

## 令和4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31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、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 密度  $\rho$  の均質な材質でできている、大きさの異なる直方体の物体 A, B がある。底面積はそれぞれ  $S, S/2$  であり、高さはそれぞれ  $h, h/2$  である。図 1 のように A を水に静かに浮かべた。水の密度を  $\rho_0$ 、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えよ。途中の考え方も記せ。ただし、水を入れた容器はじゅうぶんに大きいので、A, B の浮き沈みによる水面の高さの変化はないものとし、A や B の運動に対して水がおよぼす抵抗力は無視できるとする。

問 1 水面から A の下面までの距離を求めよ。

問 2 続いて、図 2 のように A の上に B を静かにのせたところ、水面から A の下面までの距離が  $\frac{3}{4}h$  のところで静止した。 $\rho$  は  $\rho_0$  の何倍か。

このときの B の上面の位置を基準として、そこからの、鉛直下向きに B の上面の変位を  $z$  とする。

問 3 さらに B に対して、手で上から  $z$  軸方向に力を加えて、A と B をゆっくり沈め、B の上面が水面から深さ  $d$  となる位置で静止させた。B の上面が  $z=0$  から深さ  $d$  に沈むまでの、B が手におよぼす力の大きさ  $F$  の変化を、解答用紙の所定欄に図示せよ。ただし、図中の目盛りを適切に決め、A の上面、B の上面がそれぞれ水面を通過する時の  $z$  と  $F$  の値を軸上に明示すること。その際、 $\rho$  は用いないこと。

問 4 その後、手を離れたところ、A と B は一体のまま上昇し、ちょうど A の下面が水面に達したときに速さが 0 になった。深さ  $d$  を求めよ。

問 5 その後, A と B は一体のまま再び沈みはじめた。このときの時刻を  $t=0$  とすると, B の上面が, はじめて  $z=0$  にもどるまでの時間はいくらか。ただし  $\rho$  と  $d$  は用いないこと。

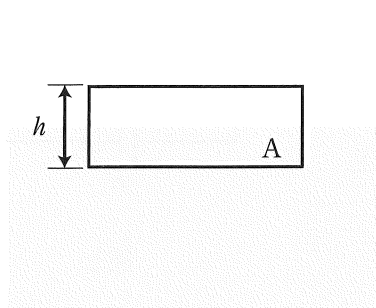


図 1

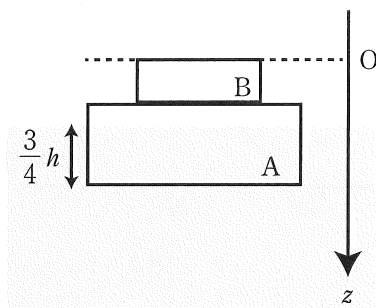


図 2

Ⅱ 図1のような電流電圧特性をもつダイオードXを用いた回路について、以下の問に答えよ。途中の考え方も記せ。

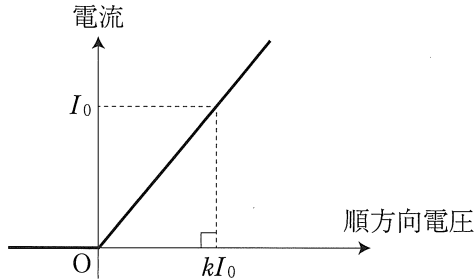


図1

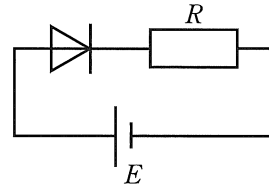


図2

問1 図2のような、ダイオードX、起電力 $E$ の電池、抵抗値 $R$ の抵抗からなる回路に流れる電流の大きさはいくらか。

図3のような、ダイオードX、抵抗値 $R$ の抵抗、電気容量 $C$ のコンデンサー、周期 $T$ の交流電源、スイッチからなる回路がある。回路内の電位は、接地点を基準とする。はじめスイッチは開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。

問2 次の条件のとき、抵抗を流れる電流の向きを図3中のア、イを用いて答えよ。またその大きさを求めよ。

- (i) 点Aの電位がある正の値 $V_1$ であるとき
- (ii) 点Aの電位が $-V_1$ であるとき

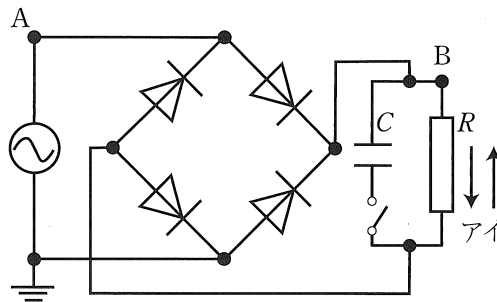


図3

A の電位の時間変化を測定すると図 4 のようになった。

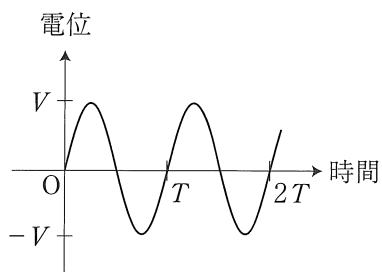
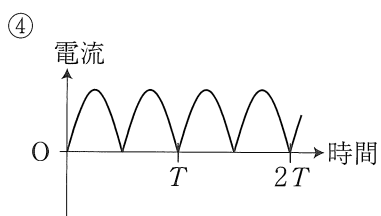
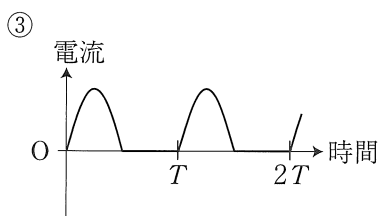
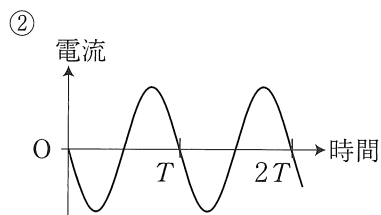
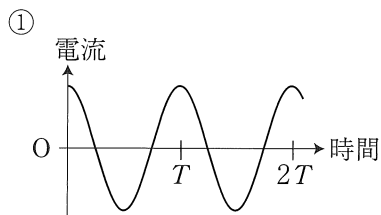


図 4

問 3 抵抗を流れる電流の時間変化を表すグラフとして適切なものを以下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、問 2(i)で選んだ向きを電流の正の向きとする。また、このときの抵抗での消費電力の時間平均を求めよ。



問 4 次にスイッチを閉じた。じゅうぶんに時間がたった時刻  $t_0$  から  $t_0 + 2T$  の間の、図 3 の点 B の電位の変化の概略を解答欄に図示せよ。解答欄の図の破線は、A の電位の変化を表している。

Ⅲ 図1のように、大気中(屈折率1)に置かれた平面ガラス(屈折率 $>1$ )の上に、一方が平面で他方が半径 $r$ の球面の一部からなる平凸レンズ(屈折率 $>1$ )をのせ、真上から単色光を入射させる。これを真上から観察すると、接点 $O$ を中心とした同心円状の明暗の環が見えた。以下の問いに答えよ。途中の考え方も記せ。

問1  $O$ から平面ガラスに沿って距離 $x$ だけ離れた点における、平面ガラスの上面と球面の距離 $t$ を、 $x$ と $r$ を用いて表せ。 $t$ は $r$ に比べてじゅうぶん小さい。ただし、 $a$ が1よりじゅうぶん小さいとき、 $\sqrt{1+a}=1+\frac{1}{2}a$ としてよい。

問2 入射光の波長が $\lambda$ であるとき、 $O$ から $m$ 番目( $m=1, 2, 3, \dots$ )の明環の半径を、 $m, r, \lambda$ のうちの必要なものを用いて表せ。

ヒトの目の網膜には、赤色、緑色、青色の3つの波長領域の光にそれぞれ反応する視細胞がある。この3種類の視細胞が同じ程度に反応したとき白色と感じる。3種類の視細胞の反応の度合いの組み合わせが、色の感覚の違いとなる。図2に、赤色、緑色、青色の光の組み合わせと、ヒトが感じる色の関係を示す。白色と感じる光から赤色の光を取り除くと空色を感じることになる。

波長を380 nm から770 nm まで連続的に変えた光を、図1の組み合わせレンズに入射させ、観察できた明環の位置 $x$ を波長に対しまとめたものが図3である。白い部分は観察者が明るさを感じた明環、灰色の部分は明るさを感じなかった暗環を表している。

問3 470 nm, 540 nm, 670 nm の3つの波長からなり、ヒトが白色と感じる光を入射させた。次の $x$ での環の色として最も適当なものを図2の色名で答えよ。暗環の場合は暗と答えよ。①  $x=5.0$  mm, ②  $x=7.0$  mm, ③  $x=9.0$  mm

問4 平凸レンズを、球面の半径が $r'$ である別の平凸レンズに交換し、波長660 nm の単色光を入射させたところ、 $x=9.9$  mm で $O$ から6番目の明環が観察できた。 $r'$ を求めよ。

問 5 次に、単色光を追加したところ、 $x=9.9$  mm の明環の色が黄色になった。  
追加した単色光の波長を求めよ。

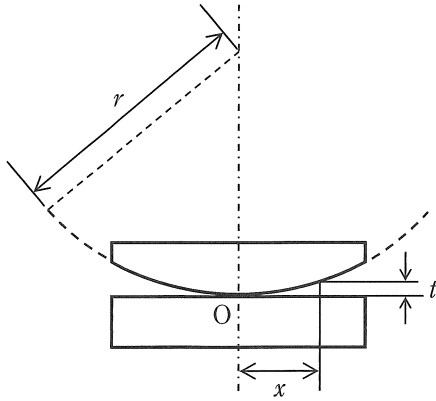


図 1

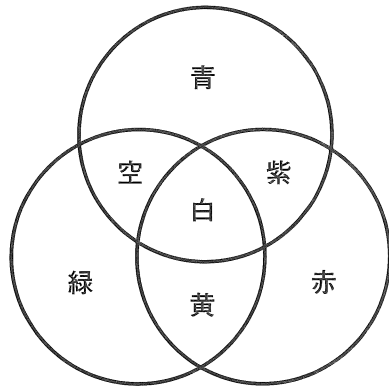


図 2

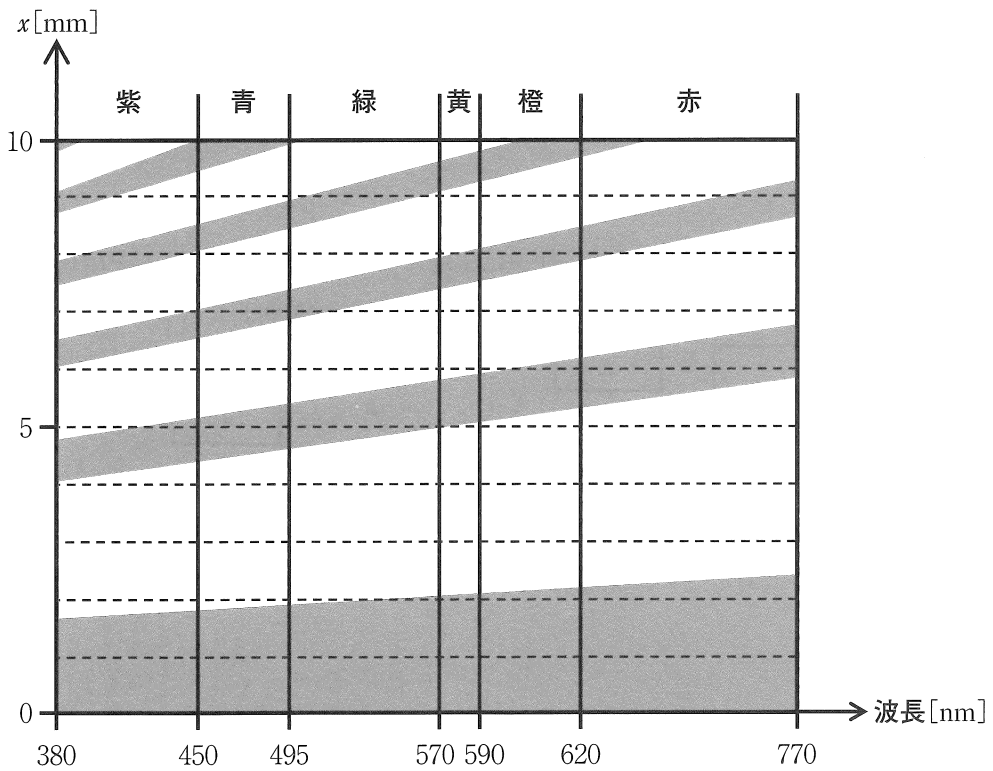


図 3

IV 両端に電極が組み込まれたガラス管(放電管)に希薄な気体を閉じ込め、数千Vの電圧をかけると、放電管の中に発光が現れる。気体の圧力を減らしていくと発光は消えて、放電管のガラス壁が黄緑色に発光する。これは、陰極から何か飛び出してくることによると考えられ、この「何か」は陰極線と名づけられた。

陰極線は負の電荷を持つ原子より小さい粒子であるという仮説を立てたトムソンは、陰極線の粒子の質量の測定は困難だと考え、粒子の質量  $m$  と電気量の大きさ  $e$  の比の測定を試みた。図はトムソンが用いた放電管の模式図である。Cは陰極、Aは開口付きの陽極、Sはスリット付き金属栓である。Sより右側の領域には磁束密度  $B$  の一様な磁場がかけられている。Cから出て、Aの開口を通過した粒子は一定の速さ  $v$  でSに到達する。1秒間にある断面を通り過ぎる粒子の数を  $N$  とする。1秒間に運ばれる電気量の大きさ  $Q$  は、

$$Q = \boxed{\text{ア}} \quad (1)$$

と与えられる。陰極線は固体に衝突すると熱を発する。粒子の運動エネルギーが全て熱に変わるとするならば、1秒間に発生するエネルギー  $W$  は、

$$W = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

と与えられる。

Sのスリットを通過した陰極線の軌道は磁場により曲げられる。粒子が磁場中で半径  $r$  の円軌道を描くとすると、粒子の円運動の運動方程式は、

$$\boxed{\text{ウ}} = \boxed{\text{エ}} \quad (3)$$

となる。(1)~(3)式を用いると、 $v$  は  $m$  と  $e$  を用いずに  $v = \boxed{\text{オ}}$  と表すことができるので、 $m$  と  $e$  の比は  $v$  を用いずに  $m/e = \boxed{\text{カ}}$  となる。トムソンは様々な条件で  $m/e$  を求めた。その値はほぼ一定となり、この結果から陰極線は同一粒子の集まりであるという結論を得た。現在、比電荷は  $e/m$  を用いるのが慣例となっている。

陰極線の研究をしていたドイツのある研究者は、放電管の電極に高い電圧をかけると放電管の近くに置いた蛍光板が光ることを発見した。2 m 離しても蛍光板は光ったことから、陰極線とは異なる未知の線が出ていると考えた。



問 1 文中のア～カの空欄に最も適した文字式をそれぞれの解答欄に記入せよ。

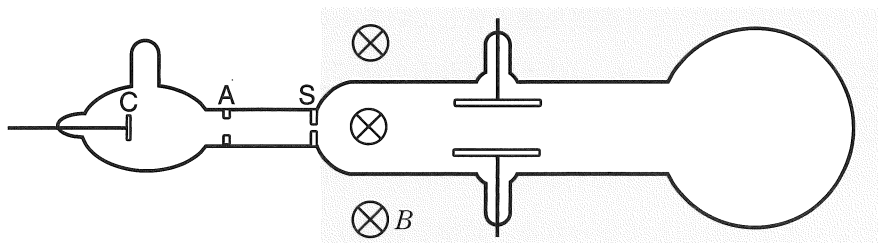
問 2 陰極線は電磁波ではないという根拠となる、放電管を用いた実験結果を全て選べ。適するものがなければ「該当なし」とせよ。

- ア 放電管内の圧力が高いと発生しない。
- イ 磁場をかけると軌道が曲がる。
- ウ あたった物質の温度を上昇させる。
- エ 直進する。
- オ 陰極の金属の種類を変えても発生する。
- カ 蛍光板にあたると光る。

問 3  $Q=7.5 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $W/Q=46 \text{ J/C}$ ,  $r=50 \text{ cm}$ ,  $B=4.6 \times 10^{-5} \text{ T}$  であるとき,  $v$  と  $m/e$  をそれぞれ求めよ。

問 4 下線部の未知の線の性質や特徴として正しいものを全て選べ。適するものがなければ「該当なし」とせよ。

- ア それ自体目で見える。
- イ 直進性がある。
- ウ 電場をかけると電場の方向と同じ方向に軌道が曲がる。
- エ 写真乾板やフィルムを感光させる。
- オ 磁場をかけても軌道は曲がらない。
- カ 鉛の厚い板も透過する。
- キ 電離能力を持つ。
- ク 電極への通電を止めてもしばらく存在する。



# 化 学 (前期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

Na = 23.0, Cl = 35.5, Ar = 40.0, K = 39.1, Cu = 63.6,

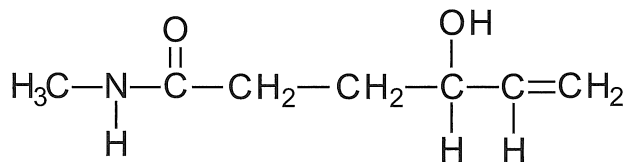
I = 126.9

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,  $\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$

また有機化合物を構造式で解答する場合に特別な指示がなければ、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

周期表の(ア)族に分類される元素に、窒素、(イ)、ヒ素などがあり、これらの原子はいずれも(ウ)個の価電子をもつ。

このうち窒素は様々な化合物として自然界に存在する。窒素の単体は大気の大気体積の約78%を占めるが、その反応性は低い。一方で窒素を含む化合物には、生命の維持やヒトの生活においても重要な働きをしているものが多い。例えば、アンモニアは窒素と水素を原料に(エ)法と呼ばれる方法で工業的に大量に合成されて、利用されている。

アンモニアから硝酸を合成することができる。市販の濃硝酸は、アンモニアと空気、そして水を原料にして作られる。硝酸を合成する反応は、3つの化学反応から

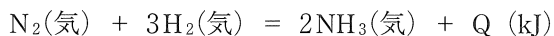
なっている。まずアンモニアと空気を混合した気体を、加熱した白金製の網(メッシュ)に通じると<sup>②</sup>気体 A が生じる。得られた気体 A を冷却後、さらに空気(酸素)と反応させると気体 B となる。この気体 B に水を霧状に吹きかけると、硝酸が得られる。このような一連の硝酸の合成方法は、(オ)法として知られている。

問 1 文中の空欄(ア)～(オ)に入る最も適切な語句や数を、それぞれ解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。

問 2 下線部①に対して、自然界においてはある種の生物により大気中の窒素はアンモニアへと変換されて、生態系に入り、多くの生物の生命現象に利用されている。その生物は、酵素反応を利用して大気中の窒素からアンモニアと水素を合成している。以下はその反応の一部を表した半反応式である。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ に入る値(整数)はそれぞれいくらか。解答欄(a)～(g)にそれぞれ答えなさい。



問 3 下線部①に関して、アンモニアが工業的に合成される際の反応を熱化学方程式で表すと以下ようになる。この時、気体の二酸化窒素の生成熱を  $x$  kJ、気体の水の生成熱を  $y$  kJ、気体のアンモニアの燃焼熱を  $z$  kJ とすると  $Q$  の値はいくらか。 $x$ 、 $y$ 、 $z$  を用いた文字式で表し、解答欄に答えなさい。



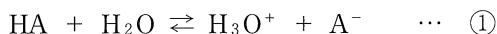
問 4 下線部②の一連の化学反応が進むと、それぞれの窒素化合物中の窒素原子の酸化数はどのように変化するか。解答欄のそれぞれ対応する欄に答えなさい。

問 5 ある市販の濃硝酸の製品ラベルには、質量パーセント濃度で 60.0 % の硝酸を含み、その密度は  $1.26 \text{ g/cm}^3$  であると書かれていた。この濃硝酸 500 mL を製造するためには、 $30.0^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  で何 L のアンモニアが必要であるか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

II 次の[文章1]～[文章3]を読み、問1～問5に答えなさい。

[文章1]

ある1価の酸HAの $5.0 \times 10^{-2}$  mol/Lの水溶液がある。この水溶液では、以下の反応式①で示すような平衡にあり、この条件下での酸HAの電離定数 $K_a$ は $1.8 \times 10^{-4}$  mol/Lであった。

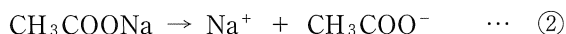


問1 この水溶液における酸HAの電離度はいくらか、有効数字2桁で答えなさい。

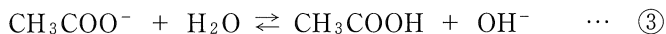
問2 ブレンステッド・ローリーの定義にしたがい、式①において塩基とみなされる分子またはイオンをすべて選び解答欄に答えなさい。

[文章2]

酢酸のナトリウム塩である酢酸ナトリウムを水に溶かすと以下の反応式②のように電離する。



この時、酢酸イオンの一部は水と反応し、酢酸と水酸化物イオンを生じる。



この現象を塩の加水分解といい、反応式③の場合ではその平衡は大きく左に傾いているものの、ごく一部生成した水酸化物イオン $\text{OH}^-$ の影響で、溶液はアルカリ性を示すことになる。

この反応の平衡定数を $K_h$ とし、これを加水分解定数という。この加水分解定数 $K_h$ は、水のイオン積 $K_w$ および酸の電離定数 $K_a$ との間に $K_h = K_w/K_a$ の関係がある。

問 3 25℃において、0.200 mol/L の酢酸水溶液 20.0 mL と 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 20.0 mL とを混合し、そこへ純水を加えて 1.00 L とし、十分に混ぜ合わせた。

この混合溶液における水酸化物イオン濃度を有効数字 3 桁で解答欄(i)に、この混合溶液の pH の値を小数点以下第一位まで解答欄(ii)に、それぞれ答えなさい。ただし、25℃における酢酸の  $K_a$  を  $4.00 \times 10^{-10}$  mol/L とする。

[文章 3]

1 価のカルボン酸 A をアルコール B 1 と反応させて生じたエステル C 1 と、カルボン酸 A をアルコール B 2 と反応させて生じたエステル C 2 がある。それら 2 種類のエステルの分子量を測定したところ、いずれも 144 であった。

問 4 アルコール B 1 を酸化すると、カルボン酸 A が得られた。アルコール B 1 として、考えられるすべての構造を構造式で解答欄に答えなさい。

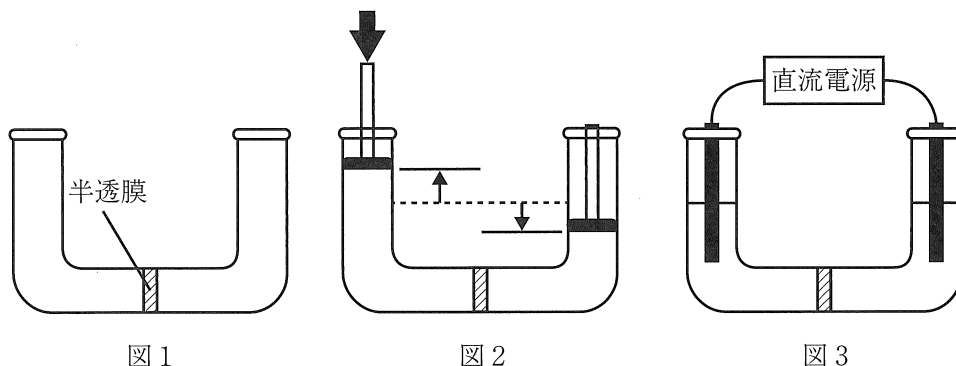
問 5 アルコール B 2 を酸化したところ化合物 D 2 が得られた。この化合物 D 2 はカルボン酸 A とは異なる物質で、その分子量はカルボン酸 A と比べて 15~20% 小さいと見積もられた。また、アルコール B 2 に少量の濃硫酸を添加して加熱すると主として炭化水素 E 2 が得られた。次に、この炭化水素 E 2 の構造を確認するために水と反応させて、その生成物を分析したところ、アルコール B 2 のみが確認された。

得られた炭化水素 E 2 として最も適切な構造を構造式で解答欄に答えなさい。ただし立体異性体を区別する必要はない。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

(ア)gのヨウ化カリウムをビーカーに量りとり、約800 mLの水で溶解した後に、全て(イ)に移し、水で1.00 Lにして、0.200 mol/Lのヨウ化カリウム水溶液を作製した。続いて、15.0 gのデンプンをビーカーに量りとり、約800 mLの水を入れて、かき混ぜながら透明になるまでガスバーナーでゆるやかに加熱した。室温まで冷却した後、このデンプン溶液を全て(イ)に移し、水で1.00 Lにした。さらに、(ウ)gのチオ硫酸ナトリウム五水和物をビーカーに量りとり、約800 mLの水で溶解した後に、全て(イ)に移し、水を加えて1.00 Lにした。これにより $1.25 \times 10^{-2}$  mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液を得た。

図1に示すU字管がある。このU字管は、内径が一定であり、斜線の部分が半透膜により仕切られている。このU字管を用いて以下の実験1と実験2を行った。



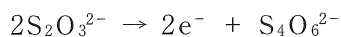
[実験1]

U字管の一方の開口部から先に作製したデンプン溶液を、他方からは水を、それぞれ100 mLずつ入れた。1時間後に観察したところ、一方の開口部の液面が上昇し、他方は下降していた。その後一定時間ごとに水面の変化を観察したところ、やがて変化が見られなくなった。そこで、U字管の両方にぴったりと適合するピストンを装着した(図2)。そして、液面が上昇していた管に装着した方のピストンに矢印(大)の方向に力をかけたところ、両方の水面の高さと同じになった。この時の圧力は、 $2.77 \times 10^3$  Paであり、この観察の間、室温は $27.0^\circ\text{C}$ で一定であった。

[実験 2]

100 mL のヨウ化カリウム水溶液の入ったビーカーに、100 mL のデンプン溶液を静かに注ぎ込み、よくかき混ぜて混合溶液を作製した。続いて、この混合溶液を 100 mL ずつ U 字管の両側の開口部より注ぎ入れた。このように U 字管に入れた混合溶液に、炭素棒を電極として浸した(図 3)。これらの電極から U 字管内の溶液に一定の大きさの直流電流を流したところ、一方の電極からは気体が発生し、もう一方の電極付近では溶液の色が変化した。その後、しばらくして通電を停止した。その状態で十分な時間静置したが、溶液の色の変化は他方へと移ることはなかつた<sup>①</sup>。その後、それぞれの極の溶液を別々のビーカーに全て回収し、それぞれをよく攪拌した。

次に、着色した方の溶液を(エ)を用いてコニカルビーカーへ正確に 10.00 mL を量り<sup>②</sup>とった。この溶液に、(オ)を用いて  $1.25 \times 10^{-2}$  mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液を滴下したところ、やがて溶液の色が消えた。この時の滴下量は、7.20 mL であった。この滴定では、チオ硫酸ナトリウム水溶液中のチオ硫酸イオン  $S_2O_3^{2-}$  が下の半反応式にしたがって反応したと考えられる。



問 1 文中の(ア)～(オ)に入る最も適切な数値や語句をそれぞれ解答欄(ア)～(オ)に書きなさい。数値で答える場合は、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 2 [実験 1]から、このデンプンの分子量を求め、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。なお、ピストンに伝えた力は全て溶液にかかるものとし、ピストンの重量や摩擦抵抗などは無視できるものとする。

問 3 [実験 2]において、溶液の色が変わった方に浸されている電極は何極であるか、解答欄(i)に答えなさい。また溶液の色が変わる要因となった反応名を解答欄(ii)に答えなさい。

問 4 [実験 2]の下線部②のチオ硫酸ナトリウム水溶液による滴定の際に、コニカルビーカー内で進行した反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 5 [実験 2]において、下線部①にある「十分な時間の静置」で U 字管の内部は平衡状態となったとする。この時、着色の見られた溶液の pH の値を解答欄(i)に、気体が発生していた方の溶液の pH の値を解答欄(ii)にそれぞれ小数第二位まで求め、答えなさい。





IV 以下の問 1～問 5 に答えなさい。

問 1 次の化合物のうち、沸点が最も高いものを解答欄(i)に、最も低いものを解答欄(ii)にそれぞれ(ア)～(カ)の記号で解答欄に答えなさい。

- (ア) 硫化水素                      (イ) 塩化水素                      (ウ) アンモニア  
(エ) メタン                          (オ) プロパン                      (カ) フッ化水素

問 2 2019 年 5 月にアボガドロ定数の定義が変更されたが、これまでアボガドロ数は 12 g の  $^{12}\text{C}$  に含まれる原子数を基準として決められていた。 $^{12}\text{C}$  の原子量を 12 とする基準 ( $^{12}\text{C} = 12$ ) に沿って求められた以下の各数量(ア)～(オ)について、この基準を  $^{12}\text{C} = 6$  に変更すると、それらの数量はどのようなになるか。数量が増加する場合は解答欄に「+」を、減少する場合は解答欄に「-」、変化しない場合は「0」とそれぞれ解答欄に答えなさい。

- (ア) 酸素 1 g 中の酸素原子の数  
(イ) 窒素 1 g 中の窒素原子の物質質量  
(ウ) ヘリウムの原子量  
(エ) 水素分子の水への溶解度  
(オ) 1 mol の塩化ナトリウムの質量

問 3 次の(ア)～(オ)の物質について、物質量の多い順に並べ、それぞれ解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 142 g の塩素  
(イ)  $3.01 \times 10^{24}$  個のナトリウム原子  
(ウ) 7.80 g のベンゼンを完全燃焼させたときに生成する二酸化炭素  
(エ) 標準状態 (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa) で 40.32 L のアルゴン  
(オ) 1 mol のエタノールを完全燃焼させたときに生成する水

問 4 耐圧性の容器内に充填された二酸化炭素を、以下の各条件にした時に、その状態はどのようになるか。条件 1～条件 3 における二酸化炭素の状態を(ア)～(カ)から 1 つ選びなさい。また、同じ選択肢を何度使用してもよい。

なお二酸化炭素は、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  では  $-78.5^\circ\text{C}$  で昇華し、 $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  では  $-20.0^\circ\text{C}$  で沸騰するとする。また、二酸化炭素の三重点の圧力と温度はそれぞれ  $5.15 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $-56.3^\circ\text{C}$  であるとする。

- 条件 1 :  $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $-80.0^\circ\text{C}$
- 条件 2 :  $20.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $-20.0^\circ\text{C}$
- 条件 3 :  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $-56.3^\circ\text{C}$

状態の選択肢

- |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| (ア) 固体    | (イ) 液体    | (ウ) 気体    |
| (エ) 固体と液体 | (オ) 液体と気体 | (カ) 気体と固体 |

問 5 ある元素には 2 種類の安定同位体が存在する。この同位体のうち、質量数の小さい方の原子 1 個あたりの質量は  $x \text{ g}$  である。これに対して質量数の大きい方の原子 1 個の質量は、質量数の小さい方の原子の 1.04 倍であった。自然界においてこの元素は、同位体の質量数の小さい方の原子が質量数の大きい方の原子の 3.00 倍存在している。

この時、炭素原子( $^{12}\text{C}$ )の 1 個当たりの質量を  $y \text{ g}$  とすると、この元素の原子量はいくらになるか。x と y を使用した最も簡単な文字式で解答欄に答えなさい。

# 生 物 (前期)

I 次の(1)~(8)の問に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合のみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

(1) ニューロンで閾値を超えて脱分極した時に、瞬間的に誘導される膜電位の変化を何というか名称を答えなさい。

(2) 副交感神経の作用をすべて選びなさい。

- A 腸のぜん動運動が抑制される。
- B 瞳孔が拡大する。
- C 気管支が収縮する。
- D 血糖値が下がる。
- E 立毛筋が収縮する。
- F 排尿が促進される。
- G 該当なし。

(3) 正しいものをすべて選びなさい。

- A タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸と DNA を構成する 4 種類のヌクレオチドで共通してみられる元素は 4 種類である。
- B タンパク質、脂質、核酸、炭水化物、水、無機物のうち、哺乳類の細胞に質量比で 3 番目に多く含まれるものは核酸である。
- C タンパク質の三次構造には金属原子が含まれていることがある。
- D マルトース、アミロース、ガラクトース、ラクトースのうち最も分子量が小さいのはマルトースである。
- E タンパク質、脂質、核酸、炭水化物のうちホルモンの作用により血糖値の上昇に利用される物質は、脂質と炭水化物の 2 種類である。
- F 該当なし。

(4) 正しいものをすべて選びなさい。

- A ノーダルタンパク質によって予定内胚葉領域の細胞は中胚葉に分化する。
- B カエルの原口背唇部では BMP 阻害タンパク質が形成体の働きを担っている。
- C カドヘリンは神経管形成に関与している。
- D ショウジョウバエの卵には母性効果遺伝子の産物が蓄積されている。
- E カエルの灰色三日月環は将来の腹側になる。
- F 該当なし。

(5) 正しいものをすべて選びなさい。

- A 外来生物が移入することは、種多様性を減らす可能性もある。
- B 遺伝的多様性が大きい個体群は、環境の変化に対応できる可能性が高い。
- C 人間活動による生態系のかく乱は、その程度によらず種多様性を低下させる。
- D 地球の温暖化が急速に進むと種多様性が著しく増えると予想される。
- E 種の多様性では、生物の種類の数だけでなく、個体数の割合も重要な要素である。
- F 個体群の個体数が減少すると交配が促進され、生物多様性が高くなると考えられる。
- G 該当なし。

(6) 以下の生物の特徴について、正しいものをすべて選びなさい。

- A ホヤの幼生には脊索がある。
- B ヤツメウナギには脊椎がある。
- C ヤツメウナギには顎がない。
- D ナメクジウオには脊椎がある。
- E ホオジロザメの骨格は軟骨でできている。
- F ホオジロザメにはウキブクロがある。
- G サンショウウオは羊膜を持つ。
- H 該当なし。

- (7) 植物の重力屈性のメカニズムについて正しいものをすべて選びなさい。
- A 茎ではサイトカイニンが下側の皮層や表皮に輸送され、下側部位の成長が促進される。
  - B 茎ではオーキシンが下側の皮層や表皮に輸送され、下側部位の成長が抑制される。
  - C 根ではサイトカイニンが下側に輸送され、下側部位の成長が促進される。
  - D 根ではオーキシンが下側に輸送され、下側部位の成長が抑制される。
  - E 根ではオーキシンが表皮細胞を通過して下側に移動する。
  - F 根では根冠にある細胞の内部にあるアミロプラストが重力方向に沈降する。
  - G 茎の細胞は根の細胞と比べるとオーキシンの感度が高い。
  - H 該当なし。
- (8) ヒトの網膜の視細胞について正しいものをすべて選びなさい。
- A 視細胞の軸索は視神経という束となって脳につながっている。
  - B 明順応では、桿体細胞の光に対する感度が徐々に低下する。
  - C 暗順応では、錐体細胞の光に対する感度が徐々に低下する。
  - D 錐体細胞は視物質としてロドプシンを含む。
  - E 盲斑部では錐体細胞の密度より桿体細胞の密度が高い。
  - F 黄斑部では桿体細胞の密度より錐体細胞の密度が高い。
  - G 該当なし。



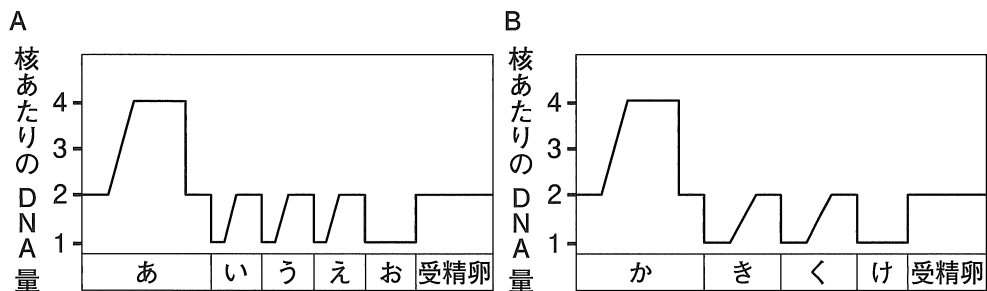
## II

被子植物の生殖について以下の文を読み、問に答えなさい。

花粉はおしべの先端の 1 の中でつくられ、めしべの子房内にある 2 では、減数分裂により卵細胞がつくられる。めしべの 3 に花粉が付着する事で受粉が起こり、重複受精により受精卵と胚乳細胞が生じる。それぞれが分裂を繰り返し、胚と胚乳を生じる。胚はやがて、幼芽、4、胚軸、幼根などを生じて種子となり、この段階で発生の進行が止まり胚は休眠する。胚乳は胚の発生や発芽に必要な養分を蓄えているが、種子の成熟過程で 4 に吸収され胚乳がみられない種子をもつ植物もある。

問 1 1 ~ 4 にあてはまる適切な語句を書きなさい。

問 2 下のグラフ A, B は、おしべ、またはめしべにおける配偶子形成から受精までの核あたりの DNA 量の変化を時間の経過に沿って示している(ただし、ここでは分裂時に一時的に核膜がなくなることは考慮しないものとする)。グラフの下部の あ ~ け は、細胞の名称あるいは核の名称で、同じものがあてはまる場合もある。



- (1) あ ~ け の細胞または核の中で、減数分裂を行っているものはどれか。すべて選んで記号で答えなさい。



(2) [う], [き], [け] にあてはまる細胞または核の名称を語群 1)～11)から選んで順番に書きなさい。(解答例：1, 2, 3)

- |           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| 1) 花粉管核   | 2) 花粉母細胞 | 3) 花粉四分子 |
| 4) 助細胞    | 5) 精細胞   | 6) 中央細胞  |
| 7) 胚のう母細胞 | 8) 胚のう細胞 | 9) 反足細胞  |
| 10) 雄原細胞  | 11) 卵細胞  |          |

問 3 トウモロコシの胚乳のデンプンの性質には角質と粉質があり、それらは角質遺伝子(A)および粉質遺伝子(a)の組み合わせにより決定される。A と a は対立遺伝子であり、A は a に対して優性である。しかし、a が 2 つ存在すると、A が存在しても粉質になる。また、種皮の色には紫色と無色があり、遺伝子 B と b の組み合わせにより決まる。B と b は対立遺伝子であり、B は b に対して優性で紫色になる。なお、この二組の対立遺伝子は連鎖しており、乗換え(組換え)が起こらないこととする。

種皮が無色で胚乳が粉質の純系のめしべ(P)に、種皮が紫色で胚乳が角質の純系から生じた花粉(P)を受粉させた場合、以下の問に答えなさい。

- (1) 生じた種子( $F_1$ )の胚乳の表現型を答えなさい。
- (2) これらの二組の対立遺伝子について、生じた種子( $F_1$ )の種皮の遺伝子型を答えなさい。
- (3) 生じた種子( $F_1$ )から咲いたトウモロコシの花を自家受粉して生じた種子( $F_2$ )の中で、種皮が紫色で胚乳が粉質の表現型を示すものだけを 1,000 粒選び、それぞれを自家受粉させて  $F_3$  の種子を得た。この  $F_3$  の種子の中で、種皮が紫色で胚乳が粉質の表現型を示すものと種皮が無色で胚乳が角質の表現型を示すものは理論的にそれぞれ何%であるか、2 つ順番に答えなさい。ただし、それぞれの種子の自家受精から得られる次世代の種子の数は同じであるものとする。(解答例：12.5%, 37%)

### III

DNA の複製に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

ワトソンとクリックによって(あ)DNA の二重らせん構造が解明された後、その複製のしくみについて3つのモデルが考えられた(図1)。「保存的」複製では、もとのDNA(以下、親DNAと表記する)と同じものが全く新しく複製され、できたDNA(以下、子DNAと表記する)は2本とも新しい鎖からなる。「半保存的」複製では、親DNAの2本鎖がほどけてそれぞれの鎖ごとに新しいDNAが複製され、子DNAは新旧の2つの鎖のハイブリッドになる。「分散的」複製では、まず親DNAが短く切断されて部分的に複製され、それらが後でつなぎ合わされる。そのため子DNAは新旧の鎖の部分がモザイク状に存在する(ここでは図のように親DNAが均等の割合で2分子の子DNAに分配され、分子内では均質なモザイクとして存在するものとする)。(A)年の論文で、メセルソンとスタールは窒素の同位体 $^{14}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ を用いた巧みな実験を行い、これらのモデルを検証した。彼らはまず窒素源として $^{15}\text{N}$ を含む培地で大腸菌を十分な時間培養し、DNAに含まれるほとんどすべての窒素を $^{15}\text{N}$ に置き換えた通常よりも重いDNAをもつ大腸菌を得た。そして、その大腸菌をある時点から窒素源として $^{14}\text{N}$ のみを含む培地で培養し、時間を追って(培養時間からDNAの複製回数がわかる)大腸菌を集めてDNAを精製した。それぞれのDNAを塩化セシウムの(い)密度勾配遠心法により重さごとに分離した。密度勾配遠心では、長時間高速で遠心すると溶液の密度に勾配ができ、DNAはその比重に応じて移動し、つり合う位置でバンドとして検出される。その結果を図2に示す。

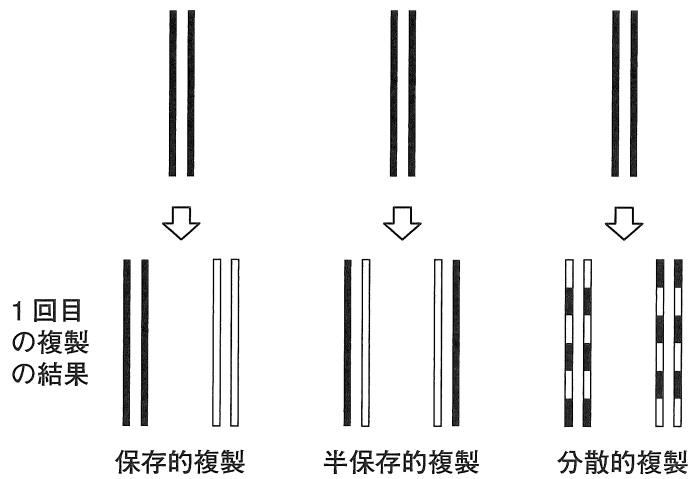


図1 DNA複製についての3つの仮説の模式図

3つの仮説について、1回複製後のDNAの2本鎖がそれぞれどのような構成になっているかを示す。それぞれ2本の平行線は2本鎖DNAを示し、古いDNA鎖を黒、新しく合成されたDNA鎖を白で示す。

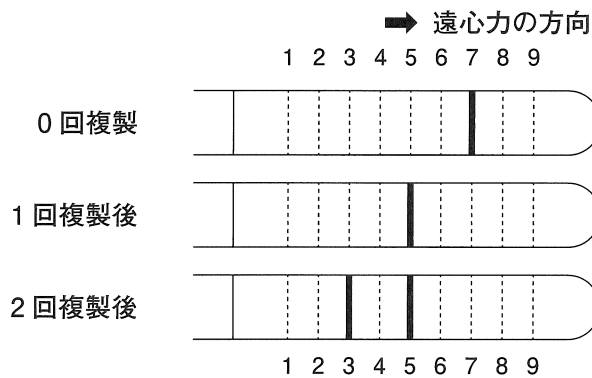


図2 密度勾配遠心法によるDNAの分離を示す模式図

$^{14}\text{N}$ を含む培地に移してからの複製回数とDNAのバンドの位置(太い実線)を示す。ここでは遠心力の方向に遠心管を横向きに図示している。点線と1~9の番号は位置がわかりやすいようにつけたものである。なお、 $^{14}\text{N}$ のみを含むDNAは、3の位置に1本のバンドが検出されることがわかっている。また、この図ではDNAの量比は反映されていない。

問 1 下線部(あ)の特徴の中で、複製の過程で遺伝情報を保持できる構造的な特徴を具体的に 30 字以内で説明しなさい。なお、分子名に略号を用いてもよい。

問 2 ( A )にあてはまる年号を選び記号で答えなさい。

- A 1902                      B 1930                      C 1953  
D 1958                      E 1975

問 3 窒素は DNA の構成単位となる化合物のどこに取り込まれたか、DNA の構成単位の名称とその構成単位で窒素が取り込まれる部分の名称をコンマで区切った 1 つの解答欄に 2 つ順番に答えなさい。

問 4 下線部(い)について、24 時間で遠心機のローター(遠心管を装着して回転する部品)が累計 6,480 万回転した場合、このローターは 1 秒間に平均何回転したか答えなさい。また、この回転数で車のタイヤ(半径 30 cm)が回転した場合、その車の速度(km/時)はどれくらいになるか、選択肢の中から最も近いものを選び記号で答えなさい。2 つ順番に答えなさい。(解答例：3.5 回転, A)

- A 300                      B 600                      C 1,800  
D 3,600                      E 4,800

問 5 DNA の複製が分散的複製であると仮定した場合、2 回複製した後の DNA は、1～9 のどの位置でバンドとなると予想されるか、すべて答えなさい。

問 6 DNA の複製が半保存的複製であると仮定した場合、3 回複製した後の DNA は、1～9 のどの位置でバンドとなると予想されるか、すべて答えなさい。

問 7 DNA の複製が保存的複製であると仮定した場合，3 回複製した後の予想パターンにおいて，「 $^{15}\text{N}$  のみを含む DNA」，「 $^{15}\text{N}$  と  $^{14}\text{N}$  の両方を含む DNA」，「 $^{14}\text{N}$  のみを含む DNA」の量の比率を求め，この順番に答えなさい。

(解答例 2 : 1 : 2)

問 8 以下の記述のうち，正しいものをすべて選び番号で答えなさい。

- 1 この実験の結果から DNA の 2 本の鎖はお互いに逆方向 ( $5' \rightarrow 3'$  の方向性) であることがわかる。
- 2 保存的複製モデルでも遺伝情報を伝えることは可能である。
- 3 この実験で  $^{14}\text{N}$  と  $^{15}\text{N}$  の代わりに  $^{32}\text{S}$  と  $^{35}\text{S}$  を用いても，原理的に同様の結論が得られると予想される。
- 4 DNA の二重らせんモデルと分散的複製モデルは両立することが可能である。
- 5 この実験では，2 回目の複製の結果ではじめて保存的複製モデルの可能性を排除できる。
- 6 この実験の結果と DNA の半保存的複製モデルは矛盾しない。
- 7 この実験の結果から大腸菌と真核生物の DNA の複製方法が同じであることがわかる。
- 8 該当なし。

## IV 心臓に関する以下の文を読み、問に答えなさい。

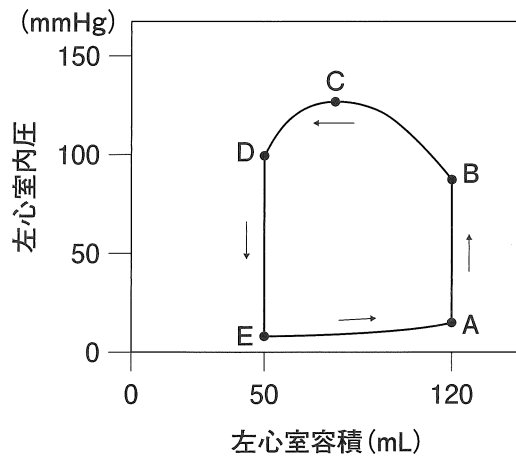
ヒトの心臓は2つの心房と2つの心室からなる。心房と心室の間には房室弁があり、右心房と右心室の間にある房室弁を三尖弁、左心房と左心室の間にある房室弁を僧帽弁とよぶ。さらに左右の心室の出口にはそれぞれ動脈弁があり、右心室の出口には肺動脈弁、左心室の出口には大動脈弁が存在する。

心臓には心筋があり、心臓はその収縮により血液のポンプ作用を発揮する。心室が収縮している時期は収縮期とよばれる。収縮を開始する前には血液が心房から心室に流入する時期があり、この時期は心室の拡張が起こることから拡張期とよばれる。心臓の拍動の周期(心周期)は心室の活動を基準として、収縮期と拡張期の2つに大きく分けることができる。収縮と拡張のタイミングは左右でほとんど同じである。

心臓の拍動リズムは(ア)という部分によって作られる。(ア)には交感神経と副交感神経が分布し、心臓の拍動数が調節されている。交感神経からの信号は拍動数を増加させ、副交感神経からの信号は拍動数を低下させる。副交感神経の末端からは(イ)という神経伝達物質が分泌され、(ア)に作用する。心臓の拍動数はホルモンによる調節も受けており、(ウ)から分泌されるアドレナリンは拍動数を増加させる。

血液の移動には弁の適切な開閉が必要である。左心室の収縮が始まると左心室内圧は急激に上昇し、(エ)弁が閉鎖する。少し遅れて(オ)弁が開き、左心室から血液が送り出される。やがて左心室の収縮が弱まり、左心室の内圧が低下して(オ)弁がすばやく閉じる。その後左心室の弛緩が始まり、左心室内圧が左心房内圧よりも(カ)すると(エ)弁が開き、血液は左心房から左心室に流入する。

弁の動きは心音にも関係する。聴診器で心臓の音を聞くと第1音と第2音とよばれる心音が聞こえる。第1音は房室弁、すなわち僧帽弁と三尖弁の閉鎖による振動に由来し、第2音は動脈弁すなわち大動脈弁と肺動脈弁の閉鎖による振動に由来する。



問 1 (ア) ~ (カ) に入る適切な語句を選び記号で答えなさい。

- |           |            |        |
|-----------|------------|--------|
| A アセチルコリン | B アドレナリン   | C 延髄   |
| D グルタミン酸  | E 三尖       | F 弛緩   |
| G 小脳      | H 収縮       | I 上昇   |
| J 腎臓      | K すい臓      | L 僧房   |
| M 大静脈     | N 大動脈      | O 洞房結節 |
| P 低下      | Q ノルアドレナリン | R 肺静脈  |
| S 肺動脈     | T 副腎髄質     | U 副腎皮質 |

問 2 図は安静時の健康な成人における 1 つの心周期での左心室容積と左心室内圧の変化を示した模式図である。心周期ごとに A→B→C→D→E→A をくり返す。この図で第 1 音と第 2 音が聞こえるのはどの時期か。それぞれ A～E から適切なものを選び、2 つ続けて記号を書きなさい。(解答例：A, B)

問 3 図で A から始まり、B, C, D, E を経て A に戻るまでの時間を 0.75 秒とする。このとき、1 分間に左心室が送り出す血液量(mL)を答えなさい。

問 4 2 つの心室のうち一方の心室の壁の厚さは約 3 倍厚く、より大きな収縮力をもつ。(1) どちらの心室の壁が厚いか答えなさい。(2) また、選んだ心室を主語として、その機能的な理由を 25 字以内で説明しなさい。

問 5 正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- A は虫類の心臓では、全身からの静脈血と肺からの動脈血が心室で直接混ざらない。
- B 開放血管系では毛細血管が発達しているためガス交換の効率がよい。
- C ヒトの心臓は交感神経がないと拍動することができない。
- D 心筋は体性神経による反射によって収縮する。
- E ヒトは閉鎖血管系であるが、特定の場所でリンパ管と静脈は合流している。
- F 該当なし。



理科 生物 I V

昭和大学 医学部 2018年度 I を改変

令和4年度一般選抜試験（前期）

生物（問題）訂正

P30 5行目 IV 問1

（誤） L 僧 房



（正） L 僧 帽