

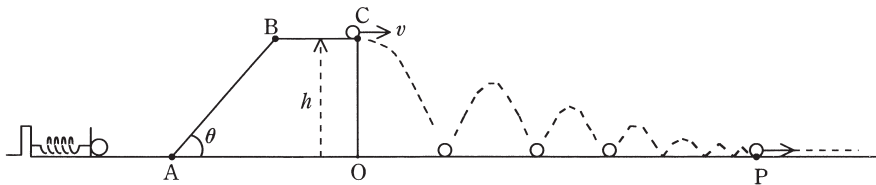
物 理 (一般問題用紙1)

問題 I

図のように、床に立てた壁に固定されたバネ定数 k [N/m]のバネに、質量 m [kg]のボールを接触させ、ボールを押してバネを縮め静かに離れたところ、ボールは床に固定された高さ h [m]の摩擦のある斜面AB(床との傾角 θ)をのぼり、水平面BCを経て、速さ v [m/s]で点Cより水平投射された。

その後、床との衝突を繰り返し、最後に床面に沿ってすべり始めた。斜面とボールとの動摩擦係数を μ 、ボールと床との反発係数を e ($0 < e < 1$)、重力加速度の大きさを g [m/s²]、床と水平面BCはなめらかで、床と斜面および水平面BCはなめらかに接続されているものとし、ボールの大きさや回転および空気抵抗等は無視するものとする。

ボールの動きについて、次の各問に答えよ。



- (1) 速さ v [m/s]で水平投射させるためにはバネをどれだけ縮めればよいか。
- (2) n 回目の衝突直後の鉛直方向の速さを求めよ。
- (3) n 回目の衝突後の最高点の高さを求めよ。
- (4) 水平投射してから、すべり始める点 (P 点) に達するまでの時間を求めよ。
- (5) OP 間の距離を測定すると、 l [m] であった。このときの反発係数 e の値を k 、 l 、 h 、 g 、 v 、 θ の中から適当な文字を用いて表せ。
- (6) ボールがバネを離れてからP点に達するまでに失われたエネルギーを求めよ。

物 理 (一般問題用紙2)

問題Ⅱ

真空中に直角座標がとられており、一様な電場がある。 x 軸上に原点 O から a [m] の点 A 、 y 軸上に原点 O から b [m] の点 B 、 z 軸上に原点 O から a [m] の点 C があり、原点 O から線分 AB 、 BC 、 CA におろした垂線との交点を、それぞれ点 D 、点 E 、点 F とする。いま、点 B から点 C まで点電荷を動かす場合および原点 O から点 A まで動かす場合ともに、その仕事が 0 であった。また、 q [C] ($q > 0$) の電荷を、原点 O から点 B まで運ぶのに要する仕事は W [J] ($W > 0$) であった。各問に答えよ。

- (1) 点 C に対する原点 O の電位を求めよ。
- (2) q [C] ($q > 0$) 点電荷を点 A から点 B を通り点 C まで運ぶのに要する仕事を求めよ。
- (3) 一様な電場の強さを求めよ。
- (4) 質量 m [kg]、 $-q$ [C] ($q > 0$) の点電荷を原点 O に静かに置いた。この点電荷が t [s] 後にもつ運動エネルギーを求めよ。

この一様な電場空間に、さらに \overrightarrow{OE} の向きに磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場をかけ、(4) で用いた点電荷〈質量 m [kg]、 $-q$ [C] ($q > 0$)〉を、原点 O から \overrightarrow{BC} の向きに速さ v [m/s] で打ち出した。

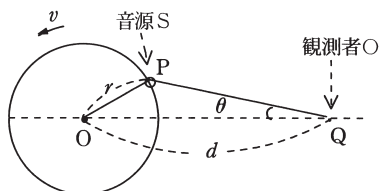
- (5) その後、点電荷の動きは、 x 軸方向についてはどのような領域で運動するか。その範囲の上限、下限を示せ。
- (6) 点電荷が点 E を通過するための B の満たすべき条件を、正整数 n ($n=1, 2, 3, \dots$) を用いて示せ。

物 理 (一般問題用紙3)

問題Ⅲ

一定の振動数 f の音を出しながら、半径 r の円周上を速さ v で反時計回りに等速円運動する音源 S がある。円の中心 O より距離 d だけ離れた点 Q で、静止している観測者 O が S からの音を聞くとき、次の各問に答えよ。ただし、音速を V とし、 v は V に比べて十分小さいとする。

- (1) 図の $\angle OQP = \theta$ である点 P を通過するときに出た音について、観測される振動数を f 、 V 、 v 、 d 、 r 、 θ を用いて表せ。
- (2) 観測される振動数の最大値が f_1 、最小値が f_2 であった ($f_2 < f_1$)。音源の振動数 f および速さ v を V 、 f_1 、 f_2 、 d 、 r の中から適当な文字を用いて表せ。
- (3) 最小振動数を観測してから、次に最大振動数を観測されるまでの時間が、 S の回転周期の $\frac{7}{12}$ 倍であった。このときの距離 d は、半径 r の何倍か。答えに根号 $\sqrt{\quad}$ が出てきたときには、そのままよい。
- (4) 距離 d が、半径 r に比べて十分大きいとき (図において円の右、十分遠方から音を聞くとき) 観測される振動数を時間 t の関数で表せ。ただし、音源 S が Q に一番近い点を通過するときを時刻 0 とし、 S が出た音が、観測者 O に達するまでの時間は、 S の位置に関係なく一律に t_0 とし、 $t \geq t_0$ の範囲で答えよ。



化 学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。

$$\text{アボガドロ定数 } N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$$

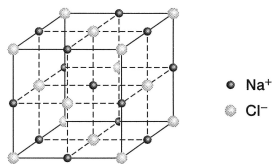
$$\text{気体定数 } R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

$$\text{原子量 } H = 1.0 \quad C = 12 \quad O = 16 \quad Na = 23 \quad Cl = 35.5$$

$$\sqrt{2} = 1.4 \quad \sqrt{3} = 1.7 \quad (2.9)^3 = 24.4 \quad (5.8)^3 = 1.95 \times 10^2 \quad 1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm}$$

I 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 右図は塩化ナトリウムの単位格子を表している。ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- 間には静電気力(クーロン力)が働いていて、イオン結晶を作っている。 Na^+ は、希ガス元素のネオン原子、 Cl^- は、希ガス元素のアルゴン原子と同じ電子配置をとる。1 個の Na^+ に注目すると、1 個の Na^+ に最も接近している Cl^- の数、2 番目に接近している Na^+ の数、3 番目に接近している Cl^- の数、4 番目に接近している Na^+ の数はそれぞれ (ア) 個、(イ) 個、(ウ) 個、(エ) 個である。 NaCl 結晶を構成している Na^+ 、 Cl^- のイオン半径はそれぞれ 0.12 nm、0.17 nm であり、 Na^+ どうし、 Cl^- どうしは接せずに、 Na^+ に最も接近している Cl^- が接しているとする、最も近い Na^+ どうしの中心間距離は (オ) nm であり、この結晶の密度は (カ) g/cm^3 となる。



- (a) 下線部より、アルゴン原子と同じ電子配置を持つイオンは、 Cl^- の他に、 S^{2-} や K^+ がある。 Cl^- 、 S^{2-} 、 K^+ をイオン半径の小さい順に並べ替えよ。また、そのように並べた理由を簡潔に述べよ。
- (b) 文中の(ア)～(エ)に適する数値を答えよ。
- (c) 文中の(オ)、(カ)に適する数値を有効数字2桁で答えよ。
- (d) NaCl 結晶 1mol を分解して、 Na^+ と Cl^- の気体にするのに必要なエネルギーを NaCl (固)の格子エネルギーという。次の記述①～⑤の各反応熱を参考にし、 NaCl (固)の格子エネルギー $Q[\text{kJ}/\text{mol}]$ の値を整数値で求めよ。ただし、 $Q > 0$ とする。

- ① Na (固)の昇華熱：89 kJ/mol
- ② Na (気)のイオン化エネルギー：496 kJ/mol
- ③ Cl (気)の電子親和力：349 kJ/mol
- ④ Cl_2 (気)の結合エネルギー：244 kJ/mol
- ⑤ NaCl (固)の生成熱：413 kJ/mol

化 学 (問題用紙 2)

問(2) 塩化ナトリウムは、食塩の主成分であり、家庭では調味料として使われているほか、医療現場でよく使われている生理食塩水は、血液・組織液と浸透圧の等しい①約 0.90%の食塩水であり、水分欠乏時の点滴、静脈内注射、注射薬の基剤や外用の洗浄剤として使用されている。また、工業的な資源としても重要で、塩酸や炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウムの原料として大量に消費されている。塩酸の溶質である塩化水素は、工業的には水素と塩素を直接反応させてつくられるが、実験室では、②濃硫酸に塩化ナトリウムを加えて加熱すると得られる。また、③炭酸ナトリウムは、原料である塩化ナトリウムを用い、工業的に製造することができる。その方法の工程を次に示す。

工程 I 塩化ナトリウムの飽和水溶液に、④ NH_3 を十分に吸収させてから、 CO_2 を吹き込むと、溶解度の小さい炭酸水素ナトリウムが沈殿し、副生成物として NH_4Cl が生成する。

工程 II 生成した炭酸水素ナトリウムの沈殿を焼いて炭酸ナトリウムを得ると同時に、工程 I で消費した CO_2 の半分量の CO_2 を回収する。

工程 III 石灰石を熱分解して、 CaO と工程 I に用いる半分量の CO_2 を補う。

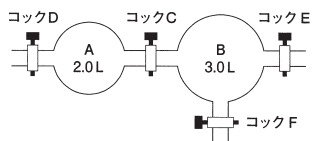
工程 IV 工程 III で生成する CaO は、水と反応させて $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とする。

工程 V 工程 IV で生成した $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と、工程 I で生成した NH_4Cl と反応させると、最初に使用した NH_3 の全量を回収することができる。

- (a) 下線部①より、0.90%の食塩水の沸点を小数第 2 位まで求めよ。ただし、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとし、水の沸点は 100.00°C 、水のモル沸点上昇 $K_b = 0.52 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。
- (b) 下線部②の反応を化学反応式で記せ。
- (c) 下線部③の炭酸ナトリウムの工業的製法を何とよいか。
- (d) 下線部④より、 CO_2 を NH_3 より先に吹き込むのではなく、 CO_2 より先に NH_3 を吸収させる理由を簡潔に述べよ。
- (e) 下線部③より、原料である塩化ナトリウムの 80%が炭酸ナトリウムになるとする。炭酸ナトリウム $1.0 \times 10^2 \text{ kg}$ を製造するために必要な塩化ナトリウムの質量を有効数字 2 桁で求めよ。

化 学 (問題用紙 3)

II 図に示すように、容器A (内容積 2.0 L) と容器B (内容積 3.0 L) がコックCによって連結されており、容器AにはさらにコックD、容器BにはコックE、コックFがそれぞれついている。操作前、容器A、B内は真空状態であり、すべてのコックは閉じている。また、容器A、B内の温度はいずれも 27℃である。容器A、Bは圧力により容積は変化せず、コックのある部分の容積は無視できるものとする。



気体はすべて理想気体とし、気体の溶解による水の体積変化は無視できるものとする。

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ

<操作 1>

コックDを開き、容器Aに 2 : 1 の体積比で混合したプロパンとアルゴンの混合気体を入れた後、コックDを閉じ、容器A内の圧力をはかると $3.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。

<操作 2>

コックEを開き、容器Bに酸素を入れ、コックEを閉じた。

<操作 3>

コックCを開き、容器A、B内の気体が十分に混合された後、圧力をはかると、 $7.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。

<操作 4>

この混合気体に点火し、混合気体中のプロパンを完全燃焼させたのち、容器の温度を 27℃に保ったところ、水が存在していた。

<操作 5>

コックEから水を入れ、容器B内の 1.0 L 分を水で満たし (操作 4 により生成した水の体積は無視できるものとする)、容器B内から気体が逃げないようにコックEを閉じた。その後、温度を 27℃に保ちながら長時間放置すると、いくらかの二酸化炭素が溶解した。ここで、二酸化炭素以外の気体の水に対する溶解は考えないものとする。

<操作 6>

コックFから二酸化炭素が溶解した水溶液 250 mL を流し、その水溶液に 0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に中和させたところ、400 mL を要した。

化 学 (問題用紙 4)

- (1) 操作 1 より、コック C を開く前の容器 A 内のプロパンの物質量を求めよ。
- (2) 操作 2 より、容器 B 内の酸素の圧力を求めよ。
- (3) 操作 4 より、燃焼後に、容器内に残った酸素の物質量を求めよ。
- (4) 操作 4 より、燃焼後の容器内の全圧を求めよ。ただし、全圧に対する水蒸気圧は無視できるものとする。
- (5) 操作 6 より、コック F から流した水溶液 250 mL に溶解していた二酸化炭素の物質量を求めよ。
- (6) 操作 5 より、操作 6 を行う直前における容器 B 内の気体の二酸化炭素の分圧を求めよ。

化 学 (問題用紙 5)

Ⅲ 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 芳香族化合物 **A** を適当な条件で加水分解したところ、化合物 **B**、**C**、**D** が得られた。得られた化合物について調査したところ、次のようなことが判明した。

化合物 **B** について

化合物 **B** は酸性を示し、分子内で容易に脱水反応を起こし、化合物 **E** となった。この化合物 **E** は、酸化バナジウム(V)を触媒とし、ベンゼンを空気酸化することでも得られる。①化合物 **B** には、互いに幾何異性体の関係にある化合物 **F** が存在する。

化合物 **C** について

化合物 **C** は、次のような手順で合成される。

- ベンゼンとプロペンを反応させて得られる化合物 **G** を酸化し、酸によって分解することで、化合物 **H** を得た。このとき、副生成物として、ア も同時に生成した。
- 得られた化合物 **H** に混酸を加えると、2種類の生成物 **C** と **I** が得られた。これらのベンゼン環上の水素原子1つを臭素に置換させた化合物に関して、**C** では2種類、**I** では4種類の異性体が考えられる。

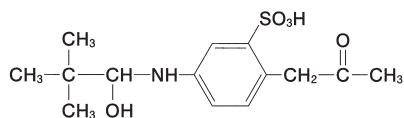
化合物 **D** について

化合物 **D** を元素分析したところ、成分元素の質量百分率は、炭素 40.0%、水素 6.7%、酸素 53.3%であり、分子量は 100 以下であることが判明した。また、化合物 **D** は②光学異性体を持つことがわかった。

また、条件を変えて化合物 **A** の加水分解を行ったところ、選択的に1箇所だけ加水分解され、2種類の化合物が得られた。そのうち、分子量の大きな化合物には、光学異性体の存在は確認されなかった。

- (a) 化合物 **A**、**B**、**C**、**D** の構造式を例にならって示せ。ただし、化合物 **B** の構造式については、化合物 **F** との違いがはっきり分かるように記すこと。

【例】構造式の示し方



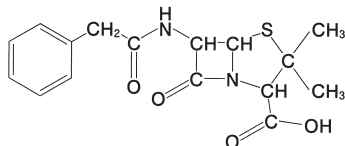
- (b) 下線部①に関して、化合物 **B** と **F** の融点を比較すると、片方が 130℃なのに対し、もう一方は 200℃と大きく異なる。どちらの沸点が高くなるのか。その理由も合わせて以下の語句の中から適切なものを選び、簡潔に述べよ。

[電気陰性度 電子親和力 水素結合 ファンデルワールス力 分子内 分子間 分子量]

化 学 (問題用紙 6)

(c) ア に該当する副生成物の名称を答えよ。

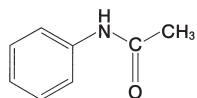
(d) 下線部②に関して、このような異性体を生じるために必要な炭素原子の名称を答えよ。また、下図の構造式で表される有機化合物（ペニシリン）には、その炭素原子が何個存在しているか。



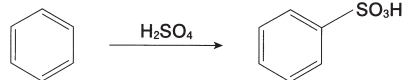
(e) 芳香族化合物は、様々な医薬品の原料にも利用されている。下図のアセトアニリドも、解熱作用や鎮痛作用をもつ物質として、かつては医薬品として利用されていた。ベンゼンを原料とし、アセトアニリドを合成するときの合成経路を 4 段階で示せ。ただし、必要な試薬は次の中から選び、答案の書き方は、例を参照すること。また、溶液の濃度については、解答用紙に表示する必要はない。

【試薬】 NaOH NH₃ HCl HNO₃ H₂SO₄ Zn Sn Na CH₃COOH (CH₃CO)₂O

【例】 反応式の示し方



アセトアニリド



化 学 (問題用紙7)

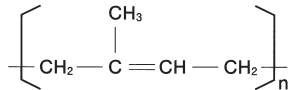
問(2) 次の文章は、合成高分子に関する記述である。

- i) ペットボトルの原料として利用されている は、エチレングリコールとテレフタル酸を縮重合させて合成される高分子化合物であり、分子内にエステル結合を有する。加熱によって軟化するため、熱可塑性樹脂とよばれる。
- ii) ポリアミド系合成繊維の代表である は、アジピン酸ジクロリドとヘキサメチレンジアミンを重合させることによって合成される。また、同様の性質をもつ合成繊維として、カプロラクタムを開環重合させることで得られる繊維も知られている。
- iii) 日本で開発された合成繊維のひとつとして が挙げられる。この合成繊維は、次の4段階 (①～④) により合成される。
- ① アセチレンに酢酸を付加させて酢酸ビニルを合成する。
 - ② 酢酸ビニルを付加重合させ、ポリ酢酸ビニルを合成する。
 - ③ ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液でけん化して、ポリビニルアルコールを合成する。
 - ④ ポリビニルアルコールをホルムアルデヒドでアセタール化することで、 が合成される。

(a) ～ に入る適切な語句を答えよ。

(b) と の構造式を、下の例にならって示せ。

【例】構造式の示し方



(c) を合成するとき、反応容器に加えると反応の効率や収率が大きくなるものはどれか。次の中から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 濃硫酸 ② 水酸化ナトリウム ③ 酸化マンガン(IV) ④ 酸化鉄(III)

(d) 下線部のポリビニルアルコールは、ビニルアルコールが付加重合した分子構造をもつ。しかし、ビニルアルコールから直接ポリビニルアルコールを合成することはできず、上記で示した合成経路で合成されている。なぜビニルアルコールを直接付加重合させることができないのか。その理由を簡潔に述べよ。

(e) 10 t のアセチレンを原料とし を合成した。ポリビニルアルコールを合成するまでの各段階それぞれの収率が80%であったと仮定し、最後のアセタール化によって、ヒドロキシ基の40%が反応したとする。得られる の質量を有効数字2桁で求めよ。

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は 4 枚ある >

< 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。

光合成の過程は、葉緑体のチラコイド膜で起こる反応とストロマで起こる反応に分けられる。図1はチラコイド膜で起こる反応を模式的に示す。なお、この問題の模式図では、各物質の分子数は考慮せず、水素イオンの動きも、一部省略している。

光エネルギーにより活性化した反応系 **A** では水が分解され、酸素と電子、水素イオンが生じる。同じく、光エネルギーにより活性化した反応系 **B** で生じた電子は、最終的にNADP⁺に渡され、NADPHが生じる。電子を失った反応系 **B** は、反応系 **A** から電子を受け取り、還元された状態に戻る。反応系 **A** から反応系 **B** を通ってNADP⁺まで電子が運搬される経路を、**C** と呼ぶ。この過程で、水素イオンがチラコイド膜を横切って輸送される。

図 1

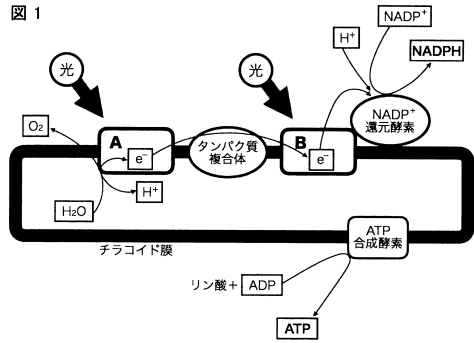
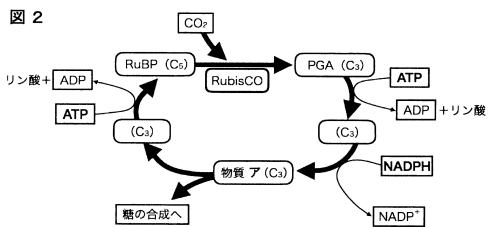


図2は、ストロマで起こる反応を模式的に示す。ストロマではCO₂がリブブロス二リン酸 (RuBP) と結合し、2分子のホスホグリセリン酸 (PGA) に分解される。この反応を触媒する酵素はRubisCOと呼ばれる。PGAはチラコイド膜で起こる反応でつくられたATPのエネルギーと、NADPHの還元作用を利用して、物質 **ア** となり、一部が糖の合成に利用される一方、残りはATPのエネルギーによって再びRuBPに戻る。ストロマで起こる反応は回路反応系であり、**D** と呼ばれる。反応系 **D** に6分子のCO₂が取り込まれると、PGAが **イ** 分子生じる。

図 2



RubisCOは一般の酵素に比べて触媒効率が **ウ** ため、光合成の反応速度を上げるために、ストロマに多量に含まれる。また、RubisCOは反応基質としてO₂も利用でき、その場合はRuBPを酸化させてPGAとホスホグリコール酸を生じさせる。CO₂とO₂は、RubisCOの同一の活性部位で拮抗的に反応するため、両者の分圧比によってどちらの反応が起こるかが決まる。ホスホグリコール酸から、各種物質を経てCO₂が放出され、ATPのエネルギーを利用して、最終的にPGAが合成される。図3に示すこの反応は、**エ** と呼ばれる。

図 3

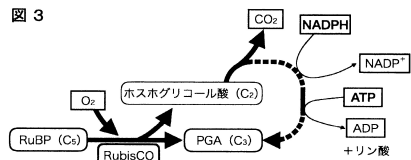
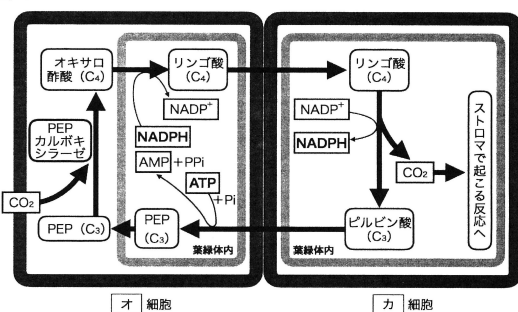


図4は、トウモロコシで行われているCO₂の固定反応経路を表す。Piはリン酸、PPiは二リン酸を示す。空気中のCO₂は、まず **オ** 細胞内のPEPカルボキシラーゼによってホルホエノールピルビン酸 (PEP) に取り込まれ、生じたオキサロ酢酸はリンゴ酸に変換されて、**カ** 細胞に運ばれる。リンゴ酸は、**カ** 細胞内の葉緑体中で二酸化炭素を放出してピルビン酸となり、再び **オ** 細胞に運ばれPEPとなる。この経路はC4経路 (NADP-ME型C4経路) と呼ばれ、ストロマで起こる反応とは独立している。

図 4



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 2)

- 問 1. 文章中の反応系 ～ の名称を答えよ。
- 問 2. 文章中の ～ に入る最も適切な語句または数値を、解答欄に記入せよ。
- 問 3. 下線部の水素イオンの輸送は、どちらの側からどちらの側に向かうか。葉緑体の構造名を用いて答えよ。
- 問 4. 図1でチラコイド膜を貫通するATP合成酵素は、あるイオンの濃度勾配によってATPを産生する。この仕組みは、ミトコンドリアがATPを産生する仕組みと共通である。ミトコンドリアでATPが産生されるとき、このイオンの濃度が最も高くなるのは、この細胞小器官のどの部分か。
- 問 5. に関する次の文のうち、正しいものを全て選び、番号で答えよ。
- ① は、O₂を消費しCO₂を放出する、エネルギー生産反応である。
 - ② は、強光下でより強く起こる。
 - ③ は、反応系 を促進する。
 - ④ は、光合成速度に影響を与えない。
 - ⑤ は、気孔を閉じたときにより強く起こる。
 - ⑥ は、CO₂濃度が低いときにより強く起こる。
- 問 6. 細胞と 細胞に関する次の文章のうち、正しいものを全て選び、番号で答えよ。
- ① 細胞の葉緑体では、デンプンの合成が活発に行われる。
 - ② 細胞は夜間のみ気孔を開き、CO₂の取り込みを行う。
 - ③ 細胞のPEPカルボキシラーゼは、RubisCOと比べ酵素活性が高い。
 - ④ 細胞の細胞壁はCO₂を透過させにくい。
 - ⑤ 細胞内のCO₂濃度は、 細胞より 細胞の方が高い。
- 問 7. トウモロコシでは、 はどのようになるか。「促進」か「抑制」かを答え、その理由を70字以内で説明せよ。

II. 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ある健康な人の血しょうと尿の成分を調べると、下の表のような結果であった。インスリンは本来ヒトの体内では利用されない物質で、静脈に注射するとすべてろ過されるが、再吸収されずにただちに尿中に排出される。この人に検査のためインスリンを静脈注射したところ、血しょう中の濃度が0.1%、尿中での濃度が12%となった。なお、血しょう・尿ともに密度は常に1g/mLであり、尿は1時間に60mL生成されるものとする。また、腎臓で血しょうから原尿へとろ過される際に、透過する物質に関しては、原尿中での濃度が血しょう中での濃度と等しいとする。

成 分	血しょう中の濃度 (%)	尿中の濃度 (%)
タンパク質	7.2	0
グルコース	0.1	0
カルシウムイオン	0.008	0.014
クレアチニン	0.001	0.075
尿素	0.03	2
尿酸	0.004	0.054

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

問 1. 腎臓でのろ過と再吸収における物質の流れの向きについて、次の①～⑧から正しい組合わせを選び、番号で答えよ。

組合わせ	ろ 過	再 吸 収
①	ボーマンのう → 糸球体	細尿管 (腎細管) → 毛細血管
②	ボーマンのう → 糸球体	毛細血管 → 細尿管 (腎細管)
③	ボーマンのう → 細尿管 (腎細管)	集合管 → 毛細血管
④	ボーマンのう → 細尿管 (腎細管)	毛細血管 → 集合管
⑤	糸球体 → ボーマンのう	細尿管 (腎細管) → 毛細血管
⑥	糸球体 → ボーマンのう	毛細血管 → 細尿管 (腎細管)
⑦	細尿管 (腎細管) → ボーマンのう	集合管 → 毛細血管
⑧	細尿管 (腎細管) → ボーマンのう	毛細血管 → 集合管

問 2. 尿酸の濃縮率を、四捨五入して小数第1位まで求めよ。また、前頁の表中の成分のうち濃縮率の高いものを、最も高いものから順に、不等号(>)を付けて3つ挙げよ。

問 3. 1日あたり何Lの原尿が生成されるか。四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 4. 原尿中のグルコース、水、尿素の再吸収率(%)を、それぞれ四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 5. 水の再吸収率が5%減少すると、尿量は何倍になるか。四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 6. カルシウムイオンの1日あたりの再吸収量(g)を、四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 7. ナトリウムイオンの濃度は、血しょう中と尿中とでほとんど変わらない。この理由を25字以内で答えよ。

III.

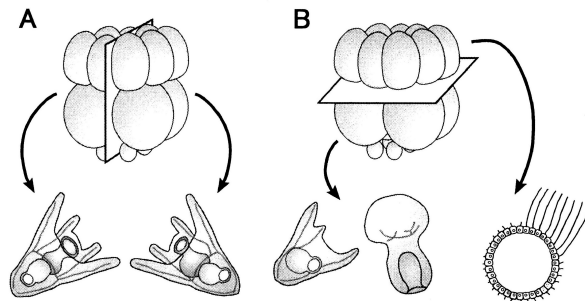
次の文章を読んで下の問いに答えよ。

発生実験でウニ卵を用いるのは、ア が少なく透明なので、内部構造が観察しやすいからである。繁殖期のウニの口器周辺を切り取り、そこに4%のイ 溶液またはアセチルコリン溶液を滴下することで放卵・放精させた。卵を集め、それにかけて受精させると、数分で受精卵の表面に受精膜が形成された。しばらくすると卵割が始まった。第1卵割と第2卵割はウ 割、第3卵割はエ 割であった。その後胚に第4卵割が起こり、動物半球はオ 割を、植物半球はカ 割をして16細胞期胚になった。胚はさらに卵割を繰り返し、内部にキ と呼ばれる空所をもつ胞胚になった。胞胚を構成する細胞には繊毛が生えており、胚はゆっくりと回転し始めた。その後、植物極側の細胞層がク 内に落ち込み、ク が始まった。また、胞胚期に植物極付近からキ 内に遊離した一部の割球は一次ケ となった。ク が進むにつれ内部に原腸ができた。原腸胚の中期において、原腸の先端に生じた二次ケ の細胞は、糸状の仮足をコ 胚葉に向かって伸ばし、コ 胚葉に達すると、仮足が収縮して原腸を引き上げク が進行した。その後、いくつかの幼生段階と変態を経て、成体となった。

ウニを用いて、以下の3つの実験を行った。

【実験 1】

右の模式図で示した16細胞期の胚を、Aに示した分離面で2つに分けると、それぞれの部分から完全な幼生が生じた。一方、16細胞期の胚を、Bに示した面で2つに分けると、動物極側の分割胚では原腸形成が起こらず、長い繊毛をもった胞胚で発生が停止した。



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 4)

Ⅲ. の続き

Bの植物極側の分割胚では原腸形成が起こったが、多くの胚は腸の広がった不完全な幼生になった。また、ウニの受精卵を塩化リチウム(LiCl)を含む海水中で発生させると、全ての胚が腸の広がった不完全な幼生になった。一方、ロダン酸ナトリウム(NaSCN)を含んだ海水で処理してから発生させると、図のBの動物極側の分割胚と同様な発生が見られた。

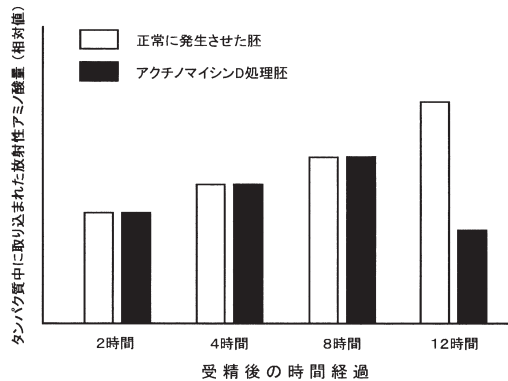
〔実験 2〕

アクチノマイシンDは、DNAの転写過程を阻害する化合物で、翻訳過程には影響を与えない。一定の条件下で、未受精卵をアクチノマイシンDで3時間処理し、受精させたのち、再びアクチノマイシンDの存在下で発生を行わせた。この処理によって、アクチノマイシンDの効果は受精後のすべての過程で保たれる。このように処理された胚(アクチノマイシンD処理胚と呼ぶ)では、原腸形成が起こらず、胞胚で発生が停止した。

〔実験 3〕

ウニ卵の受精後の経過時間と発生の段階を下の表に示す。胚の発生におけるDNAの転写の役割を調べるため、正常な胚とアクチノマイシンD処理胚を、受精後2時間、受精後4時間など、発生の途中の段階で集め、一定の短い時間だけ放射性同位体を含むアミノ酸を取りこませた。次に、胚のタンパク質を抽出して、その中に含まれる放射性アミノ酸の量を測定し、それぞれの発生段階における一定量のタンパク質当たりの放射性アミノ酸の量を計算した。下の図は、正常に発生させた胚とアクチノマイシンD処理胚における、タンパク質中に取り込まれた放射性アミノ酸の割合を、受精後の各時間で比較したものである。どちらの胚も、受精後10時間で胞胚期に達しており、正常胚ではそれ以降に原腸形成が起こった。

受精後の時間経過	発生の段階
1時間	2細胞期
1時間40分	4細胞期
2時間20分	8細胞期
3時間	16細胞期
10時間	胞胚期
24時間	プルテウス幼生期



問 1. 文章中の ～ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。ただし、 ～ については、「経」と「緯」から選べ。

問 2. 〔実験 1〕で、ウニの受精卵をLiClを含む海水で発生させた場合に、腸の広がった不完全な幼生ができた理由を、75字以内で説明せよ。

問 3. 〔実験 2〕の結果から、受精卵から胞胚までの発生段階と、原腸胚を形成する段階における遺伝子の転写について何がわかるか。75字以内で答えよ。

問 4. 〔実験 2〕と〔実験 3〕の結果から、受精卵が胞胚期まで到達する間に翻訳に使われるmRNAの由来についてどのようなことがわかるか。25字以内で答えよ。

問 5. 〔実験 2〕と〔実験 3〕の結果から、原腸形成に関わるタンパク質に翻訳されるmRNAの由来についてどのようなことがわかるか。25字以内で答えよ。

(以上)