。大腸菌は、グルコース(ブドウ糖)が含まれている通常の培地では、グルコースを優先的に代謝してエネルギー源としている。この時、ラクトース(乳糖)を分解して利用するための $\beta$ -ガラクトシダーゼ(ラクターゼ)などの酵素群は細胞内で作られていないため、大腸菌はラクトースを利用できない。一方、ラクトースを含むがグルコースは含まない培地で大腸菌を培養すると、細胞内で $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が速やかに合成され、結果的に大腸菌はラクトースを利用できるようになる。1961年、フランスの生物学者フランソワ・ジャコブとジャック・モノーは、この現象を説明する「 説」を提唱した。 とは、いくつかの酵素などの遺伝子とその発現を調節する遺伝子とを、ひとまとまりの単位として捉えたものである。ラクトース利用に関連する では、リプレッサー(抑制因子)と呼ばれる調節タンパク質が常に合成されている。ラクトース非存在下では、リプレッサーは 内の と呼ばれる特定の塩基配列と結合する。 は、転写を進行する酵素 が結合する塩基配列である と部分的に重なり合っている。そのため、リプレッサーが に結合した状態では、リプレッサーが障害物となって が に結合できない。その結果として、 内の $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が起こらず、それらの酵素が合成されない。一方、ラクトース存在下では、リプレッサーとラクトース代謝産物(アロラクトース)との結合が起こる。アロラクトースと結合したリプレッサーは分子の立体構造が変化してしまうため、 と結合することができない。障害物がなくなったことにより、 は に結合することができる。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写が進み、ラクトースを利用するための一群の酵素が合成されることになる。

説は、原核生物である大腸菌についての研究に基づいて提唱されたが、基本的には真核生物の遺伝子の転写調節についても当てはまる。ただし、真核生物の転写調節はより複雑である。通常、真核生物の核のDNAは、 と呼ばれるタンパク質に巻きつけられており、全体の形としては糸でつなげたビーズのようになる。このビーズ状構造(ヌクレオソーム)のつながりが密に折りたたまれて 繊維と呼ばれる構造を形成する。細胞分裂中期において見られる染色体構造は、通常は核内に広がっている 繊維が一時的に高度に凝縮したものである。DNAが 繊維中できつく折りたたまれた状態では、 がDNAに結合できないため、遺伝子の転写の際には、 繊維中のその遺伝子を含む領域がゆるくほどかれなければならない。このような 繊維の折りたたみ・ゆるみの局所的な制御が、真核生物の遺伝子の転写調節に重要な役割を果たしている。また、真核生物の核内では、 と呼ばれるタンパク質が による転写の開始に必要とされる。 と とは複合体を形成して、転写する遺伝子の に結合する。

問1 文章中の ～ に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 イソプロピル- $\beta$ -チオガラクトピラノシド(IPTG)は、アロラクトースと類似した分子構造をもつ物質であり、アロラクトースと同様にリプレッサーと結合することができる。IPTGはラクトースとは異なり、 $\beta$ -ガラクトシダーゼによる分解は受けない。グルコース培地(グルコースを含むが、ラクトースは含まない培地)で大腸菌を培養し、培養の途中で菌をラクトース培地(ラクトースを含むが、グルコースは含まない培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は増加する。その後、細胞内で合成された $\beta$ -ガラクトシダーゼによってラクトースが使い尽くされるため、アロラクトースも減少し、リプレッサーの機能が回復する。こうして $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は減少に転じ、最終的には転写されなくなる。

では、グルコース培地で培養した大腸菌をIPTG培地(グルコースおよびラクトースを含まず、IPTGを含む培地)に移した場合、 $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの遺伝子の転写量は時間経過とともにどのように変化すると推定されるか。そのように推定される理由も含めて100字以上150字以内で説明しなさい。

問3 ラクトースの有無に関係なく、常に $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されてしまう大腸菌の突然変異株が得られた。この突然変異株のリプレッサーをコードしている遺伝子の領域を調べたところ、突然変異は見られなかった。突然変異は大腸菌ゲノム中のどの領域内にあると推定されるか、答えなさい。また、その突然変異はどのような性質のもので、なぜそれによってラクトースが無くても $\beta$ -ガラクトシダーゼなどの酵素が合成されるのか、100字以上150字以内で説明しなさい。

問4 多細胞の真核生物では、細胞の種類に応じて選択的に発現する遺伝子が多数存在する。このような選択的遺伝子発現に関して、以下の文の  ,  に入る語句の組み合わせとして適切なものを(ア)~(オ)の中からすべて選び、その記号を記入しなさい。

「ヒトの  (細胞の種類)では、 (タンパク質)の遺伝子が選択的に発現する。」

記号	A	B
(ア)	筋細胞(筋繊維)	ミオシン
(イ)	赤血球	ペプシン
(ウ)	リンパ球のB細胞	クリスタリン
(エ)	すい臓のランゲルハンス島B細胞	インスリン
(オ)	血小板	免疫グロブリン

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

沖縄の海岸を歩いていると、岩にたくさんの穴があいていることに気がつく。その穴をのぞいて見ると、それぞれの穴には硬いトゲを持ったナガウニが潜んでいることに気がつく。ナガウニは、夏になると一斉に海水中に多量の精子と卵を放出する。海水中に放出された精子は、鞭毛を動かし、一斉に卵に向かって泳ぎだす。そのうち精子が卵の表面に到達すると、精子の頭部が突起状に伸びて、その突起の中身が放出される。さらに、精子は卵の [ 1 ] 層の下にある [ 2 ] 膜を通過し、 [ 3 ] 膜に接する。すると [ 2 ] 膜と [ 3 ] 膜の間に表層粒の中身が放出され、 [ 2 ] 膜は [ 3 ] 膜から離れて硬くなり、受精膜となる。その後、卵内に侵入した精子の核は、卵の核と融合した後、細胞分裂が開始される。8細胞期になると、動物極側の細胞では [ 4 ] <sup>(d)</sup>、植物極側では [ 5 ] <sup>(e)</sup> が起き、16細胞期へと発生が進む。さらに原腸胚期になると、植物極側の細胞が陥入し、原腸が形成される。

問1 文章中の [ 1 ] ~ [ 5 ] に最も適切な語句をそれぞれ記入しなさい。

問2 下線部(a)および(b)の反応を何と呼ぶか、それぞれ答えなさい。

問3 下線部(c)の膜の機能を20字以内で説明しなさい。

問4 下線部(d)にある精子を20個と卵を20個得るには、第一次精母細胞および第一次卵母細胞は、それぞれ何個必要か答えなさい。ただし、すべての細胞は発生の過程で死亡しないと仮定する。

問5 第一次卵母細胞の染色体数が $2n = 20$ である時、卵は何通りの異なる染色体の組み合わせを持つ可能性があるか、正しい答えを(ア)~(カ)の中から1つ選び、その記号を記入しなさい。ただし、今回は染色体間の組換えは起こらないと仮定する。

(ア)  $2^{10}$       (イ)  $10^2$       (ウ)  $20^2$       (エ)  $2^{20}$       (オ)  $5^2$       (カ)  $5^{10}$

問6 下線部(e)について、以下の4つの実験を行った。これら4つの実験結果をもとに(1)~(3)の問いに答えなさい。

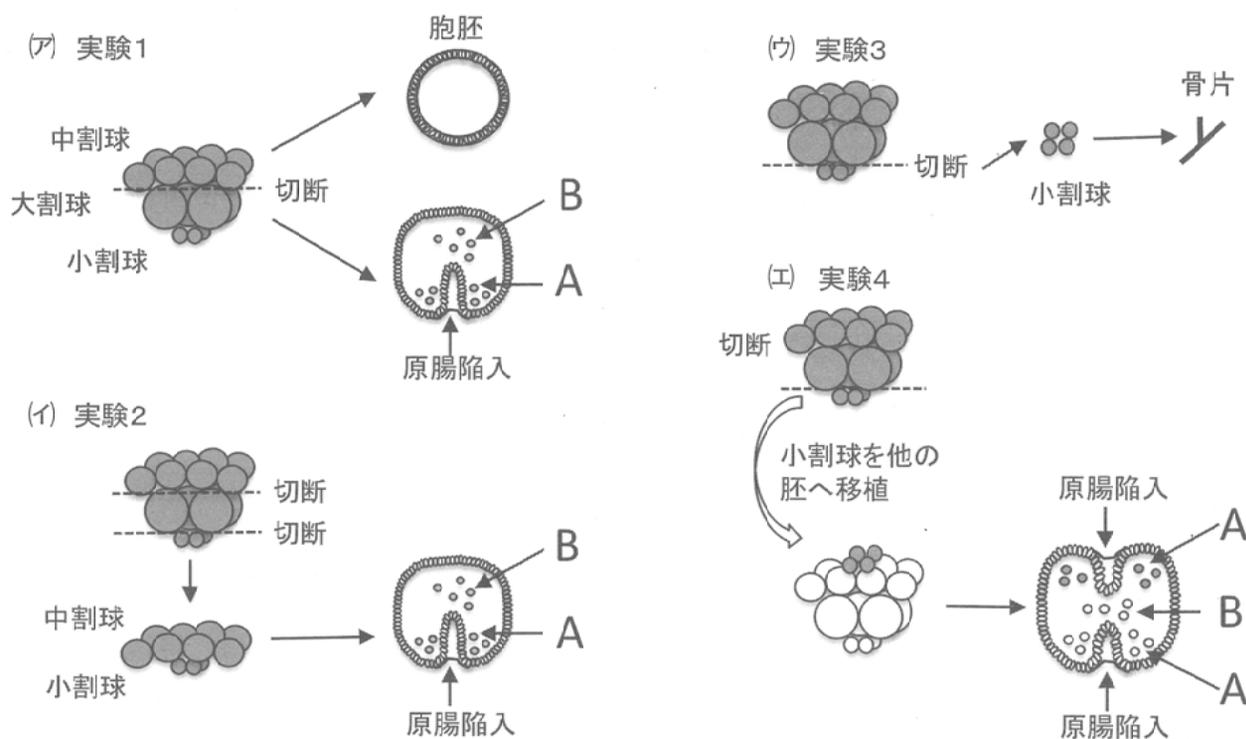
【実験1】 通常、16細胞期胚の8個の中割球からは表皮や神経、4個の大割球からは消化管や筋肉、4個の小割球からは骨片が形成される。この16細胞期胚の中割球と大割球との間で胚を切断し、それぞれの部分胚を発生させた(図I(ア))。その結果、8個の中割球を含む部分胚は、外胚葉のみからなる胞胚期で発生が停止した。一方、4個の大割球と4個の小割球を含む部分胚では、植物極側に小割球由来の細胞Aが生じた。さらに内胚葉由来の原腸が陥入した後、原腸の先端から細胞Bが生じた。

【実験2】 16細胞期胚の中割球と大割球との間、さらに大割球と小割球との間で胚を切断し、中割球8個に4個の小割球をくっつけた(図I(イ))。この胚を発生させたところ、原腸の陥入が観察された。また細胞AとBがともに観察された。

【実験3】 16細胞期胚の小割球と大割球との間で胚を切断し、小割球を発生させたところ、骨片が形成された(図I(ウ))。

【実験4】 16細胞期胚の植物極側の小割球を実験的に切断し、他の胚の動物極側にある中割球上に小割球を移植した(図I(エ))。この胚を発生させたところ、通常は植物極側でのみ見られる原腸陥入が動物極側でも見られた。また細胞AとBがともに観察された。

- (1) 実験1の図I(ア)で示す細胞Aおよび細胞Bの名称をそれぞれ答えなさい。
- (2) 細胞Aおよび細胞Bが分類される胚葉の名称をそれぞれ答えなさい。
- (3) 実験1, 2, 3, 4の結果をもとに、実験4では動物極側においても原腸陥入が起こった理由を60字以内で説明しなさい。



図I ウニの16細胞期胚を用いた実験

1

- ①  $\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} a$       ②  $V + \frac{m}{M_1 + M_2 + m} v$       ③  $\frac{3}{2} R(T_1 - T_2)$
- ④  $RT_1 \log \frac{V_C}{V_A}$       ⑤ 干渉      ⑥  $\frac{a}{L} \Delta x$
- ⑦  $\omega L$       ⑧  $\frac{1}{\omega C}$       ⑨ 才
- ⑩ 0.3      ⑪ 温度

2

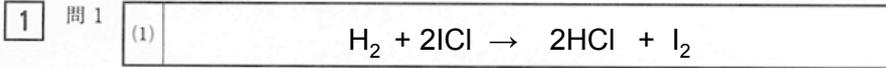
- 問1  $l = \frac{Mg}{k}$       問2  $\frac{1}{4}$  倍      問3  $f = \frac{3}{4} \rho S L g$
- 問4 c

3

- A 問1  $\frac{1}{2\epsilon_r} C V^2$       問2  $\frac{V}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right)$       問3  $\frac{1}{2} (\epsilon_r - 1) C V^2$
- 問4  $\frac{2}{3} Q$
- B 問5  $I = \frac{E - vBl}{R}$       問6  $F = IBl$       問7  $v_0 Bl = E$
- 問8 (ウ)

	得点
物 理	

(注意 この解答用紙は表裏2ページになっている。)



(2) 3 倍

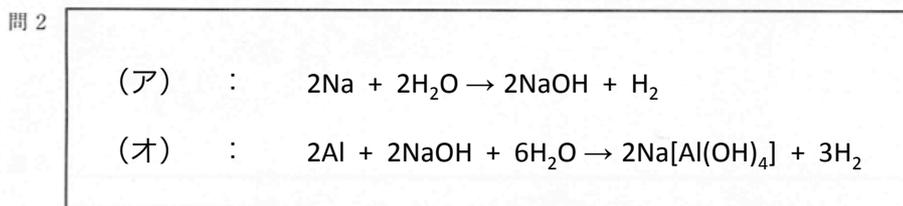
問2 (1) -86 kJ

(2) 1.0 mol

(3) (ア) (b) (イ) (b)

小計

2 問1 1 酸素 2 水素 3 電子



問3 (1) (ア) (2) (ウ)

(3) 塩化物イオンも酸化されるため、Y mL よりも多くなる。 30

(4) 過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなったら反応が完結。 30

(5)  $K_{sp} = \left(\frac{1}{4}XY\right)^2$

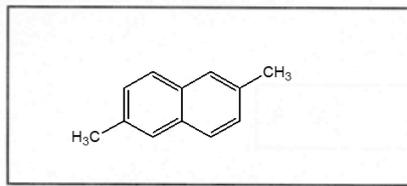
小計

3

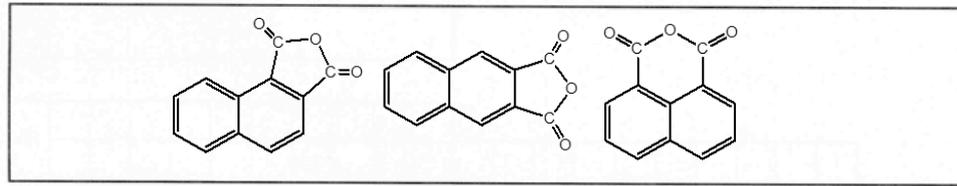
問 1

化合物名	構造式
p-キシレン	

問 2



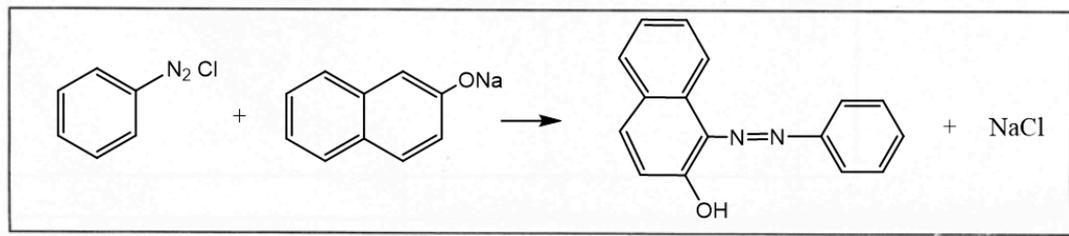
問 3



問 4

色素名	構造式
メチルオレンジ	

問 5



小 計	
-----	--

採点欄

1	2	3	得 点

生物解答用紙(医学部医学科)

受験番号	
------	--

注意 この解答用紙は表裏2ページになっている。

1

問1

1	オペロン	2	オペレーター	3	RNAポリメラーゼ
4	プロモーター	5	ヒストン	6	クロマチン
7	基本転写因子				

問2

I	P	T	G	培	地	に	移	す	と	,	I	P	T	G	が	リ	プ	レ	ッ	サ	ー	の	機	能
を	阻	害	す	る	こ	と	に	よ	り	,	転	写	量	は	増	加	す	る	。	I	P	T	G	は
$\beta$	-	ガ	ラ	ク	ト	シ	ダ	ー	ゼ	に	よ	る	分	解	を	受	け	な	い	た	め	,	時	間
が	経	過	し	て	も	リ	プ	レ	ッ	サ	ー	の	機	能	を	阻	害	し	続	け	る	。	そ	の
結	果	,	転	写	が	高	レ	ベ	ル	で	起	こ	り	続	け	る	。							

100

150

問3

領域	オペレーター
----	--------

説明

リ	プ	レ	ッ	サ	ー	は	,	オ	ペ	レ	ー	タ	ー	の	特	定	の	塩	基	配	列	を	認	識
し	て	結	合	す	る	。	オ	ペ	レ	ー	タ	ー	内	の	塩	基	配	列	に	変	異	が	起	こ
り	,	リ	プ	レ	ッ	サ	ー	と	結	合	で	き	な	い	よ	う	に	な	る	と	,	R	N	A
ポ	リ	メ	ラ	ー	ゼ	と	プ	ロ	モ	ー	タ	ー	と	の	結	合	が	常	に	可	能	に	な	る
た	め	,	ラ	ク	ト	ー	ス	が	無	い	条	件	で	も	酵	素	の	合	成	が	起	こ	る	。

100

150

問4

ア,エ
-----

	得 点
生 物	

2

問1

1	ゼリー	2	卵黄	3	細胞
4	等(経)割	5	異(緯)割、不等割		

問2

a	先体反応	b	表層反応
---	------	---	------

問3

多 数 の 精 子 が 卵 に 侵 入 す る こ と を 防 ぐ 。 20

問4

第一次精母細胞	5個	第一次卵母細胞	20個
---------	----	---------	-----

問5

ア

問6

(1)			
細胞A	一次間充織	細胞B	二次間充織

(2)			
細胞A	中胚葉	細胞B	中胚葉

(3)

移 植 さ れ た 小 割 球 が , 通 常 外 胚 葉 し か 形 成 し な い 中 割 球  
 を 内 胚 葉 へ と 誘 導 し , 内 胚 葉 組 織 で あ る 原 腸 を 分 化 さ せ  
 た 。 60

3

問1

1	クロロフィル	2	光化学	3	プロトン(H <sup>+</sup> )
4	光リン酸化	5	ストロマ	6	ルビスコ
7	葉肉	8	維管束鞘		

問2

蒸散による水分の損失を防ぐため。 20

問3

C <sub>4</sub> 植物	オ	CAM植物	エ
-------------------	---	-------	---

問4

イ, オ

問5

ウ

問6

葉脈が分断されて茎との連絡が絶たれたから。 30

問7

葉脈を経由した茎からのサイトカイニンの供給が止まると、幼芽形成が開始される。 50