

# 令和6年度 AO入試問題集 (医学部保健学科)

公表期限：2027年3月末

東北大学入試センター

※ 以下の(1), (2)の場合を除き、複製、転載、転用することを禁じます。

- (1) 受験予定者が自主学習のために使用する場合
- (2) 学校その他の教育機関(営利目的で設置されているものを除く。)の教職員が教育の一環として使用する場合

令和6年度（2024年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験①問題

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 看護学専攻	9:30～10:30 (60分)	5ページ

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は5ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」、「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（1枚につき1か所）には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」、「メモ用紙」は持ち帰ってください。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1 以下の問いに答えよ。

(1) 1, 2, 3, 4, 5, 6の目が等しい確率で出る1個のさいころを3回続けて投げる。出た目が連続する3つの数となる確率を求めよ。ただし、出る目の順番は問わない。

(2)  $a$  を実数とする。 $x$  についての方程式

$$(ax + 1)^2 = (x + a)^2$$

を解け。

(3) 次の定積分の値を求めよ。

$$\int_{-1}^1 |x(x + 1)^2| dx$$

2 三角形 ABC において、 $AB = 7$ 、 $BC = 5$ 、 $CA = 3$ とする。辺 BC を 4 : 1 に内分する点を D とする。頂点 B から直線 AC に垂線を引き、直線 AC との交点を E とする。 $\overrightarrow{AB} = \vec{b}$ 、 $\overrightarrow{AC} = \vec{c}$  とするとき、次の問いに答えよ。

- (1) 内積  $\vec{b} \cdot \vec{c}$  の値を求めよ。
- (2) 線分 AE の長さを求め、 $\overrightarrow{AE}$  を  $\vec{c}$  を用いて表せ。
- (3) 三角形 ABC の面積を求めよ。
- (4) 点 E に関して点 C と対称な点を F とする。直線 AD と直線 BF との交点を G とするとき、三角形 BDG の面積を求めよ。

令和6年度（2024年度）東北大学


A〇入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験② 封筒

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	問題冊子数
医学部保健学科 看護学専攻	13:00～14:20 (80分)	3冊

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この封筒を開いてはいけません。
2. この封筒には、「問題冊子」3冊、「解答用紙」3種類、「メモ用紙」1冊が入っています。
3. 筆記試験②は、＜必答問題1＞、＜選択問題1＞、＜選択問題2＞の3冊からなります。  
※ 必答問題1の他に、＜選択問題1～2＞のうちから1つを選択し、解答してください。選択問題を  
選択しなかった場合は、失格となります。  
※ ＜選択問題＞の解答用紙1枚目の所定の欄に、選択の有無を  で囲んでください。

選択する場合：

<input checked="" type="radio"/> 選択する
<input type="radio"/> 選択しない

選択しない場合：

<input type="radio"/> 選択する
<input checked="" type="radio"/> 選択しない

4. ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出てください。問題冊子のホチキスは外さないでください。
5. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
6. 「解答用紙」は1枚につき1か所の所定の欄に、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。選択しない問題の解答用紙にも受験記号番号を記入してください。
7. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
8. 試験終了後は、「解答用紙」は全て回収しますので持ち帰ってはいけません。  
本封筒、「問題冊子」及び「メモ用紙」は持ち帰ってください。

令和6年度（2024年度）東北大学  
AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <必答問題1>

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 看護学専攻	13:00～14:20  (80分)	15ページ



——このページは白紙——

——このページは白紙——

必要があれば次の数値を用いなさい。

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

絶対零度：  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$

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

ファラデー定数：  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

原子量： H = 1.0 Li = 6.9 C = 12.0 O = 16.0 Cl = 35.5 K = 39.1

1 気体の溶解に関する文〔I〕と文〔II〕を読んで、問1から問5に答えなさい。

〔I〕体積を自由に变えることのできるピストン付きの容器に、水 1.0 L と気体 A 0.30 mol のみを入れて、気体 A と水を合わせた容器内の体積が 3.0 L になるように固定具でピストンを固定した（図1）。実験のあいだ、容器の温度は常に  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  に保たれていた。気体 A の水への溶解はヘンリーの法則に従い、

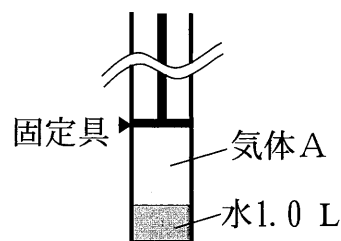


図1

$20 \text{ }^\circ\text{C}$  で水に接している  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体 A は、水 1.0 L に  $3.9 \times 10^{-2} \text{ mol}$  溶けることとする。気体 A は今回の実験における温度、圧力のもとで凝縮することはない、理想気体としてふるまい、また、ピストンの質量、水の蒸気圧は無視する。

問1 容器内の気体 A の圧力を  $P$  [Pa] として (1) から (3) に答えなさい。

- (1) 水 1.0 L に溶解している気体 A の物質量  $n_s$  [mol] を、次の式で表すとき、  
 に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

$$n_s = \text{} \times P$$

- (2) 水の上の空間に存在する気体 A の物質量  $n_g$  [mol] を、次の式で表すとき、  
 に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、容器内の気体部分の体積は 2.0 L とし、気体定数  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  と絶対温度  $293 \text{ K}$  の積を  $2.43 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{L/mol}$  として計算しなさい。

$$n_g = \text{} \times P$$

- (3)  $P$  [Pa] の値を求め、その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 2 温度を  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったまま、図 1 のピストンの固定をはずして自由に動く状態にしたところ、容器内の気体 A の圧力が容器にかかる大気圧 ( $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ ) と等しくなってピストンが止まった。この状態を状態 1 とする (図 2 左)。状態 1 で水に溶けている気体 A の物質量を  $n_1\text{ [mol]}$  とする。次に温度を  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったまま、状態 1 のピストンにおもりを載せ、容器内の気体 A の圧力を  $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$  とした状態を状態 2 とする (図 2 右)。状態 2 で水に溶けている気体 A の物質量を  $n_2\text{ [mol]}$  とする。(1) および (2) に答えなさい。ただし、固定をはずしたピストンは摩擦なく動くものとする。

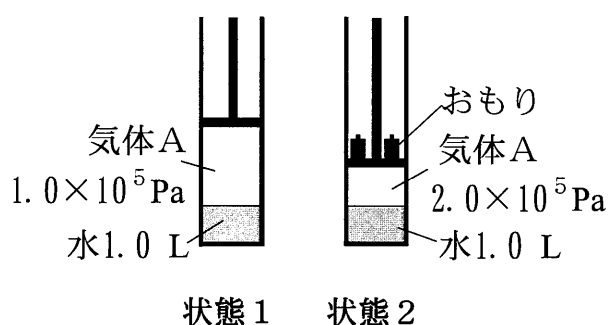


図 2

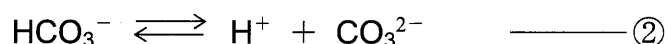
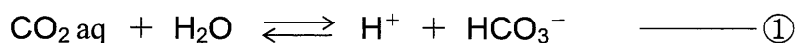
(1)  $n_1\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を  $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで、 $n_2\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を  $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで測定したところ、それぞれ  $V_1\text{ [L]}$ 、 $V_2\text{ [L]}$  であった。 $V_1$  と  $V_2$  を比較したとき、その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積の測定はいずれも  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  で行った。

- ①  $2V_1 = V_2$       ②  $V_1 = V_2$       ③  $V_1 = 2V_2$

(2)  $n_1\text{ [mol]}$  の気体 A と  $n_2\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を同じ圧力のもとで測定したところ、それぞれ  $V_3\text{ [L]}$ 、 $V_4\text{ [L]}$  であった。 $V_3$  と  $V_4$  を比較したとき、その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積の測定はいずれも  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  で行った。

- ①  $2V_3 = V_4$       ②  $V_3 = V_4$       ③  $V_3 = 2V_4$

〔Ⅱ〕 水を 25 °C,  $1.0 \times 10^5$  Pa の空気中に十分に長く放置したところ, この水に空気中の二酸化炭素が溶け込み, 水溶液となった。この水溶液を水溶液 B と呼ぶ。水溶液 B は二酸化炭素の溶解に関して平衡状態となっている。水に溶解した二酸化炭素を  $\text{CO}_2 \text{ aq}$  とすると,  $\text{CO}_2 \text{ aq}$  のごく一部は炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  の生成を經由して次のように二段階で電離する。



25 °C において, 一段目の反応①の電離定数は  $K_1 = 4.5 \times 10^{-7}$  mol/L, 二段目の反応②の電離定数は  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L とする。

二酸化炭素の水への溶解についてはヘンリーの法則が成り立ち, 25 °C で  $1.0 \times 10^5$  Pa の二酸化炭素は 1.0 L の水に  $3.0 \times 10^{-2}$  mol 溶けることとする。実験のあいだ空気の組成は一定で, 二酸化炭素以外に水と反応する気体は空気中に存在しないこととする。また, 水の電離は考慮しないこととする。

問 3 実験に用いた空気中に二酸化炭素は体積の割合で 0.040% 存在した。  $1.0 \times 10^5$  Pa の空気における二酸化炭素の分圧 [Pa] を求めて, その数値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 4 水溶液 B 1.0 L に二酸化炭素は何 mol 溶解しているか。数値を求めて有効数字 2 桁で書きなさい。ただし, 二酸化炭素の溶解によって水の体積は変化しないこととする。

問 5 水溶液 B の pH に関連した次の (1) から (3) に答えなさい。ただし,  $K_2$  の値が非常に小さい二段目の反応②は無視することができ, 水素イオン  $\text{H}^+$  は一段目の反応①によってのみ生じることとする。

- (1) 問4で求めた水溶液B 1.0 L に溶解している二酸化炭素の物質量を  $C$  [mol] とすると電離前の二酸化炭素のモル濃度は  $C$  [mol/L] となる。一段目の反応①の電離度を  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) としたとき、下の空欄  に  $C$  と  $\alpha$  を用いた文字式を書き入れ、 $K_1$  を表す式③を完成させなさい。

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = \text{  } \quad \text{————— ③}$$

- (2) ③式の  $K_1$  と  $C$  に数値を代入して  $\alpha$  を求めたところ、 $\alpha = 0.18$  であった。水溶液Bの水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求めて、次の式の空欄  にあてはまる数値を有効数字2桁で書きなさい。ただし、空欄  にあてはまる数値は1以上で、10より小さい。

$$[\text{H}^+] = \text{  } \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

- (3) 水溶液BのpHは次のどの範囲にあると考えられるか。最も適切なものをアからオより1つ選んで解答欄の記号を○で囲みなさい。

- |   |               |   |               |
|---|---------------|---|---------------|
| ア | 3.0 から 4.0 の間 | イ | 4.0 から 5.0 の間 |
| ウ | 5.0 から 6.0 の間 | エ | 6.0 から 7.0 の間 |
| オ | 7.0 から 8.0 の間 |   |               |

2 次の文章〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕および〔Ⅲ〕を読んで、問1から問8に答えなさい。

〔Ⅰ〕 ある反応が進行するかどうかは、その反応の活性化エネルギーが正反応も逆反応も十分に速く起こるほど低い場合には、次の2つの要因によって決まる。なお、以下の文章では融解や溶解などの状態の変化も広義の反応に含めて述べる。

1つの要因は、反応物から生成物に変化する際の内部エネルギーの変化である。内部エネルギーとは、いま観察者が注目している部分（これを系という）がもつ全エネルギー、すなわち運動エネルギーや結合エネルギーの総和のことである。一般に内部エネルギーが小さいほどその系は安定である。この変化の過程で系の内部エネルギーが減少する場合には、系はその分のエネルギーを熱として系の外部に放出するので発熱反応となり、また生成物は反応物よりも安定になるので、反応は自発的に進行しやすい。逆に、系の内部エネルギーが増加する場合には、その分のエネルギーを系の外部から取り込むので吸熱反応となり、生成物は反応物よりも不安定になるので反応は進行しにくい。

もう1つの要因は、反応物から生成物に変化する際の系の乱雑さの変化である。反応によって系の乱雑さが増加する場合には、その反応は自発的に進行しやすいことが知られている。逆に、反応によって系の乱雑さが減少する場合には、その反応は進行しにくい。ここで、系の乱雑さが増加する変化とは、(a)固体から液体へ（融解）、液体から気体へ（気化）などの状態変化、(b)分離されていた2つの物質が均一に混じり合う変化（気体の混合、固体の溶媒への溶解など）、(c)化学反応において反応物より生成物の方が分子の数が増える変化などである。

ある反応において、上記2つの要因の効果が互いに強め合う場合には、反応は不可逆となり、自発的に進行するか、または全く進行しないかのどちらかとなる。一方、2つの要因の効果が互いに弱め合う場合には、反応は可逆となり、自発的に進行するかどうかは、その反応条件で2つの要因のどちらが大きいかにによって決まる。たとえば、反応の進行に対して、反応による内部エネルギーの増加が与える効果が、乱雑さの増加が与える効果より大きければ、その反応は自発的には進行しないが、小さければ自発的に進行する。

問1 次の反応（ア）から（オ）は、それぞれ下の表の反応の分類 A から D のどれにあてはまるか。解答欄に A から D の記号を記入しなさい。なお、これらの反応の最初と最後で系の温度は同じであるとする。

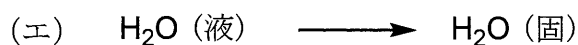
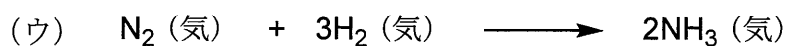
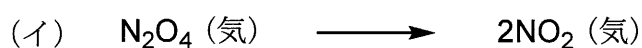


表 熱の出入りと乱雑さの変化による反応の分類

反応の分類	熱の出入り	乱雑さの変化
A	発熱	増加
B	吸熱	減少
C	発熱	減少
D	吸熱	増加

問2  $\text{KCl}$  (固) の  $25^\circ\text{C}$ での水への溶解熱は  $-17.2\text{ kJ/mol}$  で吸熱反応であるが、自発的に進行する。その理由を「内部エネルギー」および「乱雑さ」という語句を用いて 40～50 字程度で説明しなさい。



〔Ⅱ〕塩化リチウムおよび塩化カリウムの結晶はいずれも塩化ナトリウム型構造(図1)をとっている。塩化リチウムおよび塩化カリウムの融点はそれぞれ613℃および776℃であるが、塩化リチウムと塩化カリウムを塩化リチウム：塩化カリウム = 6:4の物質質量比で含む均一な混合物は、450℃では融解し液体となっている。この融解している塩、すなわち熔融塩を熔融塩Eとする。

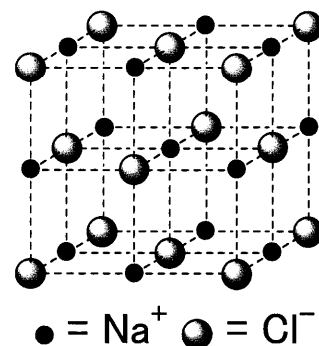


図1 塩化ナトリウム型構造

熔融塩E 100.0 g を450℃に保ち、適切な材質の電極Xおよび電極Yを挿入して電極Xと電極Yとの間に3.6 Vの電圧をかけたところ、電極X上にはリチウム単体(融点181℃)が液体として生成し、電極Y上には塩素が気体として発生した。液体のリチウムの密度は熔融塩Eの密度よりも小さいため、生成したリチウムは熔融塩Eに浮かんでくるので、これを塩素と接触させないようにして集めることによりリチウム単体が得られた。なお、この電気分解の間に塩化カリウムは変化せず、また熔融塩Eは液体の状態を保っていたとする。

問3 塩化カリウム結晶の単位格子1個当たりの質量は何gか。その数値を有効数字2桁で答えなさい。

問4 下線部において、電極Xおよび電極Yのうち一方は陽極、もう一方は陰極である。(ア)陽極上および(イ)陰極上で起こる反応を、それぞれ電子(e<sup>-</sup>)を含むイオン反応式で書きなさい。

問5 電極Xと電極Yとの間に5.0 Aの一定電流が2.0時間流れたとすると、得られるリチウム単体の物質質量は何molか。その数値を有効数字2桁で答えなさい。

〔Ⅲ〕 (a) 酸化物には、水と反応させて水溶液としたときに、その水溶液が酸性を示すものから塩基性を示すものまで様々なものがある。また、水に溶けない酸化物でも、酸や塩基の水溶液と反応して溶けるものがある。たとえば、(b) 酸化アルミニウムは両性酸化物と呼ばれ、強酸とも強塩基とも反応して溶ける。また、二酸化ケイ素は常温ではほとんどの酸や塩基に対して安定であるが、(c) フッ化水素酸（フッ化水素の水溶液）とは反応して溶ける。

問 6 下線部 (a) に関連して、下の (ア) から (オ) に示す酸化物 0.1 mol を水 1 L に溶かし、得られた水溶液の pH を比べたとき、pH が最も低いもの、2 番目に低いものおよび 3 番目に低いものを下の (ア) から (オ) の中からそれぞれ選び、それらの記号を pH が低い順に、左から右に列記しなさい。

(ア) BaO    (イ) SO<sub>3</sub>    (ウ) Na<sub>2</sub>O    (エ) P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>    (オ) CO<sub>2</sub>

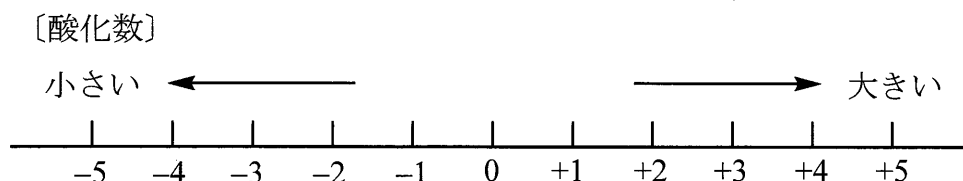
問 7 下線部 (b) に関して、次の反応 (1) および (2) のイオン式を含まない化学反応式をそれぞれ書きなさい。

- (1) 酸化アルミニウムと塩酸との反応
- (2) 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応

問 8 下線部 (c) で起こる反応のイオン式を含まない化学反応式を書きなさい。

3 次の問1から問5に答えなさい。

問1 下図の酸化数の大小関係を参考にして、下の物質のグループ(1)から(4)のそれぞれの中で、指定した元素の酸化数が2番目に大きい物質中の指定した元素の酸化数を書きなさい。



- (1) CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub> CO CaC<sub>2</sub> の中の炭素
- (2) NH<sub>3</sub> NO<sub>2</sub> AgNO<sub>3</sub> NaNO<sub>2</sub> の中の窒素
- (3) H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> CO O<sub>2</sub> の中の酸素
- (4) NaClO Cl<sub>2</sub> NaCl KClO<sub>3</sub> の中の塩素

問2 工業的に二酸化硫黄を発生させる方法の一つは、黄鉄鉱の燃焼である。黄鉄鉱の主成分は FeS<sub>2</sub> であり、これは Fe<sup>2+</sup>と S<sub>2</sub><sup>2-</sup>からなるイオン性化合物である。

(a) FeS<sub>2</sub> を空気中で燃焼させると酸化鉄(Ⅲ)と二酸化硫黄が生成する。発生した

(b) 二酸化硫黄を濃い水酸化ナトリウム水溶液に通すと、亜硫酸ナトリウムが生成する。この亜硫酸ナトリウムは、実験室で二酸化硫黄を発生させるときに試薬として用いられる。すなわち、(c) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると二酸化硫黄が発生する。

下線部 (a), (b) および (c) で起こる反応の、イオン式を含まない化学反応式を、それぞれ解答欄に書きなさい。

問3 炭酸ナトリウム  $x$  [mol] と水酸化ナトリウム  $y$  [mol] を含む結晶の混合物がある。これをすべて水に溶かして 100.0 mL の水溶液とした。この水溶液を 10.0 mL ずつ 2 つの三角フラスコ A および B に入れた。三角フラスコ A にメチルオレンジを指示薬として加え、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、気体の発生が観察され、また塩酸を 14.50 mL 加えたところで水溶液の色が変色した。

三角フラスコ B には、炭酸バリウムの白色沈殿が生じなくなるまで塩化バリウム水溶液を加えた。その後、この水溶液にフェノールフタレインを指示薬として加え、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、10.50 mL 加えたところで水溶液の色が変色した。

次の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 三角フラスコ A 中で、炭酸ナトリウムと塩酸との間で起こった反応の、イオン式を含まない化学反応式を書きなさい。
- (2) 最初の結晶の混合物中の (a) 炭酸ナトリウムの物質量  $x$  [mol] および (b) 水酸化ナトリウムの物質量  $y$  [mol] を求め、その数値を有効数字 3 桁でそれぞれの解答欄に書きなさい。

問 4 示性式  $C_4H_9OH$  で表されるアルコールの構造式を図 1 に示す。これらの中で、下の条件 (1) から (4) の各々に当てはまるアルコールを A から D の中から選び、その記号を解答欄に書きなさい。なお、それぞれの条件において、解答は 1 つとは限らない。

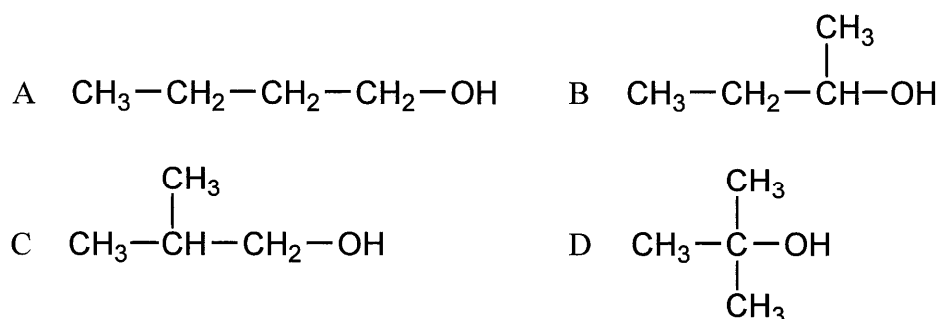


図1

- (1) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると、ケトンを生成するアルコール
- (2) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると、カルボン酸を生成するアルコール
- (3) 酸を加えて加熱し、分子内脱水反応を起こさせて生じるアルケンが、エチル基を含まないアルケンのみであるアルコール
- (4) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、 $CHI_3$  が主要生成物の 1 つとして生じるアルコール



令和 6 年度（2024 年度）東北大学

A○入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <選択問題 1>

令和 5 年 11 月 4 日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 看護学専攻	13:00～14:20 (80分)	12 ページ

——このページは白紙——



——このページは白紙——

1

図1のように、表面のあらい板がありその中心に軸が取り付けられている。長さ $\ell$ の軽くて伸び縮みしない棒の一端に質量 $m$ の小物体を取り付け、他端を板の軸に、なめらかに自由に動くことができるように取り付けた。小物体は板の上でのみ運動する。小物体と板との間の静止摩擦係数は $\mu$ 、動摩擦係数は $\mu'$ であり、棒と板との間に摩擦力ははたらかない。板は傾きを変えることができ、水平面と板との間の角度（傾き角）を $\varphi$ とする。また、板表面の軸の位置を原点 $O$ として、水平方向に $x$ 軸、傾いた斜面にそって下方に $y$ 軸をとる。 $y$ 軸と棒がなす角度を $\theta$ として板の軸を上から見て反時計回りを正の角度とする。重力の大きさを $g$ とし、空気抵抗は無視できるものとする。角度はラジアンを用いて表す。

次の問1～問4に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

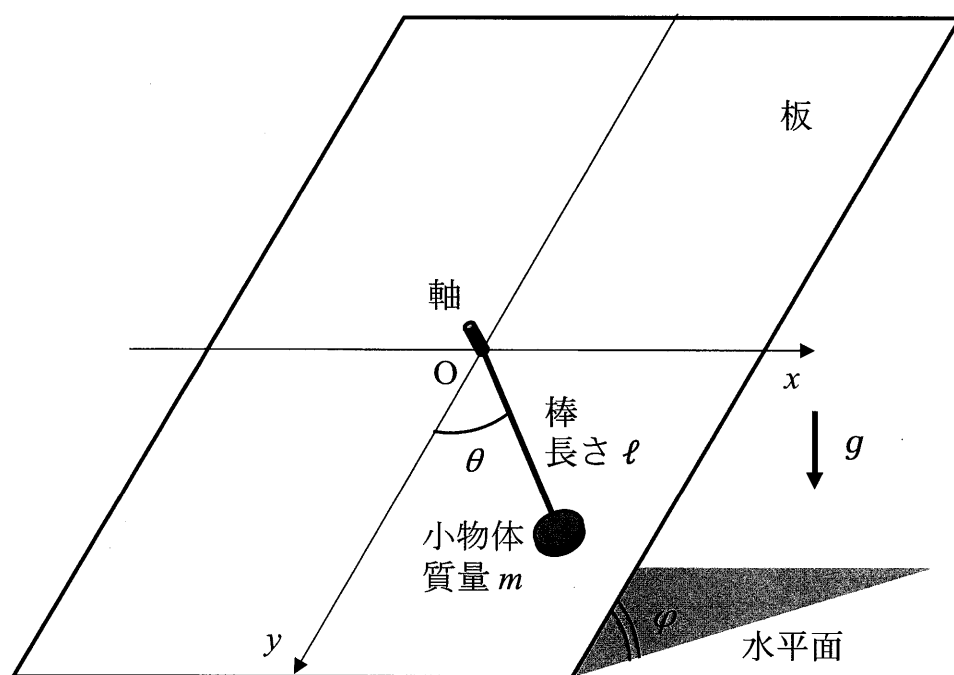


図1

※ 採点では、重力加速度の大きさを $g$ として計算している解答も、論理的に間違いが無ければ正解として扱った。

問1 はじめに、図2のように板を垂直に立てて傾き角を  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  とした。小物体を  $\theta = \frac{2}{3}\pi$  の角度の位置から静かにはなすと小物体は板から離れることなく運動し、 $\theta = \frac{1}{3}\pi$  の角度の位置を速さ  $v$  で通過した。

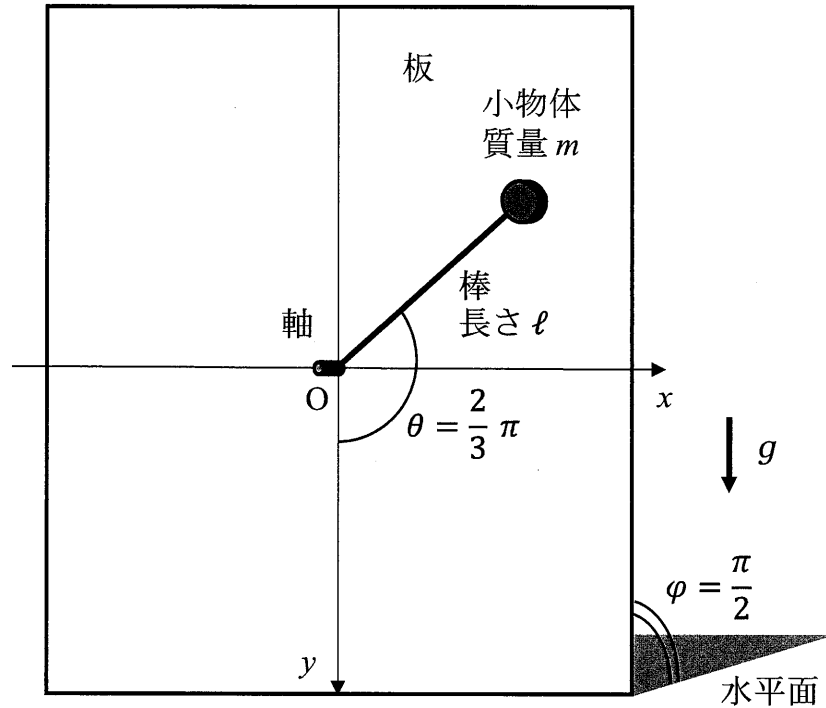


図2

- (a) 小物体の速さ  $v$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $l$  から必要なものを用いて表せ。
- (b)  $\theta = \frac{1}{3}\pi$  の位置を通過した瞬間の小物体が受ける遠心力の大きさ  $f$  を、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。
- (c)  $\theta = \frac{1}{3}\pi$  の位置を通過した瞬間の小物体が棒から受ける力の大きさ  $S$  を、 $m$ 、 $g$  を用いて表せ。また、その力の向きを答えよ。

問2 次に、傾き角を  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  のまま、 $|\theta|$  が十分小さい位置から小物体を静かにはなした。小物体は板の表面にそって  $x = 0$ ,  $y = \ell$  の点を中心に、十分小さな振れ角で振動した。

(a) 小物体にはたらく重力と棒から受ける力の合力の  $x$  成分  $F$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\ell$  と小物体の位置  $x$  を用いて表せ。ただし、 $F$  の正の向きを  $x$  の正の向きとする。必要であれば角度  $\alpha$  について、 $|\alpha|$  が十分小さいときに成り立つ近似式  $\sin \alpha \doteq \alpha$ ,  $\cos \alpha \doteq 1$  を用いよ。

(b) 振動の角振動数  $\omega$  と周期  $T$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\ell$  から必要なものを用いて表せ。

問3 その後、板を水平にして傾き角を  $\varphi = 0$  とし、小物体を、棒から力を受けないようにして  $x$  軸上の  $x = \ell$  の位置に静かに置いた。その後、板の傾き角をゆっくり大きくしていくと、傾き角が  $\varphi_0$  になったときに小物体はすべりだした。

(a) 小物体がすべりだす直前における、重力の  $y$  成分の大きさ  $g'$  と、垂直抗力の大きさ  $N$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\varphi_0$  を用いて表せ。

(b) 静止摩擦係数  $\mu$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\varphi_0$ ,  $\ell$  から必要なものを用いて表せ。

問4 小物体がすべりだした直後、板の傾き角を  $\varphi_0$  に保った。すべり出した小物体は、 $x$  座標が負になることなく、ちょうど  $y$  軸上の  $y = \ell$  で静止した。

(a) 小物体がすべり出してから静止するまでに、動摩擦力が小物体にした仕事  $W$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\varphi_0$ ,  $\ell$ ,  $\mu'$  を用いて表せ。

(b)  $\mu'$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\varphi_0$ ,  $\ell$  から必要なものを用いて表せ。

2

熱を低温部分から高温部分に継続的に移動する機関をヒートポンプといい、エアコンなどに応用されている。単原子分子理想気体を使った簡略化したモデルでその原理を考える。

図1のように、物質量  $n$  の単原子分子理想気体（以下、気体と呼ぶ）を、なめらかに動かすことのできるピストンでシリンダー内に封じた。ピストンおよびシリンダーの側面は断熱されておりシリンダーの底面のみが熱を通す。断熱板、絶対温度  $T_H$  の高温の物体、絶対温度  $T_L$  の低温の物体があり、シリンダーを移動することで底面をこれらと接触させることができる。はじめにシリンダーの底面は断熱板と接触しており、気体の絶対温度は  $T_H$  であった。これを状態 A とする。シリンダーの移動とピストンの上下により、気体の状態を、図2の圧力-体積図（ $p-V$  図）に示すように、状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 D → 状態 A と1サイクル変化させた。

温度は絶対温度で表し、気体定数を  $R$  とする。また、高温および低温の物体は十分大きな熱容量を持っており温度は変わらないものとする。必要であれば、内部エネルギーの変化  $\Delta U$  と温度変化  $\Delta T$  には次式が成り立つことを用いてよい。

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

次の問1～問5に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

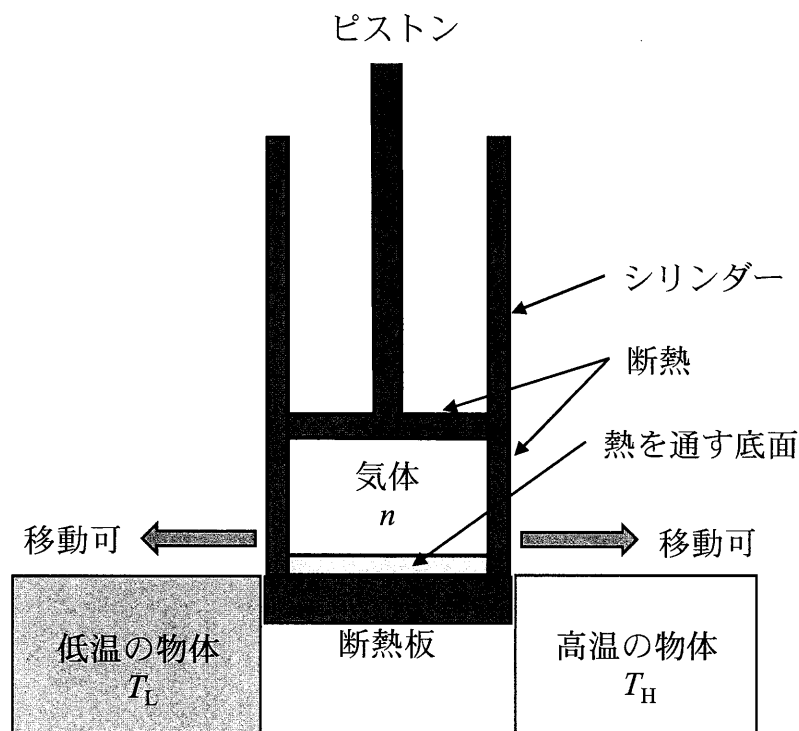


図1

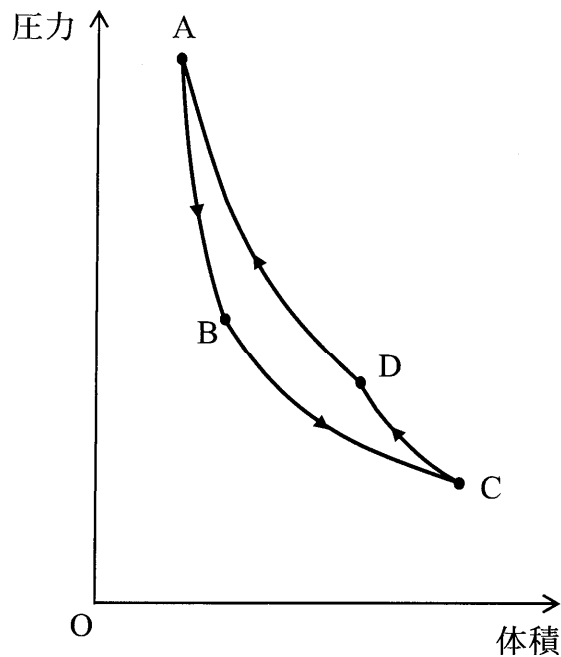


図 2

- 問 1 状態 A から、シリンダーの底面を断熱板に接触させたまま断熱変化でピストンをゆっくりと引き上げ、気体の温度が  $T_L$  の状態 B にした。内部エネルギーの変化  $\Delta U_{AB}$  と気体がされた仕事  $W_{AB}$  を、 $R$ 、 $n$ 、 $T_L$ 、 $T_H$  を用いて表せ。
- 問 2 次に、シリンダーを移動して底面を低温の物体に接触させ、等温変化でピストンをゆっくりと引き上げ、気体がされた仕事が  $W_{BC}$  になった状態 C でピストンを止めた。低温の物体から気体が受け取った熱量  $Q_{BC}$  を、 $W_{BC}$  を用いて表せ。
- 問 3 さらに、シリンダーの底面を断熱板上に再び移動し、断熱変化でピストンをゆっくりと押し込み、気体の温度が  $T_H$  の状態 D にした。このとき気体がされた仕事  $W_{CD}$  を、問 1 の  $W_{AB}$  を用いて表せ。

問4 最後に、シリンダーの底面を高温の物体に接触させて、等温変化でピストンをゆっくりと押し込み、状態 A に戻した。このとき気体がされた仕事は  $W_{DA}$  であった。

この 1 サイクルで、高温の物体が気体から受け取った熱量  $Q_h$  と、気体がされた仕事の総和  $W$  ( $W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$ ) との比  $\frac{Q_h}{W}$  は、ヒートポンプを暖房機として使ったときの性能を表す係数となる。 $\frac{Q_h}{W}$  を、 $W_{BC}$ 、 $W_{DA}$  を用いて表せ。また、 $W > 0$  であることを用いて、 $\frac{Q_h}{W}$  は、{ ① 1 より大きい、② 1 に等しい、③ 1 より小さい }、のいずれかを、①～③で答えよ。

問5  $Q_h$  と  $W$  は、圧力-体積図 ( $p-V$  図) の面積に対応する。 $Q_h$  と  $W$  それぞれについて、対応する面積を図3の A, B, C, D, p, q, r, s から必要なものを用いて、たとえば「ABqp で囲まれた面積」などのように表せ。

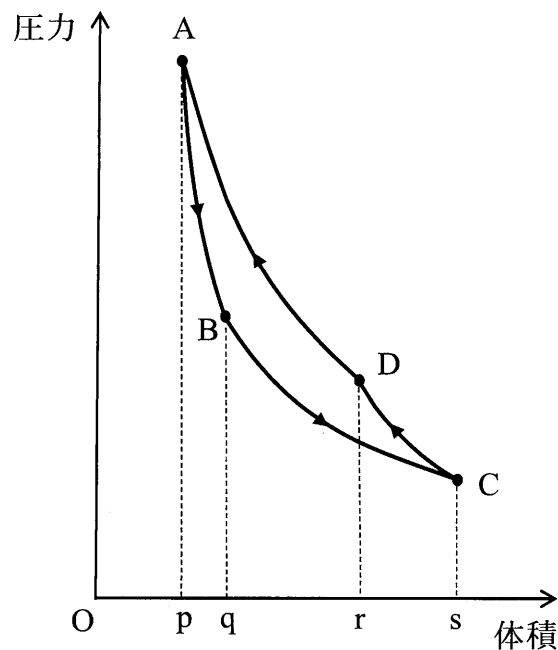


図3

3

図1のように、荷電粒子 A を電場（電界）で加速し磁場（磁界）で進行方向を曲げて、ターゲットとなる物体 T に衝突させる装置がある。装置は真空中にあり、荷電粒子 A は質量が  $m$ 、電気量が  $q$  ( $q > 0$ ) で、物体 T は質量が  $M$ 、電気量が  $Q$  ( $Q > 0$ ) である。

はじめ、荷電粒子 A は平行極板の正の極板の位置に静止しており、電位差が  $V$  である平行極板間の一様電場から静電気力を受けて運動し、極板の小さな穴から光速より十分小さい速さ  $v$  で射出される。その後、磁束密度  $B$  の一様磁場の領域において半径  $r$  で進行方向を  $90^\circ$  曲げられ、磁場の領域の外に出て物体 T に向かって直進する。荷電粒子 A の運動は、紙面にそった平面のみに限定されている。

平行極板は、極板の大きさに比べて間隔  $d$  が十分小さく、極板の穴も十分小さい。また、一様磁場の領域外での磁場はなく、漏れ出した磁場の影響も無視できる。さらに、電磁波および重力、平行極板と一様磁場の領域での物体 T の電荷の影響は無視できるものとする。クーロンの法則の比例定数を  $k_0$  とし、静電気力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。

次の問 1～問 5 に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

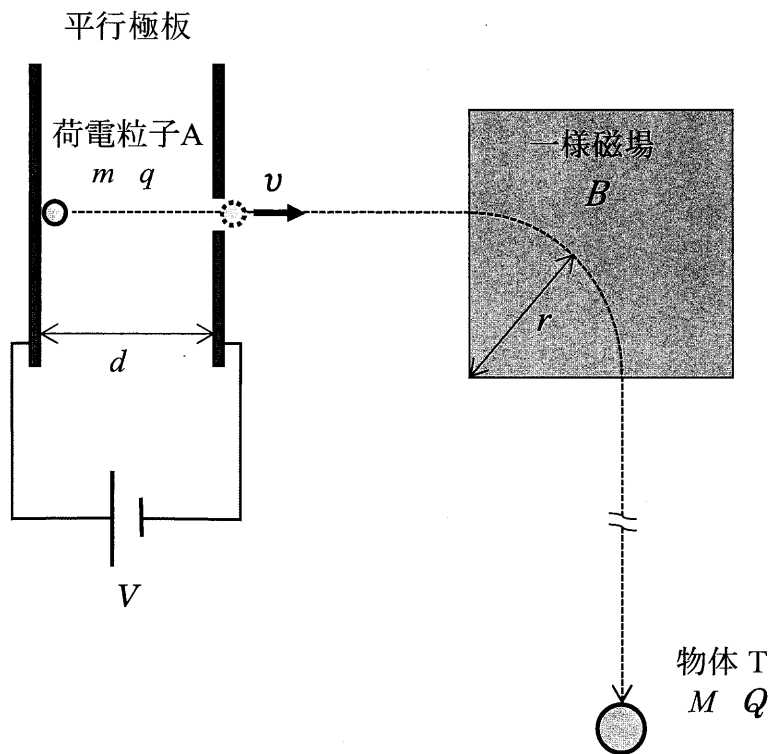


図 1



問1 荷電粒子 A は、平行極板間の一様電場から静電気力を受けて等加速度直線運動をした。

(a) 一様電場の強さ  $E$  を、 $V$ 、 $d$  を用いて表せ。

(b) 加速度の大きさ  $a$  を、 $m$ 、 $q$ 、 $V$ 、 $d$  を用いて表せ。

問2 極板の穴から射出された直後の荷電粒子 A の速さ  $v$  を、 $m$ 、 $q$ 、 $V$  を用いて表せ。

問3 一様磁場によって、荷電粒子 A が進行方向を  $90^\circ$  曲げられたときの磁束密度  $B$  を、 $m$ 、 $q$ 、 $v$ 、 $r$  を用いて表せ。また、磁場の向きは、紙面に対して、{ ① 奥から手前, ② 手前から奥 }、のいずれかを、①, ② で答えよ。

問4 一様磁場によって、荷電粒子 A が進行方向を  $90^\circ$  曲げられた前後について、荷電粒子 A の運動エネルギーと運動量について考える。

(a) 運動エネルギーは変化しないが、その理由を簡潔に説明せよ。

(b) 運動量の変化の大きさを、 $m$ 、 $v$  を用いて表し、運動量の変化の向きを、はじめの進行方向からの角度で答えよ。

問5 図2のように、物体Tを動かさないように固定し、荷電粒子Aを物体Tの中心に向かって直進させ衝突させた。物体Tは半径 $R$ の球形で電荷は中心に集中しており、荷電粒子Aの大きさは無視できるものとする。荷電粒子Aが物体Tに衝突するための速さ $v$ の最小値 $u$ を、 $m$ 、 $q$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $R$ 、 $k_0$ から必要なものを用いて表せ。

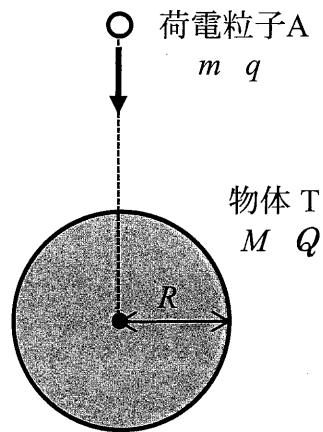


図2

令和 6 年度（2024 年度）東北大学

A O 入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <選択問題 2>

令和 5 年 11 月 4 日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 看護学専攻	13：00～14：20 (80分)	12 ページ

B12346

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1 次の〔Ⅰ〕,〔Ⅱ〕の文章を読み、以下の問(1)～(6)に答えよ。

〔Ⅰ〕 全ての染色体は複製起点と呼ばれる領域を持っており、タンパク質の複合体が複製起点内部にある特異的な DNA 配列を認識すると、結合が起こる。その結果、複製が DNA に沿って両方向に進行していく。複合体中の DNA ポリメラーゼは新しいヌクレオチドを既存の鎖に連結することでポリヌクレオチド鎖を伸長させる。しかし、この過程はプライマーと呼ばれる短いヌクレオチド鎖がなければ始まらない。ほとんどの生物でこのプライマーは短い 1 本鎖の  である。

次に DNA ポリメラーゼがプライマーの 3'末端にヌクレオチドを付加していき、DNA の当該領域の複製が完了するまで新しい鎖は伸長を続ける。その後プライマーは分解されてその部位に DNA が付加され、形成された DNA 断片は別の酵素の働きで連結される。なお、DNA ポリメラーゼは 5'→3'方向にだけヌクレオチド鎖を伸長することができる。そこで、DNA の 2 本鎖のうち一方の鋳型鎖は、DNA がほどけていく方向に、連続的に新生鎖が伸長していく。この鎖を  鎖と呼ぶ。

もう一方の鋳型鎖は逆向きにしか新生鎖を伸長できない。そこで、DNA がほどけて、ある程度 1 本鎖の部分が長くなると、プライマーが合成された後、DNA ポリメラーゼが、DNA のほどけていく方向とは逆方向に新生鎖を伸長して DNA の断片をつくる。できた断片は  という酵素によって、すでにつくられた断片とつながれる。このように、断片がつくられながら不連続に複製されて新しくできた鎖を  鎖という。DNA 複製の過程でつくられる  鎖の断片は、発見者にちなんで  と呼ばれている。

〔Ⅱ〕 実験室で DNA を調べたり遺伝子操作を実施したりするためには、DNA 配列のコピーを大量に合成することが必要になる。この DNA の増幅技術を PCR 法という。この方法の主な反応混合物は以下の①～⑤である。

- ① 鋳型として働く 2 本鎖 DNA
- ② 増幅対象となる DNA 配列の両末端に相補的な 2 つのプライマー
- ③ 4 種類のヌクレオチド
- ④ (a)DNA ポリメラーゼ
- ⑤ 適切な塩濃度とともに中性に近い pH を維持するための緩衝液<sup>かんしょう</sup>  
PCR 法の過程は以下の (i) ~ (iii) を繰り返す。

(i) 反応混合物を約 95 °C に加熱する。

(ii) 次に約 60 °C に温度を下げる。

(iii) 次に約 72 °C にする。

これらを繰り返すことで、目的とする DNA 断片を増幅することができる。

問 (1) 上記の文章の  ~  に適切な語句を記入せよ。

問 (2) DNA の複製方法には以下の 3 つの仮説が考えられていた。

仮説 1 もとの 2 本鎖 DNA はそのまま残り、新たな 2 本鎖 DNA ができる  
保存的複製

仮説 2 もとの 2 本鎖 DNA のそれぞれの鎖を鋳型として、新たなヌクレ  
オチド鎖が合成される半保存的複製

仮説 3 もとの 2 本鎖 DNA は分解され、もとの DNA 鎖と新しい DNA 鎖  
が混在する 2 本鎖 DNA ができる分散的複製

メセルソンとスタールは 1958 年に下記のような実験を行った。

① 大腸菌に  $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$  を栄養分として与えると、 $^{15}\text{N}$  からなる塩基を  
持つ重い DNA ができる。

② 大腸菌の窒素がほとんど  $^{15}\text{N}$  におきかわったところで、 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$   
を含む培地に移して大腸菌をさらに増殖させた。

③ 1 回、2 回と分裂を繰り返した菌から DNA を抽出し、遠心分離に  
よってその比重を調べた。

この実験からどのような結果が出て、どの仮説が正しいことが証明され  
たのか、5 行以内で説明せよ。

問 (3) 〔Ⅱ〕で述べた PCR 法を用いて、1500 塩基対の DNA 分子の中に存在する DNA 領域を、プライマー A とプライマー B を用いて増幅することにした。プライマー A の 5'末端は鋳型となる DNA の 250 塩基内側に、プライマー B の 5'末端は鋳型となる DNA の 150 塩基内側に結合する。この DNA 分子を PCR 法で  $n$  回増幅させたら、1100 塩基対からなる目的とする 2 本鎖の DNA 領域は理論的には何本得られるか、 $n$  で表せ。

問 (4) 通常の PCR 法で用いるプライマーは 20 塩基程度とされている。なぜ 20 塩基より少なすぎても、多すぎてもいけないのか、2 行以内で説明せよ。

問 (5) PCR 法で用いる下線部 (a) の DNA ポリメラーゼは一般的な酵素とはどのような点で異なっているか、1 行で説明せよ。

問 (6) DNA の塩基対では A (アデニン) と T (チミン) の対と G (グアニン) と C (シトシン) の対ではどちらの結合が、どういう理由で強いのか、2 行以内で説明せよ。



2 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み、以下の問（１）～（５）に答えよ。

〔Ⅰ〕 筋肉は円筒状で多核の筋細胞からできている。筋細胞の細胞質にはサルコメアという収縮単位が縦に連なった繊維がつまっている。サルコメアではミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが交互に規則正しく配列している。サルコメアはATPを分解する際に発生するエネルギーでミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相対的な滑り運動で収縮する。筋肉の収縮・弛緩は筋細胞内のカルシウムイオンによって調節される。カルシウムイオンは筋小胞体に蓄えられており、収縮時には細胞質に放出され、トロポニンに結合する。(a)トロポニンはカルシウムイオンを結合すると、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントとの相互作用を開始させる。弛緩時にはカルシウムイオンは再び筋小胞体に取り込まれ、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相互作用が断たれる。

〔Ⅱ〕 骨格筋の収縮は運動神経によって制御されている。運動神経は、その末端で筋繊維と狭いすきまを隔てて連絡している。この部分をアという。このアで神経伝達物質として使われているアセチルコリンはナトリウムイオンなどを通過させるイオンチャネルを開かせて、筋細胞の興奮を引き起こす。

脊椎動物の骨格筋を取り出し、それに接続する神経を1回刺激すると短い潜伏期の後、0.1秒ほどの収縮が起こる。このような単一の収縮を単収縮という。この刺激を1秒間に50回与えると、一続きの大きな収縮がみられるようになり、この収縮をイという。通常の骨格筋で起こる収縮はイである。

〔Ⅲ〕 筋収縮は大量の ATP を消費する。したがって、収縮を持続するためには ATP を補充しなければならない。その代表的な物質が骨格筋に多く蓄えられている高エネルギーリン酸化合物である  である。 は酵素の働きで  になり、これに伴って ADP が ATP になる。

骨格筋細胞は血中のグルコースを取り込み  として大量に蓄えている。運動時には交感神経とアドレナリンの作用により  の分解が進み、グルコースを生じる。グルコースは解糖系によりピルビン酸に分解され、その過程で 1 分子のグルコースあたり 2 分子の ATP を作る。

以上の反応は酸素を必要としないため、酸素供給の乏しい場合に利用される。ATP 供給は速やかであるが、短時間で枯渇し、 や  が細胞内に蓄積する。 は血中に拡散し、肝臓に運ばれて再びグルコースに合成される。

運動中は心拍の増加と骨格筋における血管の拡張により筋肉の血流量が増し、酸素の供給も増加する。このような条件ではピルビン酸は細胞小器官のミトコンドリアに入り、クエン酸回路や電子伝達系を経て ATP が合成される。

問 (1) 上記の文章の ア ~ カ に適切な語句を記入せよ。

問 (2) 下線部 (a) でトロポニンがカルシウムイオンと結合すると、どのような変化が起こり、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの相互作用が開始されるのか、4 行以内で説明せよ。

問 (3) カエル筋繊維のサルコメアの長さを変えて、張力を測ると図 1 のようになった。このことから予想されるサルコメアの長さ  $2.2 \mu\text{m}$  の時の模式図を書け (ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの位置関係を明らかにすること)。

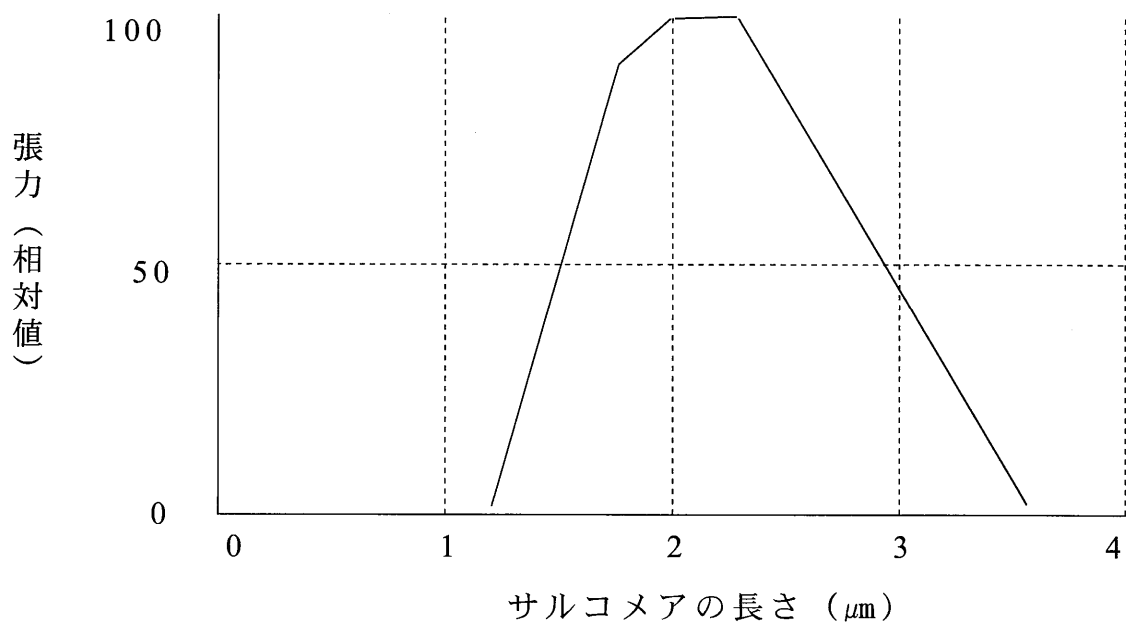


図 1

問 (4) カエルのふくらはぎの筋肉と神経が接する点から  $20 \text{ mm}$  離れた A 点と  $80 \text{ mm}$  離れた B 点を 1 回だけ刺激したところ、A 点では刺激から  $6.3 \text{ ミリ秒}$  後に、B 点の刺激では刺激から  $8.4 \text{ ミリ秒}$  後に筋肉の単収縮が記録された。この神経における興奮の伝導速度 ( $\text{m/秒}$ ) を小数第 2 位を四捨五入して答えよ。

問 (5) 呼吸の電子伝達系において ATP がつくられるしくみを以下のキーワードをすべて使用して、5 行以内で説明せよ。

<キーワード>

ミトコンドリア, マトリックス, 膜間, 電子, ATP 合成酵素,  
水素イオン, タンパク質複合体, NADH, エネルギー

**3** 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み、以下の問（1）～（6）に答えよ。

〔Ⅰ〕 オオムギの種子などは主にデンプンを含む大きな「ア」をもつ。このような種子においては、胚で生産されたジベレリンが、「ア」を囲むように存在する糊粉層こふんそうに対して分泌され、アミラーゼなどの酵素の生産を誘導する。こうして生産されたアミラーゼは「ア」に含まれるデンプンを分解し、発芽後の芽生えの成長エネルギー源として利用される。

オオムギの種子を半分に切ると、胚を含んだ側はアミラーゼの誘導が観察され、胚を含まない側はアミラーゼが誘導されない。したがって、胚がジベレリンの供給源であることがわかる。  
(a)ジベレリンをある巨大分子に結合させた化合物は、細胞膜を通過できないが、これを糊粉層の細胞のプロトプラスト（細胞壁を取り除いた細胞）に作用させると、アミラーゼの生産を促すことができる。しかし、ジベレリンを糊粉層のプロトプラスト内に注入しても、アミラーゼの誘導は観察されない。

〔Ⅱ〕 頂芽優勢はオーキシシンとサイトカイニンによって制御されている。頂芽優勢に関しては以下の①～⑤の実験結果が得られている。

- ① 頂芽を切除すると、切り口に近い側芽が成長を開始する。
- ② 頂芽の切り口にオーキシシンを与えると、頂芽優勢が維持され、側芽の成長は抑制される。
- ③ 頂芽切除後、側芽に直接オーキシシンを与えた場合は、頂芽優勢は維持されず、側芽は成長を開始する。
- ④ 頂芽を切除しなくても、オーキシシンの**(b)極性移動**を阻害する物質を茎に与えると、それより下位の側芽は成長を開始する。
- ⑤ 頂芽を切除しなくても、サイトカイニンを直接側芽に与えると、側芽は成長を開始する。

〔Ⅲ〕 多くの植物では花芽形成は日長による制御を受けている。連続した暗期が  より短いと花芽が形成される植物は長日植物と呼ばれ、  より長いと花芽が形成される植物は短日植物と呼ばれている。一方、日長時間に関係なく花芽が形成される植物を  と呼ぶ。

花芽の形成は日長時間を感知した葉で花成ホルモンがつくられ、これが茎頂分裂組織に移動することにより花芽が形成されると考えられている。

シロイヌナズナの変異体による研究で花成ホルモンに関係する遺伝子として *FT* 遺伝子が同定された。日長を感知した葉で *FT* タンパク質が合成され、<sup>(c)</sup>この *FT* タンパク質が師管を通じて茎頂分裂組織に移動し、花芽が形成される。

問 (1) 上記の文章の  ~  に適切な語句を記入せよ。

問 (2) 種子が休眠することの 2 つの意義について、2 行以内で説明せよ。

問 (3) 下線部 (a) のような現象がなぜ起こるのか、1 行で説明せよ。ただし、ある巨大分子だけではアミラーゼの誘導に関与しないことがわかっている。

問 (4) 〔Ⅱ〕の実験結果から、頂芽優勢はどのようなしくみで起こると考えられているか、3 行以内で説明せよ。

問 (5) 下線部 (b) のオーキシンの極性移動のしくみについて、3 行以内で説明せよ。

問 (6) 下線部 (c) の *FT* タンパク質はどのような働きをするのか、2 行以内で説明せよ。

令和6年度（2024年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験③問題

令和5年11月4日

志願学部／学科	試験時間	ページ数
医学部保健学科 歯学部 農学部	15:20～16:50 (90分)	13ページ

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は13ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（1枚につき1か所）には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 特に指示がない場合は、日本語で答えてください。
8. 日本語での字数の指定がある場合は句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えてください。
9. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」は持ち帰ってください。

——このページは白紙——



——このページは白紙——

1 次の英文を読んで、以下の問いに答えなさい。

Falling birth rates are a major concern for some of Asia's biggest economies. Governments in the region are spending hundreds of billions of dollars trying to reverse the trend. Will it work? Japan began introducing policies to encourage couples to have more children in the 1990s. South Korea started doing the same in the 2000s, while Singapore's first \*fertility policy dates back to 1987. China, which has seen its population fall for the first time on 60 years, recently joined the growing club. While it is difficult to quantify exactly how much these policies have cost, South Korean President Yoon Suk-yeol recently said his country had spent more than \$200 billion (£160 billion) over the past 16 years on trying to boost the population. Yet last year South Korea broke its own record for the world's lowest fertility rate, with the average number of babies expected per woman falling to 0.78. <sup>(1)</sup>In neighbouring Japan, which had record low births of fewer than 800,000 last year, Prime Minister Fumio Kishida has \*pledged to double the budget for child-related policies from 10 trillion yen, which is just over 2% of the country's gross domestic product. Globally, while there are more countries that are trying to lower birth rates, the number of countries wanting to increase fertility has more than tripled since 1976, according to the most recent report by the United Nations.

So why do these governments want to grow their populations? Simply put, having a bigger population who can work and produce more goods and services leads to higher economic growth. And while a larger population can mean higher costs for governments, it can also result in bigger tax \*revenues. Also, many Asian countries are ageing rapidly. Japan leads the pack with nearly 30% of its population now over the age of 65 and some other nations in the region are not far behind. Compare that with India, which has just overtaken China as the world's most populous nation. More than a quarter of its people are between the age of 10 and 20, which gives its economy huge potential for growth. And when the share of the working age population gets smaller, the cost and burden of looking after the non-working population grow. "Negative population growth has an impact on the economy, and combined that with an ageing population, they won't be able to afford to support the elderly," said Xiujian Peng of Victoria University.

Most of the measures across the region to increase birth rates have been similar: payments for new parents, \*subsidised or free education, extra nurseries, \*tax incentives and expanded parental leave. But do these measures work? Data for the last few decades from Japan, South Korea and Singapore shows that attempts to boost their populations have had very little impact. Japan's finance ministry has published a study

which said the policies were a failure. It is a view echoed by the United Nations. “We know from history that the types of policies which we call demographic engineering where they try to incentivise women to have more babies, they just don't work,” Alanna Armitage of United Nations Population Fund told the BBC. “We need to understand the underlying determinants of why women are not having children, and that is often the inability of women to be able to combine their work life with their family life,” she added. But in Scandinavian countries, fertility policies have worked better than they did in Asia, according to Ms Peng. “The main reason is because they have a good welfare system and the cost of raising children is cheaper. Their gender equality is also much more balanced than in Asian countries.” Asian countries have ranked lower in comparison in the global gender gap report by the World Economic Forum.

There are also major questions over how these expensive measures should be funded, especially in Japan, which is the world's most \*indebted developed economy. Options under consideration in Japan include selling more government bonds, which means increasing its debt, raising its sales tax or increasing \*social insurance premiums. The first option adds financial burden to the future generations, while the other two would hit already struggling workers, which could convince them to have fewer children. But Antonio Fatás, professor of economics at \*INSEAD says regardless of whether these policies work, they have to invest in them. “Fertility rates have not increased but what if there was less support? Maybe they would be even lower,” he said. (2) Governments are also investing in other areas to prepare their economies for shrinking populations. “China has been investing in technologies and innovations to make up for the declining labour force in order to mitigate the negative impact of the \*shrinking population,” said Ms Peng. Also, while it remains unpopular in countries like Japan and South Korea, lawmakers are discussing changing their immigration rules to try to \*entice younger workers from overseas. “Globally, the fertility rate is falling so it'll be a race to attract young people to come and work in your country,” Ms Peng added. Whether the money is well spent on fertility policies, these governments appear to have no other choice.

(出典：“Asia is spending big to battle low birth rates — will it work?” June 6, 2023, BBC より一部改変)

from BBC News at [bbc.co.uk/news](https://www.bbc.co.uk/news)

\*fertility : 出生率

\*pledge : 約束する

\*revenue : 歳入

- \*subsidise : 補助金を与える
- \*tax incentives : 税制優遇措置
- \*indebted : 負債がある
- \*social insurance premiums : 社会保険料
- \*INSEAD : 欧州経営大学院
- \*shrink : 減る
- \*entice : 呼び込む

問1 下線部 (1) を日本語に訳しなさい。

問2 アジア諸国と比べ、スカンジナビア諸国で少子化対策が成功している理由は何か、本文に即して説明しなさい。

問3 下線部 (2) の具体例としてあげられているものを、本文に即して説明しなさい。

問4 以下の (a) ~ (d) のうち、本文の内容から正しいと判断できるものを一つ選び記号で答えなさい。

- (a) 1976年以来、世界的に出生率の向上を望む国は3倍以上に増加している。
- (b) 世界で最も人口の多い国は中国である。
- (c) 税制優遇措置は、日本では人口増加に効果があった。
- (d) 国債の売却は、すでに苦しい状況にある労働者に打撃を与える。



2 次の英文を読んで、以下の問いに答えなさい。  
([1]～[3]はそれぞれ段落番号を表す。)

[1] The traces of genetic material that humans constantly shed wherever they go could soon be used to track individual people, or even whole ethnic groups, scientists said on Monday, warning of a \*looming “ethical \*quagmire.”

[2] A recently developed technique can glean a huge amount of information from tiny samples of genetic material called <sup>(1)</sup>environmental DNA, or eDNA, that humans and animals leave behind everywhere — including in the air. The tool could lead to a range of medical and scientific advances, and could even help track down criminals, according to the authors of a new study published in the journal Nature Ecology & Evolution. But it also poses a vast range of concerns around consent, privacy and surveillance, they added. Humans spread their DNA — which carries genetic information specific to each person— everywhere, by shedding skin or hair cells, coughing out droplets, or in wastewater flushed down toilets. In recent years, scientists have been increasingly collecting the eDNA of wild animals, in the hopes of helping threatened species. For the new research, scientists at the University of Florida’s Whitney Laboratory for Marine Bioscience had been focused on collecting the eDNA of endangered sea turtles. But the international team of researchers inadvertently collected a massive amount of human eDNA, which they called “human genetic bycatch.” David Duffy, a wildlife disease genomic professor at the Whitney Laboratory who led the project, said they were “consistently surprised” by the amount and quality of the human eDNA they collected. “In most cases the quality is almost equivalent to if you took a sample from a person,” he said. <sup>(2)</sup>The scientists collected human eDNA from nearby oceans, rivers and towns, as well as from areas far from human settlements. Struggling to find a sample not \*tainted by humans, they went to a section of a remote Florida island inaccessible to the public. It was free of human DNA — at least until a member of the team walked barefoot along the beach. They were then able to detect eDNA from a single footprint in the sand. In Duffy’s native Ireland, the team found human DNA all along a river, with the exception of the remote mountain stream at its source. Taking samples from the air of a veterinary hospital, the team captured eDNA that matched the staff, their animal patient and viruses common in animals.

[3] One of the study’s authors, Mark McCauley of the Whitney Laboratory, said that by sequencing the DNA samples, the team was able to identify if a person had a greater risk of diseases such as \*autism and \*diabetes. “All of this very personal, ancestral and health-related data is freely available in the environment, and it’s simply floating around us in the air right now,” McCauley told an online news conference. “We specifically did not examine our \*sequences in a way that we would be able to pick out specific individuals

because of the ethical issues,” he said. But that would <sup>(3)</sup> “definitely” be possible in the future, he added. “The question is how long it takes until we’re at that stage.” The researchers emphasized the potential benefits of collecting human eDNA, such as tracking cancer \*mutations in wastewater, discovering long-hidden archaeological sites or revealing the true \*culprit of a crime using only the DNA they left in a room. Natalie Ram, a law professor at the University of Maryland not involved in the research, said the findings “should raise serious concern about genetic privacy and the appropriate limits of policing.” “Exploiting involuntarily shed genetic information for investigative aims risks putting all of us under \*perpetual genetic surveillance,” she wrote in a commentary on the study. The authors of the study shared her concerns. McCauley warned harvesting human eDNA without consent could be used to track individual people or even target “vulnerable populations or ethnic minorities.” <sup>(4)</sup> It is why the team decided to sound the alarm, they said in a statement, calling for policymakers and scientists to start working on regulation that could address such issues.

(Juliette Collen, “New threat to privacy? Scientists sound alarm about DNA tool”, The Japan Times, 2023/5/16, AFP-JJL.一部改編)

\*loom : 迫る

\*quagmire : 泥沼

\*taint : 汚染する

\*autism : 自閉症

\*diabetes : 糖尿病

\*sequence : 配列

\*mutation : 突然変異

\*culprit : 犯罪者

\*perpetual : 永続的

問1 下線部 (1) の environmental DNA, or eDNA について, ① eDNA とは何か, また  
② eDNA は何に役立つ可能性があるか, 段落[2]で述べられている内容に即して, それ  
ぞれ30字程度で説明しなさい。

問2 下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問3 下線部 (3) について, 何が “definitely” be possible in the futureなのか, 本文に  
即して説明しなさい。

問4 下線部 (4) の It が何を示しているか, 本文に即して説明しなさい。



——このページは白紙——

3 次の英文 [I] と [II] を読んで、以下の問いに答えなさい。

[I] The 19th century landscape paintings hanging in London’s Tate Britain Museum looked awfully familiar to climate physicist Anna Lea Albright. Artist Joseph Mallord William Turner’s signature way of \*shrouding his \*vistas in fog and smoke reminded Albright of her own research tracking air pollution.

“I started wondering if there was <sup>(1)</sup> a connection,” says Albright, who had been visiting the museum on a day off from the Laboratory for Dynamical Meteorology in Paris. After all, Turner — a forerunner of the impressionist movement — was painting as Britain’s industrial revolution gathered steam, and a growing number of \*belching manufacturing plants earned London the nickname “The Big Smoke.”

Turner’s early works, such as his 1814 painting “Apullia in Search of Appullus,” were rendered in sharp details. Later works, like his celebrated 1844 painting “Rain, Steam and Speed - the Great Western Railway,” embraced a dreamier, \*fuzzier aesthetic. Perhaps, Albright thought, this \*burgeoning painting style wasn’t a purely artistic phenomenon. Perhaps Turner and his successors painted exactly what they saw: their \*environs becoming more and more obscured by \*smokestack haze.

To find out how much realism there is in impressionism, Albright teamed up with Harvard University climatologist Peter Huybers, who’s an expert in reconstructing pollution before instruments existed to closely track air quality. Their analysis of nearly 130 paintings by Turner, Paris-based impressionist Claude Monet and several others tells a tale of two modernizing cities.

Low contrast and whiter \*hues are \*hallmarks of the impressionist style. They are also hallmarks of air pollution, which can affect how a distant scene looks to the naked eye. <sup>(2)</sup> Tiny \*airborne particles, or \*aerosols, can absorb or scatter light. That makes the bright parts of objects appear dimmer while also shifting the entire scene’s color toward neutral white.

The artworks that Albright and Huybers investigated, which span from the late 1700s to the early 1900s, decrease in contrast as the 19th century progresses. That trend tracks with an increase in air pollution, estimated from historical records of coal sales, Albright and Huybers report in <sup>(3)</sup> the Feb. 7 Proceedings of the National Academy of Sciences.

[II] Albright and Huybers distinguished art from aerosol by first using a mathematical model to analyze the contrast and color of 60 paintings that Turner made between 1796 and 1850 as well as 38 Monet works from 1864 to 1901. They then compared the findings to \*sulfur dioxide emissions over the century, estimated from the trend in the annual amount of coal sold and burned in London and Paris. When sulfur dioxide reacts with molecules in the atmosphere, aerosols form.

“Our results indicate that [19th century] paintings capture changes in the \*optical environment associated with increasingly polluted atmospheres during the industrial revolution,” the researchers write. As sulfur dioxide emissions increased over time, the amount of contrast in both Turner’s and Monet’s paintings decreased. However, paintings of Paris that Monet made from 1864 to 1872 have much higher contrast than Turner’s last paintings of London made two decades earlier.

The difference, Albright and Huybers say, can be attributed to the much slower start of the industrial revolution in France. Paris' air pollution level around 1870 was about what London's was when Turner started painting in the early 1800s. It confirms that the similar \*progression in their painting styles can't be chalked up to coincidence, but is guided by air pollution, the pair conclude.

The researchers also analyzed the paintings' \*visibility, or the distance at which an object can be clearly seen. Before 1830, the visibility in Turner's paintings averaged about 25 kilometers, the team found. Paintings made after 1830 had an average visibility of about 10 kilometers. Paintings made by Monet in London around 1900, such as "Charing Cross Bridge," have a visibility of less than five kilometers. That's similar to estimates for modern-day megacities such as Delhi and Beijing, Albright and Huybers say.

To strengthen their argument, the researchers also analyzed 18 paintings from four other London- and Paris-based impressionists. Again, as outdoor air pollution increased over time, the contrast and visibility in the paintings decreased, the team found. What's more, the decrease seen in French paintings lagged behind the decrease seen in British ones.

Overall, air pollution can explain about 61 percent of contrast differences between the paintings, the researchers calculate. In that respect, "different painters will paint in a similar way when the environment is similar," Albright says. "But I don't want to overstep and say: Oh, we can explain all of impressionism."

(Source: Bas den Hond, Science News, February 26, 2023. Used with permission.)

(注)

*shroud : 覆う	*vista : 風景	*belch : 吹き出す
*fuzzier : fuzzy (ぼやけた) の比較級		*burgeon : 芽生える
*environ : (…を) 取り巻く	*smokestack haze : 煙突の薄煙	
*hue : 色合い	*hallmark : 特徴的なこと	
*airborne : 空中の	*aerosol : エアロゾル	
* sulfur dioxide : 二酸化硫黄	*optical : 視覚の	
*progression : 発展, 進み	*visibility : 視程	

問 1. 下線部 (1) の a connection は何を指すか, [I] の内容に即して説明しなさい。

問 2. 下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問 3. 下線部 (3) の英文雑誌で報告されている研究成果に至る過程で Albright and Huybers ほどのようなことを行ったか, [II] の内容に即して, 簡潔に 4 点説明しなさい。

令和 6 年度（2024 年度）東北大学

AO 入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験①問題

令和 5 年 11 月 4 日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 放射線技術科学専攻 検査技術科学専攻	9：30～10：50  (80分)	6 ページ

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は 6 ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」、「メモ用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（1 枚につき 1 か所）には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」、「メモ用紙」は持ち帰ってください。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1 以下の問いに答えよ。

(1) 1, 2, 3, 4, 5, 6の目が等しい確率で出る1個のさいころを3回続けて投げる。出た目が連続する3つの数となる確率を求めよ。ただし、出る目の順番は問わない。

(2)  $x > 1$ とする。次の不等式を満たす  $x$  の値の範囲を求めよ。

$$\log_3 x + \log_x 9 \leq \frac{9}{2}$$

(3) 次の定積分の値を求めよ。

$$\int_{-1}^1 |x(x+1)^2| dx$$

2 三角形 ABC において、 $AB = 7$ 、 $BC = 5$ 、 $CA = 3$ とする。辺 BC を 4 : 1 に内分する点を D とする。頂点 B から直線 AC に垂線を引き、直線 AC との交点を E とする。 $\overrightarrow{AB} = \vec{b}$ 、 $\overrightarrow{AC} = \vec{c}$  とするとき、次の問いに答えよ。

- (1) 内積  $\vec{b} \cdot \vec{c}$  の値を求めよ。
- (2) 線分 AE の長さを求め、 $\overrightarrow{AE}$  を  $\vec{c}$  を用いて表せ。
- (3) 三角形 ABC の面積を求めよ。
- (4) 点 E に関して点 C と対称な点を F とする。直線 AD と直線 BF との交点を G とするとき、三角形 BDG の面積を求めよ。



3  $xy$  平面上の曲線  $C_0 : x^2 - 2xy + y^2 - 3\sqrt{2}x + \sqrt{2}y = 0$  を原点の周りに  $\frac{\pi}{4}$  だけ回転した曲線を  $C_1$  とする。次の問いに答えよ。

- (1) 点  $A(x, y)$  を原点の周りに  $\frac{\pi}{4}$  だけ回転した点を  $B(s, t)$  とする。  $s, t$  をそれぞれ  $x, y$  を用いて表せ。
- (2)  $C_1$  を表す  $x$  と  $y$  との関係式を求めよ。
- (3)  $C_0$  の概形を  $xy$  平面上に描け。
- (4)  $C_0$  と  $x$  軸とで囲まれた部分の面積を求めよ。

令和 6 年度（2024 年度）東北大学


A〇入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験② 封筒

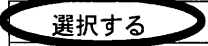
令和 5 年 11 月 4 日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	問題冊子数
医学部保健学科 放射線技術科学専攻 検査技術科学専攻	13:00～14:20  (80分)	3冊


## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この封筒を開いてはいけません。
2. この封筒には、「問題冊子」3冊、「解答用紙」3種類、「メモ用紙」1冊が入っています。
3. 筆記試験②は、＜必答問題1＞、＜選択問題1＞、＜選択問題2＞の3冊からなります。  
※ 必答問題1の他に、＜選択問題1～2＞のうちから1つを選択し、解答してください。 選択問題を選択しなかった場合は、失格となります。  
※ ＜選択問題＞の解答用紙1枚目の所定の欄に、選択の有無を  で囲んでください。

選択する場合：

 選択する
選択しない

選択しない場合：

選択する
 選択しない

4. ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合には申し出てください。問題冊子のホチキスは外さないでください。
5. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
6. 「解答用紙」は1枚につき1か所の所定の欄に、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。選択しない問題の解答用紙にも受験記号番号を記入してください。
7. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
8. 試験終了後は、「解答用紙」は全て回収しますので持ち帰ってはいけません。  
本封筒、「問題冊子」及び「メモ用紙」は持ち帰ってください。

B4

令和6年度（2024年度）東北大学  
A〇入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <必答問題1>

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 放射線技術科学専攻 検査技術科学専攻	13:00～14:20  (80分)	15ページ

——このページは白紙——

——このページは白紙——

必要があれば次の数値を用いなさい。

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

絶対零度：  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$

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

ファラデー定数：  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

原子量： H = 1.0 Li = 6.9 C = 12.0 O = 16.0 Cl = 35.5 K = 39.1

1 気体の溶解に関する文〔I〕と文〔II〕を読んで、問1から問5に答えなさい。

〔I〕体積を自由に変えることのできるピストン付きの容器に、水 1.0 L と気体 A 0.30 mol のみを入れて、気体 A と水を合わせた容器内の体積が 3.0 L になるように固定具でピストンを固定した（図1）。実験のあいだ、容器の温度は常に  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  に保たれていた。気体 A の水への溶解はヘンリーの法則に従い、

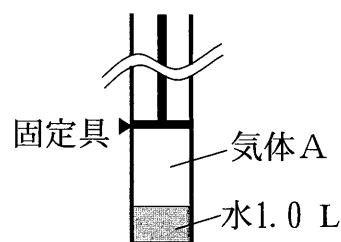


図1

$20 \text{ }^\circ\text{C}$  で水に接している  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体 A は、水 1.0 L に  $3.9 \times 10^{-2} \text{ mol}$  溶けることとする。気体 A は今回の実験における温度、圧力のもとで凝縮することはない、理想気体としてふるまい、また、ピストンの質量、水の蒸気圧は無視する。

問1 容器内の気体 A の圧力を  $P$  [Pa] として (1) から (3) に答えなさい。

(1) 水 1.0 L に溶解している気体 A の物質量  $n_s$  [mol] を、次の式で表すとき、

に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

$$n_s = \text{} \times P$$

(2) 水の上の空間に存在する気体 A の物質量  $n_g$  [mol] を、次の式で表すとき、

に入る数値を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、容器内の気体部分の体積は 2.0 L とし、気体定数  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$  と絶対温度  $293 \text{ K}$  の積を  $2.43 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{L/mol}$  として計算しなさい。

$$n_g = \text{} \times P$$

(3)  $P$  [Pa] の値を求め、その値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 2 温度を  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったまま、図 1 のピストンの固定をはずして自由に動く状態にしたところ、容器内の気体 A の圧力が容器にかかる大気圧 ( $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ ) と等しくなってピストンが止まった。この状態を状態 1 とする (図 2 左)。状態 1 で水に溶けている気体 A の物質量を  $n_1\text{ [mol]}$  とする。次に温度を  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ったまま、状態 1 のピストンにおもりを載せ、容器内の気体 A の圧力を  $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$  とした状態を状態 2 とする (図 2 右)。状態 2 で水に溶けている気体 A の物質量を  $n_2\text{ [mol]}$  とする。(1) および (2) に答えなさい。ただし、固定をはずしたピストンは摩擦なく動くものとする。

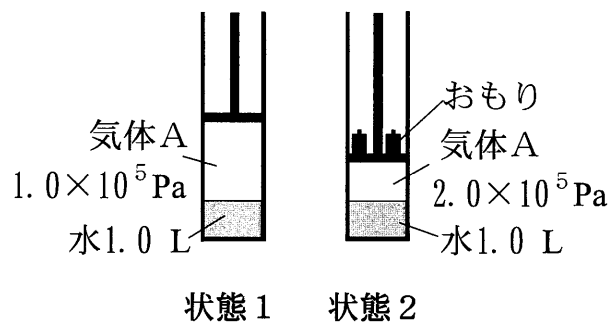


図 2

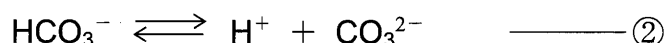
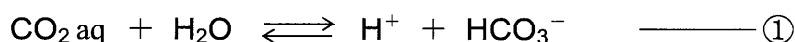
(1)  $n_1\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を  $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで、 $n_2\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を  $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで測定したところ、それぞれ  $V_1\text{ [L]}$ 、 $V_2\text{ [L]}$  であった。 $V_1$  と  $V_2$  を比較したとき、その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積の測定はいずれも  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  で行った。

- ①  $2V_1 = V_2$       ②  $V_1 = V_2$       ③  $V_1 = 2V_2$

(2)  $n_1\text{ [mol]}$  の気体 A と  $n_2\text{ [mol]}$  の気体 A の体積を同じ圧力のもとで測定したところ、それぞれ  $V_3\text{ [L]}$ 、 $V_4\text{ [L]}$  であった。 $V_3$  と  $V_4$  を比較したとき、その大きさはどのような関係になるか。①から③より正しいものを 1 つ選んで解答欄の番号を○で囲みなさい。体積の測定はいずれも  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  で行った。

- ①  $2V_3 = V_4$       ②  $V_3 = V_4$       ③  $V_3 = 2V_4$

〔Ⅱ〕 水を 25 °C,  $1.0 \times 10^5$  Pa の空気中に十分に長く放置したところ, この水に空気中の二酸化炭素が溶け込み, 水溶液となった。この水溶液を水溶液 B と呼ぶ。水溶液 B は二酸化炭素の溶解に関して平衡状態となっている。水に溶解した二酸化炭素を  $\text{CO}_2 \text{ aq}$  とすると,  $\text{CO}_2 \text{ aq}$  のごく一部は炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  の生成を經由して次のように二段階で電離する。



25 °C において, 一段目の反応①の電離定数は  $K_1 = 4.5 \times 10^{-7}$  mol/L, 二段目の反応②の電離定数は  $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$  mol/L とする。

二酸化炭素の水への溶解についてはヘンリーの法則が成り立ち, 25 °C で  $1.0 \times 10^5$  Pa の二酸化炭素は 1.0 L の水に  $3.0 \times 10^{-2}$  mol 溶けることとする。実験のあいだ空気の組成は一定で, 二酸化炭素以外に水と反応する気体は空気中に存在しないこととする。また, 水の電離は考慮しないこととする。

問 3 実験に用いた空気中に二酸化炭素は体積の割合で 0.040% 存在した。  $1.0 \times 10^5$  Pa の空気における二酸化炭素の分圧 [Pa] を求めて, その数値を有効数字 2 桁で書きなさい。

問 4 水溶液 B 1.0 L に二酸化炭素は何 mol 溶解しているか。数値を求めて有効数字 2 桁で書きなさい。ただし, 二酸化炭素の溶解によって水の体積は変化しないこととする。

問 5 水溶液 B の pH に関連した次の (1) から (3) に答えなさい。ただし,  $K_2$  の値が非常に小さい二段目の反応②は無視することができ, 水素イオン  $\text{H}^+$  は一段目の反応①によってのみ生じることとする。



- (1) 問4で求めた水溶液B 1.0 Lに溶解している二酸化炭素の物質量を  $C$  [mol] とすると電離前の二酸化炭素のモル濃度は  $C$  [mol/L] となる。一段目の反応①の電離度を  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) としたとき、下の空欄  に  $C$  と  $\alpha$  を用いた文字式を書き入れ、 $K_1$  を表す式③を完成させなさい。

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = \text{} \quad \text{————— ③}$$

- (2) ③式の  $K_1$  と  $C$  に数値を代入して  $\alpha$  を求めたところ、 $\alpha = 0.18$  であった。水溶液Bの水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を求めて、次の式の空欄  にあてはまる数値を有効数字2桁で書きなさい。ただし、空欄  にあてはまる数値は1以上で、10より小さい。

$$[\text{H}^+] = \text{} \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

- (3) 水溶液Bの pH は次のどの範囲にあると考えられるか。最も適切なものをアからオより1つ選んで解答欄の記号を○で囲みなさい。

- |   |               |   |               |
|---|---------------|---|---------------|
| ア | 3.0 から 4.0 の間 | イ | 4.0 から 5.0 の間 |
| ウ | 5.0 から 6.0 の間 | エ | 6.0 から 7.0 の間 |
| オ | 7.0 から 8.0 の間 |   |               |

2 次の文章〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕および〔Ⅲ〕を読んで、問1から問8に答えなさい。

〔Ⅰ〕 ある反応が進行するかどうかは、その反応の活性化エネルギーが正反応も逆反応も十分に速く起こるほど低い場合には、次の2つの要因によって決まる。なお、以下の文章では融解や溶解などの状態の変化も広義の反応に含めて述べる。

1つの要因は、反応物から生成物に変化する際の内部エネルギーの変化である。内部エネルギーとは、いま観察者が注目している部分（これを系という）がもつ全エネルギー、すなわち運動エネルギーや結合エネルギーの総和のことである。一般に内部エネルギーが小さいほどその系は安定である。この変化の過程で系の内部エネルギーが減少する場合には、系はその分のエネルギーを熱として系の外部に放出するので発熱反応となり、また生成物は反応物よりも安定になるので、反応は自発的に進行しやすい。逆に、系の内部エネルギーが増加する場合には、その分のエネルギーを系の外部から取り込むので吸熱反応となり、生成物は反応物よりも不安定になるので反応は進行しにくい。

もう1つの要因は、反応物から生成物に変化する際の系の乱雑さの変化である。反応によって系の乱雑さが増加する場合には、その反応は自発的に進行しやすいことが知られている。逆に、反応によって系の乱雑さが減少する場合には、その反応は進行しにくい。ここで、系の乱雑さが増加する変化とは、(a)固体から液体へ（融解）、液体から気体へ（気化）などの状態変化、(b)分離されていた2つの物質が均一に混じり合う変化（気体の混合、固体の溶媒への溶解など）、(c)化学反応において反応物より生成物の方が分子の数が増える変化などである。

ある反応において、上記2つの要因の効果が互いに強め合う場合には、反応は不可逆となり、自発的に進行するか、または全く進行しないかのどちらかとなる。一方、2つの要因の効果が互いに弱め合う場合には、反応は可逆となり、自発的に進行するかどうかは、その反応条件で2つの要因のどちらが大きいかによって決まる。たとえば、反応の進行に対して、反応による内部エネルギーの増加が与える効果が、乱雑さの増加が与える効果より大きければ、その反応は自発的には進行しないが、小さければ自発的に進行する。

問1 次の反応(ア)から(オ)は、それぞれ下の表の反応の分類AからDのどれにあてはまるか。解答欄にAからDの記号を記入しなさい。なお、これらの反応の最初と最後で系の温度は同じであるとする。

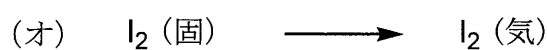
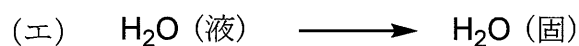
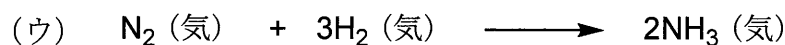
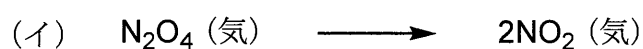
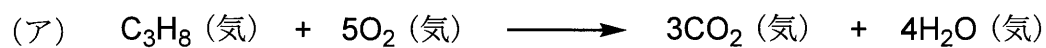


表 熱の出入りと乱雑さの変化による反応の分類

反応の分類	熱の出入り	乱雑さの変化
A	発熱	増加
B	吸熱	減少
C	発熱	減少
D	吸熱	増加

問2  $\text{KCl}$  (固) の  $25^\circ\text{C}$ での水への溶解熱は  $-17.2\text{ kJ/mol}$  で吸熱反応であるが、自発的に進行する。その理由を「内部エネルギー」および「乱雑さ」という語句を用いて40~50字程度で説明しなさい。

〔Ⅱ〕塩化リチウムおよび塩化カリウムの結晶はいずれも塩化ナトリウム型構造（図 1）をとっている。塩化リチウムおよび塩化カリウムの融点はそれぞれ  $613\text{ }^{\circ}\text{C}$  および  $776\text{ }^{\circ}\text{C}$  であるが、塩化リチウムと塩化カリウムを塩化リチウム：塩化カリウム = 6:4 の物質質量比で含む均一な混合物は、 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  では融解し液体となっている。この融解している塩、すなわち熔融塩を熔融塩 E とする。

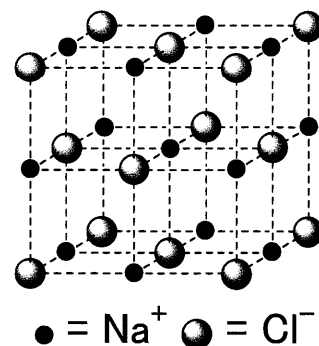


図1 塩化ナトリウム型構造

熔融塩 E  $100.0\text{ g}$  を  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  に保ち、適切な材質の電極 X および電極 Y を挿入して電極 X と電極 Y との間に  $3.6\text{ V}$  の電圧をかけたところ、電極 X 上にはリチウム単体（融点  $181\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）が液体として生成し、電極 Y 上には塩素が気体として発生した。液体のリチウムの密度は熔融塩 E の密度よりも小さいため、生成したリチウムは熔融塩 E に浮かんでくるので、これを塩素と接触させないようにして集めることによりリチウム単体が得られた。なお、この電気分解の間に塩化カリウムは変化せず、また熔融塩 E は液体の状態を保っていたとする。

問 3 塩化カリウム結晶の単位格子 1 個当たりの質量は何  $\text{g}$  か。その数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 下線部において、電極 X および電極 Y のうち一方は陽極、もう一方は陰極である。(ア) 陽極上および(イ) 陰極上で起こる反応を、それぞれ電子 ( $e^-$ ) を含むイオン反応式で書きなさい。

問 5 電極 X と電極 Y との間に  $5.0\text{ A}$  の一定電流が  $2.0$  時間流れたとすると、得られるリチウム単体の物質質量は何  $\text{mol}$  か。その数値を有効数字 2 桁で答えなさい。

〔Ⅲ〕 (a) 酸化物には、水と反応させて水溶液としたときに、その水溶液が酸性を示すものから塩基性を示すものまで様々なものがある。また、水に溶けない酸化物でも、酸や塩基の水溶液と反応して溶けるものがある。たとえば、(b) 酸化アルミニウムは両性酸化物と呼ばれ、強酸とも強塩基とも反応して溶ける。また、二酸化ケイ素は常温ではほとんどの酸や塩基に対して安定であるが、(c) フッ化水素酸（フッ化水素の水溶液）とは反応して溶ける。

問 6 下線部 (a) に関連して、下の (ア) から (オ) に示す酸化物 0.1 mol を水 1 L に溶かし、得られた水溶液の pH を比べたとき、pH が最も低いもの、2 番目に低いものおよび 3 番目に低いものを下の (ア) から (オ) の中からそれぞれ選び、それらの記号を pH が低い順に、左から右に列記しなさい。

(ア) BaO    (イ) SO<sub>3</sub>    (ウ) Na<sub>2</sub>O    (エ) P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>    (オ) CO<sub>2</sub>

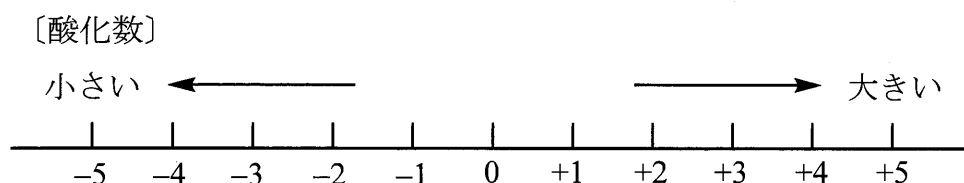
問 7 下線部 (b) に関して、次の反応 (1) および (2) のイオン式を含まない化学反応式をそれぞれ書きなさい。

- (1) 酸化アルミニウムと塩酸との反応
- (2) 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応

問 8 下線部 (c) で起こる反応のイオン式を含まない化学反応式を書きなさい。

3 次の問1から問5に答えなさい。

問1 下図の酸化数の大小関係を参考にして、下の物質のグループ(1)から(4)のそれぞれの中で、指定した元素の酸化数が2番目に大きい物質中の指定した元素の酸化数を書きなさい。



- (1) CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub> CO CaC<sub>2</sub> の中の炭素
- (2) NH<sub>3</sub> NO<sub>2</sub> AgNO<sub>3</sub> NaNO<sub>2</sub> の中の窒素
- (3) H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> CO O<sub>2</sub> の中の酸素
- (4) NaClO Cl<sub>2</sub> NaCl KClO<sub>3</sub> の中の塩素

問2 工業的に二酸化硫黄を発生させる方法の一つは、黄鉄鉱の燃焼である。黄鉄鉱の主成分は FeS<sub>2</sub> であり、これは Fe<sup>2+</sup>と S<sub>2</sub><sup>2-</sup>からなるイオン性化合物である。

(a) FeS<sub>2</sub> を空気中で燃焼させると酸化鉄(Ⅲ)と二酸化硫黄が生成する。発生した

二酸化硫黄を濃い水酸化ナトリウム水溶液に通すと、亜硫酸ナトリウムが生成する。この亜硫酸ナトリウムは、実験室で二酸化硫黄を発生させるときに試薬として用いられる。すなわち、(c) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると二酸化硫黄が発生する。

下線部(a)、(b)および(c)で起こる反応の、イオン式を含まない化学反応式を、それぞれ解答欄に書きなさい。

問3 炭酸ナトリウム  $x$  [mol] と水酸化ナトリウム  $y$  [mol] を含む結晶の混合物がある。これをすべて水に溶かして 100.0 mL の水溶液とした。この水溶液を 10.0 mL ずつ 2 つの三角フラスコ A および B に入れた。三角フラスコ A にメチルオレンジを指示薬として加え、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、気体の発生が観察され、また塩酸を 14.50 mL 加えたところで水溶液の色が変色した。

三角フラスコ B には、炭酸バリウムの白色沈殿が生じなくなるまで塩化バリウム水溶液を加えた。その後、この水溶液にフェノールフタレインを指示薬として加え、1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ、10.50 mL 加えたところで水溶液の色が変色した。

次の (1) と (2) に答えなさい。

- (1) 三角フラスコ A 中で、炭酸ナトリウムと塩酸との間で起こった反応の、イオン式を含まない化学反応式を書きなさい。
- (2) 最初の結晶の混合物中の (a) 炭酸ナトリウムの物質量  $x$  [mol] および (b) 水酸化ナトリウムの物質量  $y$  [mol] を求め、その数値を有効数字 3 桁でそれぞれの解答欄に書きなさい。

問 4 示性式  $C_4H_9OH$  で表されるアルコールの構造式を図 1 に示す。これらの中で、下の条件 (1) から (4) の各々に当てはまるアルコールを A から D の中から選び、その記号を解答欄に書きなさい。なお、それぞれの条件において、解答は 1 つとは限らない。

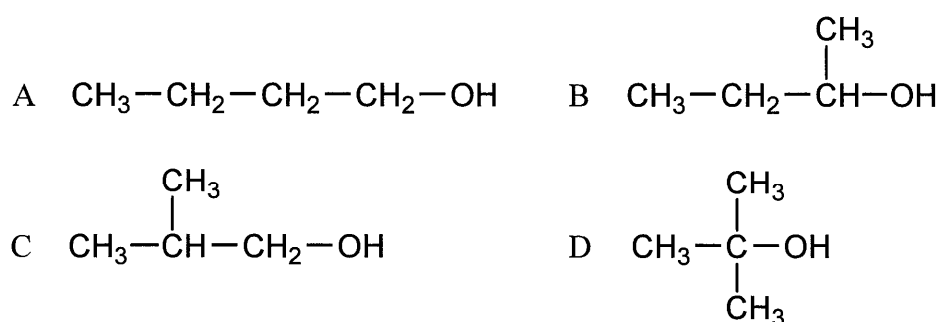
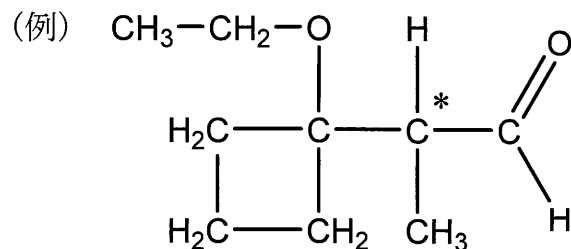


図1

- (1) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると、ケトンを生成するアルコール
- (2) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加え穏やかに加熱すると、カルボン酸を生成するアルコール
- (3) 酸を加えて加熱し、分子内脱水反応を起こさせて生じるアルケンが、エチル基を含まないアルケンのみであるアルコール
- (4) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、 $CHI_3$  が主要生成物の 1 つとして生じるアルコール



問 5 次の指定された条件 (1) から (4) を満たす有機化合物のうち、不斉炭素原子を 1 個もつものの構造式を、それぞれ 1 つずつ書きなさい。不斉炭素原子には \* 印を付けなさい。構造式は下の例にならって書くこと。



- (1) 分子式  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  をもち 3 個の炭素と結合している炭素を 2 個含むアルカン
- (2) 分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  をもつエーテル
- (3) 分子式  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}$  をもち四員環構造 (4 個の原子からなる環状構造) をもつケトン
- (4) 分子式  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  をもつヒドロキシ酸

令和6年度（2024年度）東北大学

A〇入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <選択問題1>

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 放射線技術科学専攻 検査技術科学専攻	13:00～14:20  (80分)	13ページ

B2456

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1

図1のように、表面のあらい円盤があり、円盤は軸を中心に回転装置で回転することができるようになっている。長さ $\ell$ の軽くて伸び縮みしない棒の一端に質量 $m$ の小物体を取り付け、他端を円盤の軸になめらかに自由に動くことができるように取り付けた。小物体と円盤との間の静止摩擦係数は $\mu$ 、動摩擦係数は $\mu'$ であり、棒と円盤との間に摩擦力ははたらかない。円盤は傾きを変えることができ、鉛直線と円盤の軸との間の角度（傾き角）を $\varphi$ とする。円盤表面と円盤の軸の交点を原点 $O$ として、水平方向に $x$ 軸、傾いた斜面にそって下方に $y$ 軸をとる。座標軸は円盤の回転とともに回転しないものとし、 $y$ 軸と棒がなす角度を $\theta$ として円盤の軸を上から見て反時計回りを正の角度とする。重力の大きさを $g$ とし、空気抵抗は無視できるものとする。角度はラジアンを用いて表す。

次の問1～問6に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

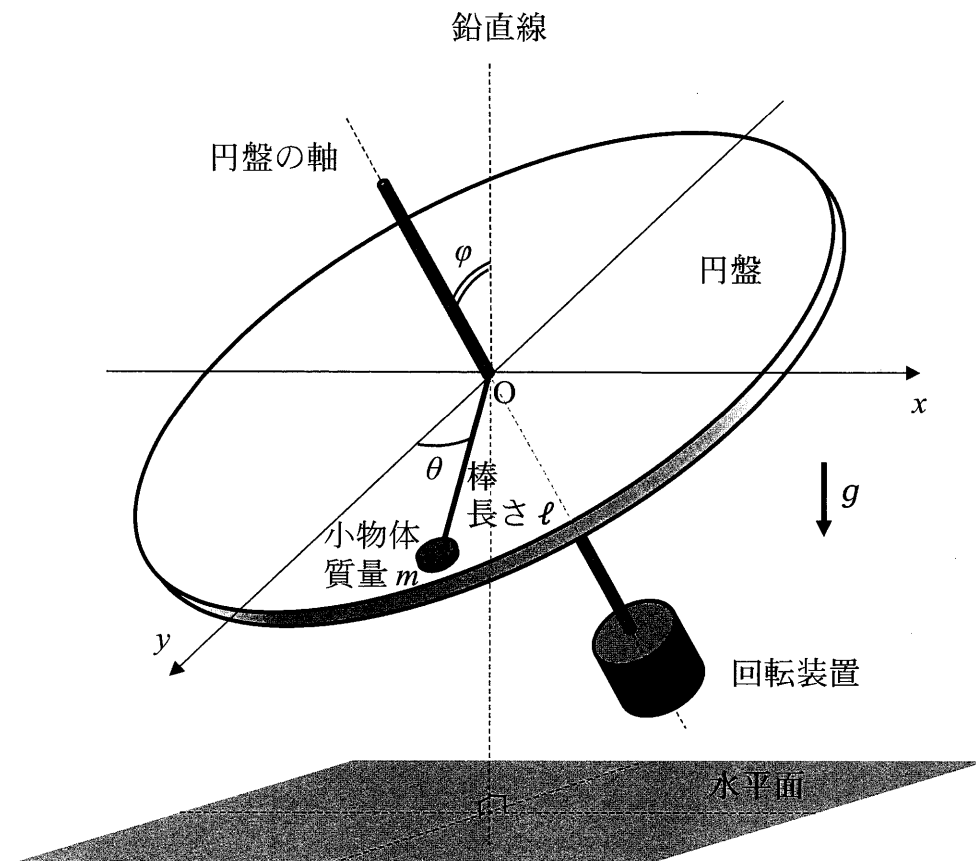


図1

※ 採点では、重力加速度の大きさを $g$ として計算している解答も、論理的に間違いが無ければ正解として扱った。

はじめに、円盤の傾き角を  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  とした。円盤は回転していない。

問1 図2のように、小物体を  $\theta = \frac{2}{3}\pi$  の角度の位置から静かにはなすと、小物体は円盤の表面から離れることなく運動した。 $\theta = \frac{1}{3}\pi$  の角度の位置を通過するとき小物体が棒から受ける力の大きさ  $S$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $\ell$  から必要なものを用いて表せ。また、その力の向きを答えよ。

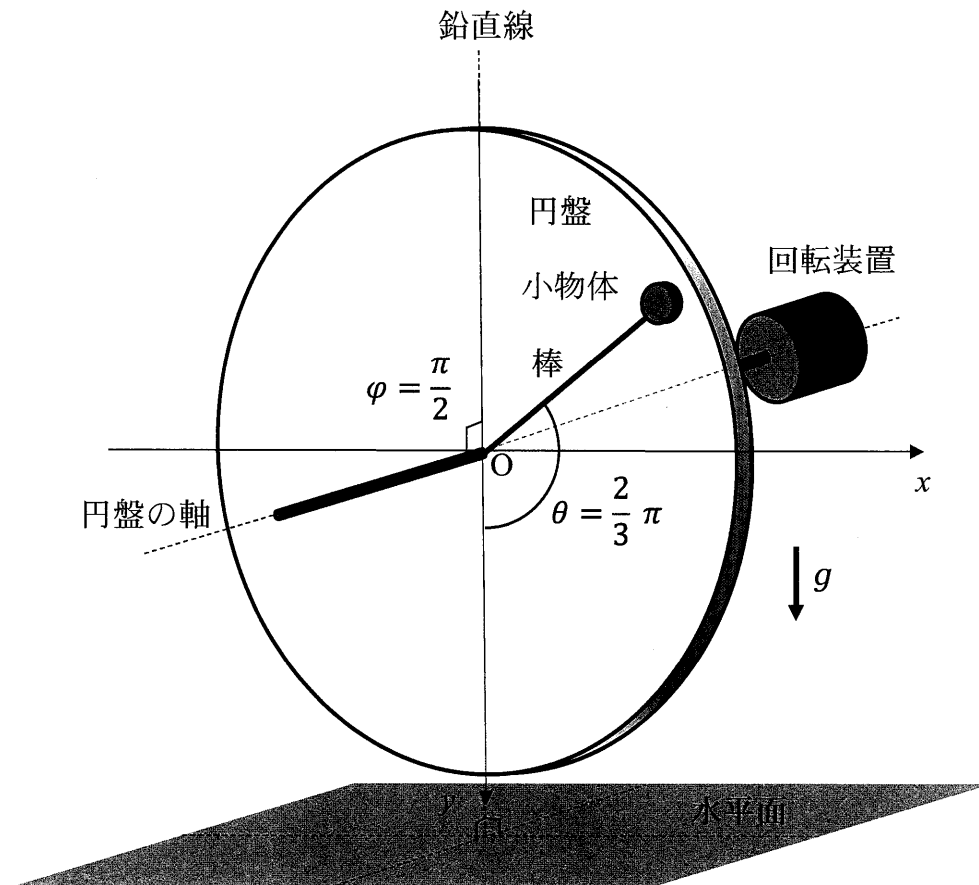


図2

問2  $|\theta|$  が十分小さい角度の位置から小物体を静かにはなしたとき、小物体は円盤の表面にそって  $x = 0$ 、 $y = \ell$  の点を中心に、 $\ell$  に比べて十分小さな振幅で振動した。このとき、小物体にはたらく力が復元力になることを示し、振動の角振動数  $\omega$  と周期  $T$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $\ell$  から必要なものを用いて表せ。

なお、必要であれば角度  $\alpha$  について、 $|\alpha|$  が十分小さいときに成り立つ近似式  $\sin \alpha \cong \tan \alpha \cong \alpha$ 、 $\cos \alpha \cong 1$  を用いよ。

次に、円盤を水平にして傾き角を  $\varphi = 0$  とした。円盤は回転していない。

問3 小物体を、棒から力を受けないようにして  $x$  軸上の  $x = \ell$  の位置に静かに置いた。その後、円盤の傾き角  $\varphi$  をゆっくり大きくしていくと、傾き角が  $\varphi_0$  になったときに小物体はすべりだした。静止摩擦係数  $\mu$  を、 $m, g, \varphi_0, \ell$  から必要なものを用いて表せ。

問4 小物体がすべりだした直後、円盤の傾き角を  $\varphi_0$  に保った。その後、小物体が  $\theta$  ( $0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$ ) の角度の位置をはじめて通過する瞬間の、小物体の速さ  $v$  を、 $m, g, \varphi_0, \theta, \ell, \mu'$  から必要なものを用いて表せ。

問5 小物体は、 $x$  座標が負になることなく、ちょうど  $y$  軸上の  $y = \ell$  で静止した。 $\mu'$  を、 $m, g, \varphi_0, \ell$  から必要なものを用いて表せ。

図3のように、円盤をさらに傾けて傾き角を  $\varphi_1$  ( $\varphi_0 < \varphi_1 < \frac{\pi}{2}$ ) で固定し、円盤を  $\theta$  の正の向きに回転装置を用いて回転させた。その後、小物体を円盤上のある角度  $\theta_0$  ( $0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$ ) の角度の位置に静かに置くと、小物体は円盤上をすべりながらその位置で静止した。

問6 このときの  $\sin \theta_0$  と、小物体が棒から受ける力の大きさ  $S'$  を、 $m$ ,  $g$ ,  $\ell$ ,  $\mu'$ ,  $\varphi_1$  から必要なものを用いて表せ。

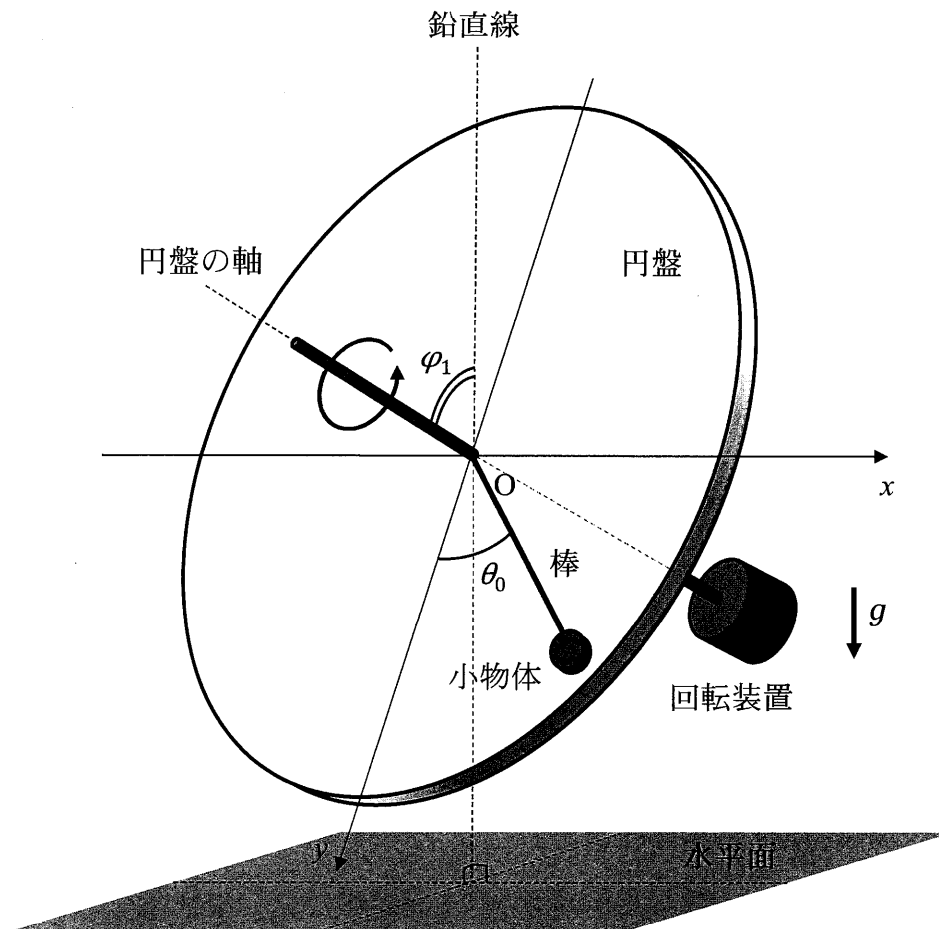


図3



2

熱を低温部分から高温部分に継続的に移動する機関をヒートポンプといい、エアコンなどに応用されている。単原子分子理想気体を使った簡略化したモデルでその原理を考える。

図1のように、物質質量  $n$  の単原子分子理想気体（以下、気体と呼ぶ）を、なめらかに動かすことのできるピストンでシリンダー内に封じた。ピストンおよびシリンダーの側面は断熱されておりシリンダーの底面のみが熱を通す。断熱板、絶対温度  $T_H$  の高温の物体、絶対温度  $T_L$  の低温の物体があり、シリンダーを移動することで底面をこれらと接触させることができる。はじめにシリンダーの底面は断熱板と接触しており、気体の絶対温度は  $T_H$  であった。これを状態 A とする。シリンダーの移動とピストンの上下により、気体の状態を、図2の圧力-体積図（ $p-V$  図）に示すように、状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 D → 状態 A と 1 サイクル変化させた。

温度は絶対温度で表し、気体定数を  $R$ 、気体の定積モル比熱を  $\frac{3}{2}R$  とする。また、高温および低温の物体は十分大きな熱容量を持っており、温度は変わらないものとする。

次の問1～問5に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

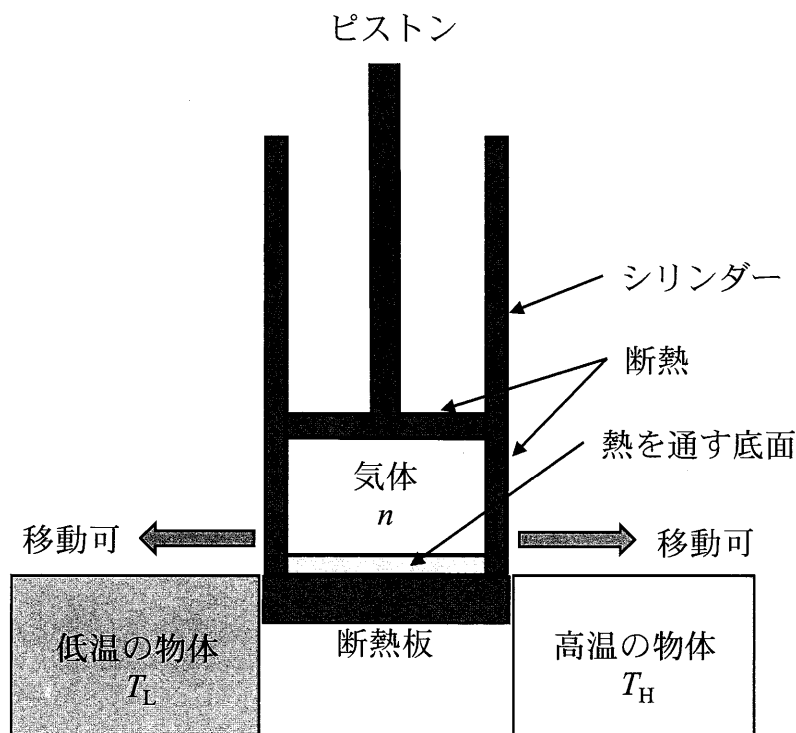


図1

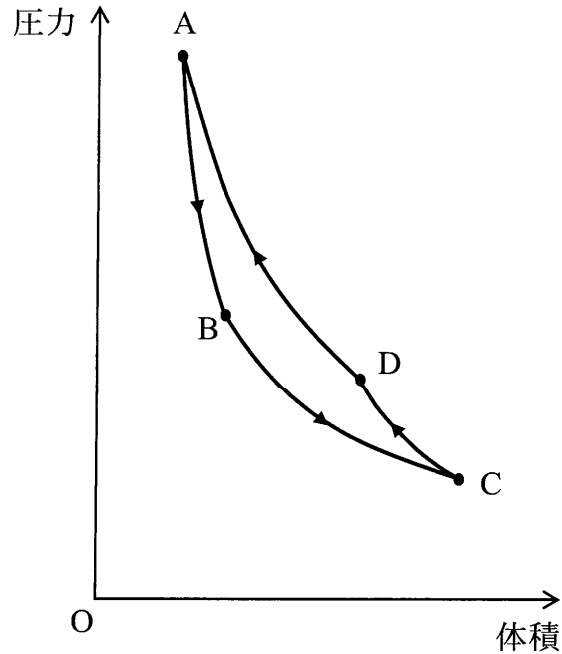


図 2

- 問 1 状態 A から、シリンダーの底面を断熱板に接触させたまま断熱変化でピストンをゆっくりと引き上げ、気体の温度が  $T_L$  の状態 B にした。内部エネルギーの変化  $\Delta U_{AB}$  と気体がされた仕事  $W_{AB}$  を、 $R$ 、 $n$ 、 $T_L$ 、 $T_H$  を用いて表せ。
- 問 2 次に、シリンダーを移動して底面を低温の物体に接触させ、等温変化でピストンをゆっくりと引き上げ、気体がされた仕事が  $W_{BC}$  になった状態 C でピストンを止めた。低温の物体から気体が受け取った熱量  $Q_{BC}$  を、 $W_{BC}$  を用いて表せ。
- 問 3 さらに、シリンダーの底面を断熱板上に再び移動し、断熱変化でピストンをゆっくりと押し込み、気体の温度が  $T_H$  の状態 D にした。このとき気体がされた仕事  $W_{CD}$  を、問 1 の  $W_{AB}$  を用いて表せ。

問4 最後に、シリンダーの底面を高温の物体に接触させて、等温変化でピストンをゆっくりと押し込み、状態 A に戻した。このとき気体がされた仕事は  $W_{DA}$  であった。

この1サイクルで、高温の物体が気体から受け取った熱量  $Q_h$  と、気体がされた仕事の総和  $W$  ( $W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$ ) との比  $\frac{Q_h}{W}$  は、ヒートポンプを暖房機として使ったときの性能を表す係数となる。 $\frac{Q_h}{W}$  を、 $W_{BC}$ 、 $W_{DA}$  を用いて表せ。また、 $W > 0$  であることを用いて、 $\frac{Q_h}{W}$  は、{ ① 1 より大きい, ② 1 に等しい, ③ 1 より小さい }、のいずれかを、①~③で答えよ。

問5  $Q_h$  と  $W$  は、圧力-体積図 ( $p-V$  図) の面積に対応する。 $Q_h$  と  $W$  それぞれについて、対応する面積を図3の A, B, C, D, p, q, r, s から必要なものを用いて、たとえば「ABqp で囲まれた面積」などのように表せ。

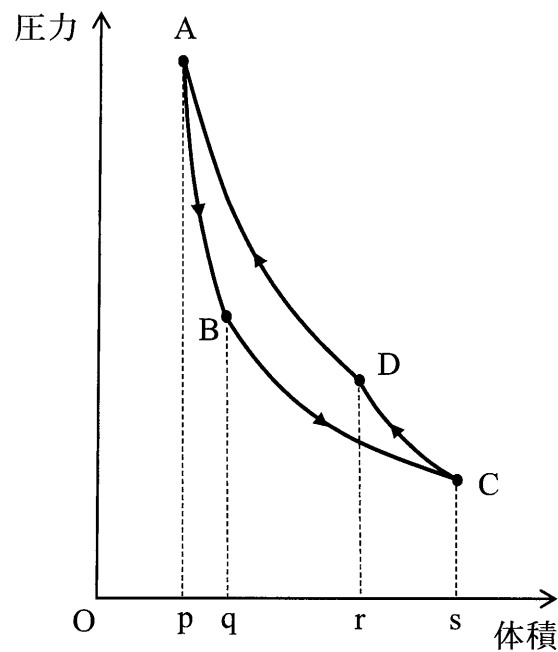


図3

3

図1のように、荷電粒子 A を電場（電界）で加速し磁場（磁界）で進行方向を曲げて、ターゲットとなる物体 T に衝突させる装置がある。装置は真空中にあり、荷電粒子 A は質量が  $m$ 、電気量が  $q$  ( $q > 0$ ) で、物体 T は質量が  $M$ 、電気量が  $Q$  ( $Q > 0$ ) である。

はじめ、荷電粒子 A は平行極板の正の極板の位置に静止しており、電位差が  $V$  である平行極板間の一様電場から静電気力を受けて運動し、極板の小さな穴から光速より十分小さい速さ  $v$  で射出される。その後、磁束密度  $B$  の一様磁場の領域において半径  $r$  で進行方向を  $90^\circ$  曲げられ、磁場の領域の外に出て物体 T に向かって直進する。荷電粒子 A の運動は、紙面にそった平面のみに限定されている。

平行極板は、極板の大きさに比べて間隔  $d$  が十分小さく、極板の穴も十分小さい。また、一様磁場の領域外での磁場はなく、漏れ出した磁場の影響も無視できる。さらに、電磁波および重力、平行極板と一様磁場の領域での物体 T の電荷の影響は無視できるものとする。クーロンの法則の比例定数を  $k_0$  とし、静電気力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。

次の問 1～問 6 に答えよ。解答は、結果だけでなく、考え方や計算の過程も示せ。

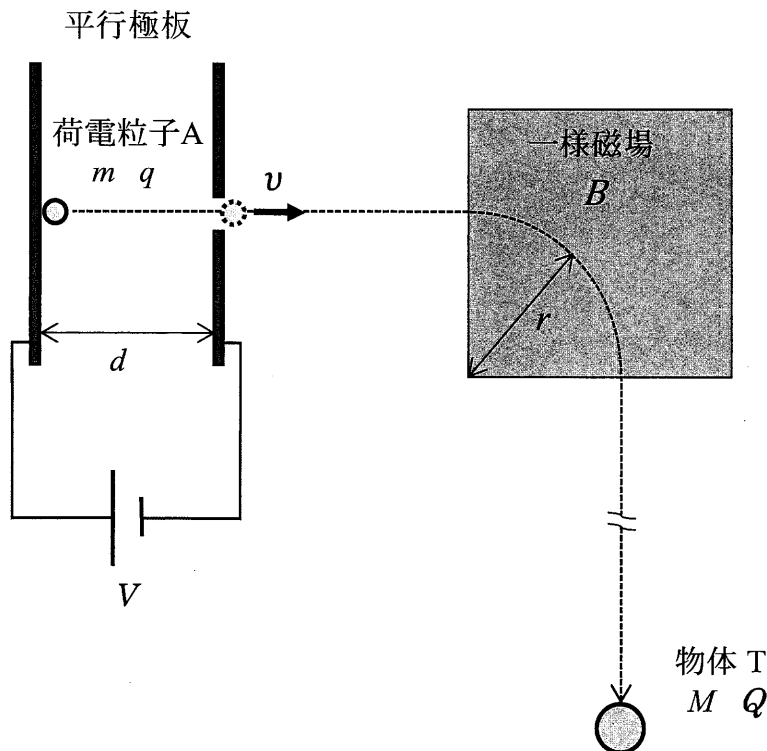


図 1

問1 荷電粒子 A の，平行極板間における加速度の大きさ  $a$  を， $m$ ， $q$ ， $V$ ， $d$  を用いて表せ。

問2 極板の穴から射出された直後の荷電粒子 A の速さ  $v$  を， $m$ ， $q$ ， $V$  を用いて表せ。

問3 一様磁場によって，荷電粒子 A が進行方向を  $90^\circ$  曲げられたときの磁束密度  $B$  を， $m$ ， $q$ ， $v$ ， $r$  を用いて表せ。また，磁場の向きは，紙面に対して，{ ① 奥から手前，② 手前から奥 }，のいずれかを，①，②で答えよ。

問4 一様磁場によって，荷電粒子 A が進行方向を  $90^\circ$  曲げられた前後について，荷電粒子 A の運動エネルギーと運動量について考える。

(a) 運動エネルギーは変化しないが，その理由を簡潔に説明せよ。

(b) 運動量の変化の大きさを， $m$ ， $v$  を用いて表し，運動量の変化の向きを，はじめの進行方向からの角度で答えよ。

図2のように、物体 T の中心に向かって荷電粒子 A が入射するように物体 T を置く。物体 T は半径  $R$  の球形で電荷は中心に集中しており、荷電粒子 A の大きさは無視できる。

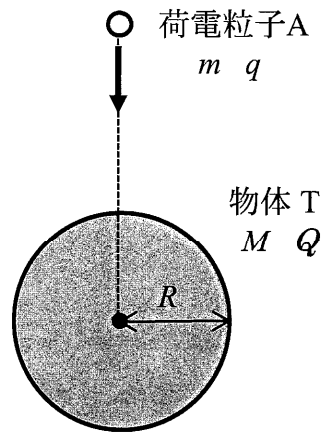


図 2

問 5 はじめに、物体 T を動かないように固定した状態で荷電粒子 A を衝突させた。荷電粒子 A が物体 T に衝突するための速さ  $v$  の最小値  $u$  を、 $m$ 、 $q$ 、 $R$ 、 $M$ 、 $Q$ 、 $k_0$  から必要なものを用いて表せ。

問 6 次に、物体 T を固定せず自由に動くことができる状態で静止させて荷電粒子 A を衝突させた。荷電粒子 A が物体 T に衝突するための速さ  $v$  の最小値を  $u'$  とするとき、問 5 の  $u$  との比  $\frac{u'}{u}$  を、 $m$ 、 $M$  を用いて表せ。

令和6年度（2024年度）東北大学

A〇入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験②

## <選択問題2>

令和5年11月4日

志願学部／学科／ 専攻	試験時間	ページ数
医学部保健学科 放射線技術科学専攻 検査技術科学専攻	13:00～14:20  (80分)	12ページ

B12346

——このページは白紙——



——このページは白紙——

1 次の〔Ⅰ〕,〔Ⅱ〕の文章を読み、以下の問(1)～(6)に答えよ。

〔Ⅰ〕 全ての染色体は複製起点と呼ばれる領域を持っており、タンパク質の複合体が複製起点内部にある特異的な DNA 配列を認識すると、結合が起こる。その結果、複製が DNA に沿って両方向に進行していく。複合体中の DNA ポリメラーゼは新しいヌクレオチドを既存の鎖に連結することでポリヌクレオチド鎖を伸長させる。しかし、この過程はプライマーと呼ばれる短いヌクレオチド鎖がなければ始まらない。ほとんどの生物でこのプライマーは短い 1 本鎖の  である。

次に DNA ポリメラーゼがプライマーの 3'末端にヌクレオチドを付加していき、DNA の当該領域の複製が完了するまで新しい鎖は伸長を続ける。その後プライマーは分解されてその部位に DNA が付加され、形成された DNA 断片は別の酵素の働きで連結される。なお、DNA ポリメラーゼは 5'→3'方向にだけヌクレオチド鎖を伸長することができる。そこで、DNA の 2 本鎖のうち一方の鋳型鎖は、DNA がほどけていく方向に、連続的に新生鎖が伸長していく。この鎖を  鎖と呼ぶ。

もう一方の鋳型鎖は逆向きにしか新生鎖を伸長できない。そこで、DNA がほどけて、ある程度 1 本鎖の部分が長くなると、プライマーが合成された後、DNA ポリメラーゼが、DNA のほどけていく方向とは逆方向に新生鎖を伸長して DNA の断片をつくる。できた断片は  という酵素によって、すでにつくられた断片とつながれる。このように、断片がつくられながら不連続に複製されて新しくできた鎖を  鎖という。DNA 複製の過程でつくられる  鎖の断片は、発見者にちなんで  と呼ばれている。

〔Ⅱ〕 実験室で DNA を調べたり遺伝子操作を実施したりするためには、DNA 配列のコピーを大量に合成することが必要になる。この DNA の増幅技術を PCR 法という。この方法の主な反応混合物は以下の①～⑤である。

- ① 鋳型として働く 2 本鎖 DNA
- ② 増幅対象となる DNA 配列の両末端に相補的な 2 つのプライマー
- ③ 4 種類のヌクレオチド
- ④ (a)DNA ポリメラーゼ
- ⑤ 適切な塩濃度とともに中性に近い pH を維持するための緩衝液<sup>かんしょう</sup>  
PCR 法の過程は以下の (i) ~ (iii) を繰り返す。

(i) 反応混合物を約 95 °C に加熱する。

(ii) 次に約 60 °C に温度を下げる。

(iii) 次に約 72 °C にする。

これらを繰り返すことで、目的とする DNA 断片を増幅することができる。

問 (1) 上記の文章の  ~  に適切な語句を記入せよ。

問 (2) DNA の複製方法には以下の 3 つの仮説が考えられていた。

仮説 1 もとの 2 本鎖 DNA はそのまま残り、新たな 2 本鎖 DNA ができる  
保存的複製

仮説 2 もとの 2 本鎖 DNA のそれぞれの鎖を鋳型として、新たなヌクレ  
オチド鎖が合成される半保存的複製

仮説 3 もとの 2 本鎖 DNA は分解され、もとの DNA 鎖と新しい DNA 鎖  
が混在する 2 本鎖 DNA ができる分散的複製

メセルソンとスタールは 1958 年に下記のような実験を行った。

① 大腸菌に  $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$  を栄養分として与えると、 $^{15}\text{N}$  からなる塩基を  
持つ重い DNA ができる。

② 大腸菌の窒素がほとんど  $^{15}\text{N}$  におきかわったところで、 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$   
を含む培地に移して大腸菌をさらに増殖させた。

③ 1 回、2 回と分裂を繰り返した菌から DNA を抽出し、遠心分離に  
よってその比重を調べた。

この実験からどのような結果が出て、どの仮説が正しいことが証明され  
たのか、5 行以内で説明せよ。

問 (3) 〔Ⅱ〕で述べた PCR 法を用いて、1500 塩基対の DNA 分子の中に存在する DNA 領域を、プライマー A とプライマー B を用いて増幅することにした。プライマー A の 5'末端は鋳型となる DNA の 250 塩基内側に、プライマー B の 5'末端は鋳型となる DNA の 150 塩基内側に結合する。この DNA 分子を PCR 法で  $n$  回増幅させたら、1100 塩基対からなる目的とする 2 本鎖の DNA 領域は理論的には何本得られるか、 $n$  で表せ。

問 (4) 通常の PCR 法で用いるプライマーは 20 塩基程度とされている。なぜ 20 塩基より少なすぎても、多すぎてもいけないのか、2 行以内で説明せよ。

問 (5) PCR 法で用いる下線部 (a) の DNA ポリメラーゼは一般的な酵素とはどのような点で異なっているか、1 行で説明せよ。

問 (6) DNA の塩基対では A (アデニン) と T (チミン) の対と G (グアニン) と C (シトシン) の対ではどちらの結合が、どういう理由で強いのか、2 行以内で説明せよ。

2 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み、以下の問（１）～（５）に答えよ。

〔Ⅰ〕 筋肉は円筒状で多核の筋細胞からできている。筋細胞の細胞質にはサルコメアという収縮単位が縦に連なった繊維がつまっている。サルコメアではミオシンフィラメントとアクチンフィラメントが交互に規則正しく配列している。サルコメアはATPを分解する際に発生するエネルギーでミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相対的な滑り運動で収縮する。筋肉の収縮・弛緩は筋細胞内のカルシウムイオンによって調節される。カルシウムイオンは筋小胞体に蓄えられており、収縮時には細胞質に放出され、トロポニンに結合する。(a)トロポニンはカルシウムイオンを結合すると、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントとの相互作用を開始させる。弛緩時にはカルシウムイオンは再び筋小胞体に取り込まれ、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの相互作用が断たれる。

〔Ⅱ〕 骨格筋の収縮は運動神経によって制御されている。運動神経は、その末端で筋繊維と狭いすきまを隔てて連絡している。この部分をアという。このアで神経伝達物質として使われているアセチルコリンはナトリウムイオンなどを通過させるイオンチャンネルを開かせて、筋細胞の興奮を引き起こす。

脊椎動物の骨格筋を取り出し、それに接続する神経を1回刺激すると短い潜伏期の後、0.1秒ほどの収縮が起こる。このような単一の収縮を単収縮という。この刺激を1秒間に50回与えると、一続きの大きな収縮がみられるようになり、この収縮をイという。通常の骨格筋で起こる収縮はイである。

〔Ⅲ〕 筋収縮は大量の ATP を消費する。したがって、収縮を持続するためには ATP を補充しなければならない。その代表的な物質が骨格筋に多く蓄えられている高エネルギーリン酸化合物である  である。 は酵素の働きで  になり、これに伴って ADP が ATP になる。

骨格筋細胞は血中のグルコースを取り込み  として大量に蓄えている。運動時には交感神経とアドレナリンの作用により  の分解が進み、グルコースを生じる。グルコースは解糖系によりピルビン酸に分解され、その過程で 1 分子のグルコースあたり 2 分子の ATP を作る。

以上の反応は酸素を必要としないため、酸素供給の乏しい場合に利用される。ATP 供給は速やかであるが、短時間で枯渇し、 や  が細胞内に蓄積する。 は血中に拡散し、肝臓に運ばれて再びグルコースに合成される。

運動中は心拍の増加と骨格筋における血管の拡張により筋肉の血流量が増し、酸素の供給も増加する。このような条件ではピルビン酸は細胞小器官のミトコンドリアに入り、クエン酸回路や電子伝達系を経て ATP が合成される。

問 (1) 上記の文章の ア ~ カ に適切な語句を記入せよ。

問 (2) 下線部 (a) でトロポニンがカルシウムイオンと結合すると、どのような変化が起こり、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの相互作用が開始されるのか、4 行以内で説明せよ。

問 (3) カエル筋繊維のサルコメアの長さを変えて、張力を測ると図 1 のようになった。このことから予想されるサルコメアの長さ  $2.2 \mu\text{m}$  の時の模式図を書け (ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの位置関係を明らかにすること)。

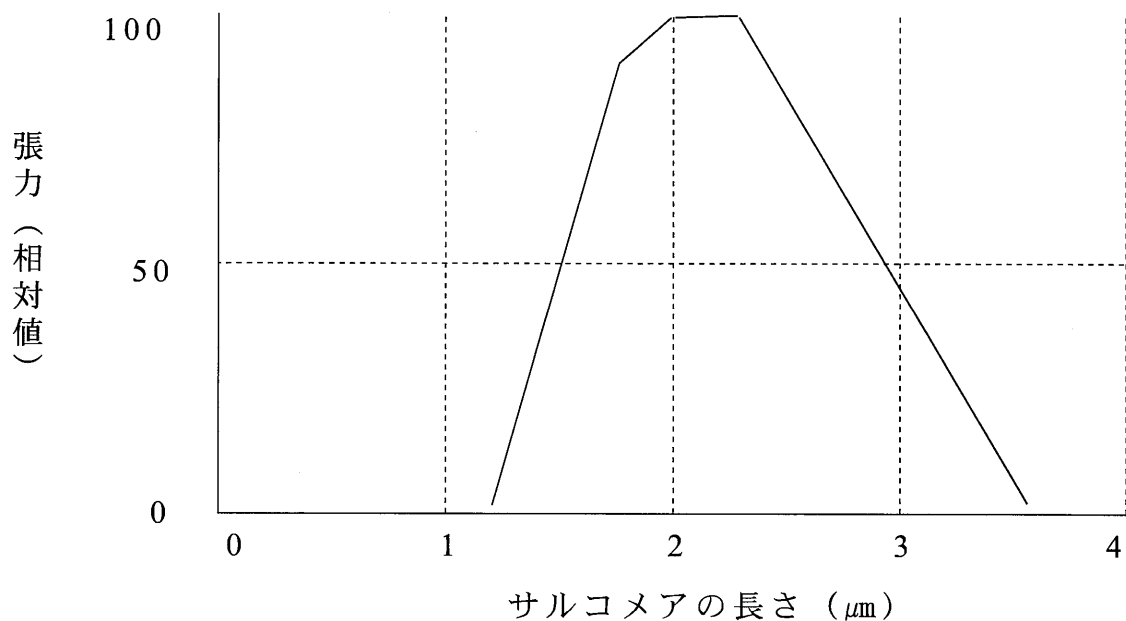


図 1

問 (4) カエルのふくらはぎの筋肉と神経が接する点から  $20 \text{ mm}$  離れた A 点と  $80 \text{ mm}$  離れた B 点を 1 回だけ刺激したところ、A 点では刺激から  $6.3 \text{ ミリ秒}$  後に、B 点の刺激では刺激から  $8.4 \text{ ミリ秒}$  後に筋肉の単収縮が記録された。この神経における興奮の伝導速度 ( $\text{m/秒}$ ) を小数第 2 位を四捨五入して答えよ。

問 (5) 呼吸の電子伝達系において ATP がつくられるしくみを以下のキーワードをすべて使用して、5 行以内で説明せよ。

<キーワード>

ミトコンドリア, マトリックス, 膜間, 電子, ATP 合成酵素,  
水素イオン, タンパク質複合体, NADH, エネルギー



3 次の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕の文章を読み、以下の問（1）～（6）に答えよ。

〔Ⅰ〕 オオムギの種子などは主にデンプンを含む大きなアをもつ。このような種子においては、胚で生産されたジベレリンが、アを囲むように存在する糊粉層こふんそうに対して分泌され、アミラーゼなどの酵素の生産を誘導する。こうして生産されたアミラーゼはアに含まれるデンプンを分解し、発芽後の芽生えの成長エネルギー源として利用される。

オオムギの種子を半分に切ると、胚を含んだ側はアミラーゼの誘導が観察され、胚を含まない側はアミラーゼが誘導されない。したがって、胚がジベレリンの供給源であることがわかる。  
(a)ジベレリンをある巨大分子に結合させた化合物は、細胞膜を通過できないが、これを糊粉層の細胞のプロトプラスト（細胞壁を取り除いた細胞）に作用させると、アミラーゼの生産を促すことができる。しかし、ジベレリンを糊粉層のプロトプラスト内に注入しても、アミラーゼの誘導は観察されない。

〔Ⅱ〕 頂芽優勢はオーキシシンとサイトカイニンによって制御されている。頂芽優勢に関しては以下の①～⑤の実験結果が得られている。

- ① 頂芽を切除すると、切り口に近い側芽が成長を開始する。
- ② 頂芽の切り口にオーキシシンを与えると、頂芽優勢が維持され、側芽の成長は抑制される。
- ③ 頂芽切除後、側芽に直接オーキシシンを与えた場合は、頂芽優勢は維持されず、側芽は成長を開始する。
- ④ 頂芽を切除しなくても、オーキシシンの**(b)極性移動**を阻害する物質を莖に与えると、それより下位の側芽は成長を開始する。
- ⑤ 頂芽を切除しなくても、サイトカイニンを直接側芽に与えると、側芽は成長を開始する。

〔Ⅲ〕 多くの植物では花芽形成は日長による制御を受けている。連続した暗期が  より短いと花芽が形成される植物は長日植物と呼ばれ、  より長いと花芽が形成される植物は短日植物と呼ばれている。一方、日長時間に関係なく花芽が形成される植物を  と呼ぶ。

花芽の形成は日長時間を感知した葉で花成ホルモンがつくられ、これが茎頂分裂組織に移動することにより花芽が形成されると考えられている。

シロイヌナズナの変異体による研究で花成ホルモンに関係する遺伝子として *FT* 遺伝子が同定された。日長を感知した葉で *FT* タンパク質が合成され、<sup>(c)</sup>この *FT* タンパク質が師管を通過して茎頂分裂組織に移動し、花芽が形成される。

問 (1) 上記の文章の  ~  に適切な語句を記入せよ。

問 (2) 種子が休眠することの 2 つの意義について、2 行以内で説明せよ。

問 (3) 下線部 (a) のような現象がなぜ起こるのか、1 行で説明せよ。ただし、ある巨大分子だけではアミラーゼの誘導に関与しないことがわかっている。

問 (4) 〔Ⅱ〕の実験結果から、頂芽優勢はどのようなしくみで起こると考えられているか、3 行以内で説明せよ。

問 (5) 下線部 (b) のオーキシンの極性移動のしくみについて、3 行以内で説明せよ。

問 (6) 下線部 (c) の *FT* タンパク質はどのような働きをするのか、2 行以内で説明せよ。

令和6年度（2024年度）東北大学

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

# 筆記試験③問題

令和5年11月4日

志願学部/学科	試験時間	ページ数
医学部保健学科 歯学部 農学部	15:20~16:50 (90分)	13ページ

## 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」、「解答用紙」を開いてはいけません。
2. この「問題冊子」は13ページあります。ページの脱落、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出てください。ホチキスは外さないでください。
3. 「問題冊子」の他に、「解答用紙」を配付します。
4. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけません。
5. 「解答用紙」の受験記号番号欄（1枚につき1か所）には、忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入してください。
6. 解答は、必ず「解答用紙」の指定された箇所に記入してください。
7. 特に指示がない場合は、日本語で答えてください。
8. 日本語での字数の指定がある場合は句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えてください。
9. 試験終了後は「解答用紙」を回収しますので、持ち帰ってはいけません。「問題冊子」は持ち帰ってください。

——このページは白紙——

——このページは白紙——

1 次の英文を読んで、以下の問いに答えなさい。

Falling birth rates are a major concern for some of Asia's biggest economies. Governments in the region are spending hundreds of billions of dollars trying to reverse the trend. Will it work? Japan began introducing policies to encourage couples to have more children in the 1990s. South Korea started doing the same in the 2000s, while Singapore's first \*fertility policy dates back to 1987. China, which has seen its population fall for the first time on 60 years, recently joined the growing club. While it is difficult to quantify exactly how much these policies have cost, South Korean President Yoon Suk-yeol recently said his country had spent more than \$200 billion (£160 billion) over the past 16 years on trying to boost the population. Yet last year South Korea broke its own record for the world's lowest fertility rate, with the average number of babies expected per woman falling to 0.78. <sup>(1)</sup>In neighbouring Japan, which had record low births of fewer than 800,000 last year, Prime Minister Fumio Kishida has \*pledged to double the budget for child-related policies from 10 trillion yen, which is just over 2% of the country's gross domestic product. Globally, while there are more countries that are trying to lower birth rates, the number of countries wanting to increase fertility has more than tripled since 1976, according to the most recent report by the United Nations.

So why do these governments want to grow their populations? Simply put, having a bigger population who can work and produce more goods and services leads to higher economic growth. And while a larger population can mean higher costs for governments, it can also result in bigger tax \*revenues. Also, many Asian countries are ageing rapidly. Japan leads the pack with nearly 30% of its population now over the age of 65 and some other nations in the region are not far behind. Compare that with India, which has just overtaken China as the world's most populous nation. More than a quarter of its people are between the age of 10 and 20, which gives its economy huge potential for growth. And when the share of the working age population gets smaller, the cost and burden of looking after the non-working population grow. "Negative population growth has an impact on the economy, and combined that with an ageing population, they won't be able to afford to support the elderly," said Xiujian Peng of Victoria University.

Most of the measures across the region to increase birth rates have been similar: payments for new parents, \*subsidised or free education, extra nurseries, \*tax incentives and expanded parental leave. But do these measures work? Data for the last few decades from Japan, South Korea and Singapore shows that attempts to boost their populations have had very little impact. Japan's finance ministry has published a study

which said the policies were a failure. It is a view echoed by the United Nations. “We know from history that the types of policies which we call demographic engineering where they try to incentivise women to have more babies, they just don't work,” Alanna Armitage of United Nations Population Fund told the BBC. “We need to understand the underlying determinants of why women are not having children, and that is often the inability of women to be able to combine their work life with their family life,” she added. But in Scandinavian countries, fertility policies have worked better than they did in Asia, according to Ms Peng. “The main reason is because they have a good welfare system and the cost of raising children is cheaper. Their gender equality is also much more balanced than in Asian countries.” Asian countries have ranked lower in comparison in the global gender gap report by the World Economic Forum.

There are also major questions over how these expensive measures should be funded, especially in Japan, which is the world's most \*indebted developed economy. Options under consideration in Japan include selling more government bonds, which means increasing its debt, raising its sales tax or increasing \*social insurance premiums. The first option adds financial burden to the future generations, while the other two would hit already struggling workers, which could convince them to have fewer children. But Antonio Fatás, professor of economics at \*INSEAD says regardless of whether these policies work, they have to invest in them. “Fertility rates have not increased but what if there was less support? Maybe they would be even lower,” he said. (2) Governments are also investing in other areas to prepare their economies for shrinking populations. “China has been investing in technologies and innovations to make up for the declining labour force in order to mitigate the negative impact of the \*shrinking population,” said Ms Peng. Also, while it remains unpopular in countries like Japan and South Korea, lawmakers are discussing changing their immigration rules to try to \*entice younger workers from overseas. “Globally, the fertility rate is falling so it'll be a race to attract young people to come and work in your country,” Ms Peng added. Whether the money is well spent on fertility policies, these governments appear to have no other choice.

(出典：“Asia is spending big to battle low birth rates — will it work?” June 6, 2023, BBC より一部改変)  
from BBC News at [bbc.co.uk/news](https://www.bbc.co.uk/news)

\*fertility : 出生率

\*pledge : 約束する

\*revenue : 歳入

- \*subsidise : 補助金を与える
- \*tax incentives : 税制優遇措置
- \*indebted : 負債がある
- \*social insurance premiums : 社会保険料
- \*INSEAD : 欧州経営大学院
- \*shrink : 減る
- \*entice : 呼び込む

問1 下線部(1)を日本語に訳しなさい。

問2 アジア諸国と比べ、スカンジナビア諸国で少子化対策が成功している理由は何か、本文に即して説明しなさい。

問3 下線部(2)の具体例としてあげられているものを、本文に即して説明しなさい。

問4 以下の(a)～(d)のうち、本文の内容から正しいと判断できるものを一つ選び記号で答えなさい。

- (a) 1976年以来、世界的に出生率の向上を望む国は3倍以上に増加している。
- (b) 世界で最も人口の多い国は中国である。
- (c) 税制優遇措置は、日本では人口増加に効果があった。
- (d) 国債の売却は、すでに苦しい状況にある労働者に打撃を与える。





2 次の英文を読んで、以下の問いに答えなさい。  
([1]～[3]はそれぞれ段落番号を表す。)

[1] The traces of genetic material that humans constantly shed wherever they go could soon be used to track individual people, or even whole ethnic groups, scientists said on Monday, warning of a \*looming “ethical \*quagmire.”

[2] A recently developed technique can glean a huge amount of information from tiny samples of genetic material called <sup>(1)</sup>environmental DNA, or eDNA, that humans and animals leave behind everywhere — including in the air. The tool could lead to a range of medical and scientific advances, and could even help track down criminals, according to the authors of a new study published in the journal Nature Ecology & Evolution. But it also poses a vast range of concerns around consent, privacy and surveillance, they added. Humans spread their DNA — which carries genetic information specific to each person— everywhere, by shedding skin or hair cells, coughing out droplets, or in wastewater flushed down toilets. In recent years, scientists have been increasingly collecting the eDNA of wild animals, in the hopes of helping threatened species. For the new research, scientists at the University of Florida’s Whitney Laboratory for Marine Bioscience had been focused on collecting the eDNA of endangered sea turtles. But the international team of researchers inadvertently collected a massive amount of human eDNA, which they called “human genetic bycatch.” David Duffy, a wildlife disease genomic professor at the Whitney Laboratory who led the project, said they were “consistently surprised” by the amount and quality of the human eDNA they collected. “In most cases the quality is almost equivalent to if you took a sample from a person,” he said. <sup>(2)</sup>The scientists collected human eDNA from nearby oceans, rivers and towns, as well as from areas far from human settlements. Struggling to find a sample not \*tainted by humans, they went to a section of a remote Florida island inaccessible to the public. It was free of human DNA — at least until a member of the team walked barefoot along the beach. They were then able to detect eDNA from a single footprint in the sand. In Duffy’s native Ireland, the team found human DNA all along a river, with the exception of the remote mountain stream at its source. Taking samples from the air of a veterinary hospital, the team captured eDNA that matched the staff, their animal patient and viruses common in animals.

[3] One of the study’s authors, Mark McCauley of the Whitney Laboratory, said that by sequencing the DNA samples, the team was able to identify if a person had a greater risk of diseases such as \*autism and \*diabetes. “All of this very personal, ancestral and health-related data is freely available in the environment, and it’s simply floating around us in the air right now,” McCauley told an online news conference. “We specifically did not examine our \*sequences in a way that we would be able to pick out specific individuals

because of the ethical issues,” he said. But that would <sup>(3)</sup> “definitely” be possible in the future, he added. “The question is how long it takes until we’re at that stage.” The researchers emphasized the potential benefits of collecting human eDNA, such as tracking cancer \*mutations in wastewater, discovering long-hidden archaeological sites or revealing the true \*culprit of a crime using only the DNA they left in a room. Natalie Ram, a law professor at the University of Maryland not involved in the research, said the findings “should raise serious concern about genetic privacy and the appropriate limits of policing.” “Exploiting involuntarily shed genetic information for investigative aims risks putting all of us under \*perpetual genetic surveillance,” she wrote in a commentary on the study. The authors of the study shared her concerns. McCauley warned harvesting human eDNA without consent could be used to track individual people or even target “vulnerable populations or ethnic minorities.” <sup>(4)</sup> It is why the team decided to sound the alarm, they said in a statement, calling for policymakers and scientists to start working on regulation that could address such issues.

(Juliette Collen, “New threat to privacy? Scientists sound alarm about DNA tool”, The Japan Times, 2023/5/16, AFP-JJL.一部改編)

\*loom : 迫る

\*quagmire : 泥沼

\*taint : 汚染する

\*autism : 自閉症

\*diabetes : 糖尿病

\*sequence : 配列

\*mutation : 突然変異

\*culprit : 犯罪者

\*perpetual : 永続的

問1 下線部 (1) の environmental DNA, or eDNA について, ① eDNA とは何か, また  
② eDNA は何に役立つ可能性があるか, 段落[2]で述べられている内容に即して, それ  
ぞれ30字程度で説明しなさい。

問2 下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問3 下線部 (3) について, 何が “definitely” be possible in the futureなのか, 本文に  
即して説明しなさい。

問4 下線部 (4) の It が何を示しているか, 本文に即して説明しなさい。

——このページは白紙——

3 次の英文 [I] と [II] を読んで、以下の問いに答えなさい。

[I] The 19th century landscape paintings hanging in London’s Tate Britain Museum looked awfully familiar to climate physicist Anna Lea Albright. Artist Joseph Mallord William Turner’s signature way of \*shrouding his \*vistas in fog and smoke reminded Albright of her own research tracking air pollution.

“I started wondering if there was <sup>(1)</sup> a connection,” says Albright, who had been visiting the museum on a day off from the Laboratory for Dynamical Meteorology in Paris. After all, Turner — a forerunner of the impressionist movement — was painting as Britain’s industrial revolution gathered steam, and a growing number of \*belching manufacturing plants earned London the nickname “The Big Smoke.”

Turner’s early works, such as his 1814 painting “Apullia in Search of Appullus,” were rendered in sharp details. Later works, like his celebrated 1844 painting “Rain, Steam and Speed - the Great Western Railway,” embraced a dreamier, \*fuzzier aesthetic. Perhaps, Albright thought, this \*burgeoning painting style wasn’t a purely artistic phenomenon. Perhaps Turner and his successors painted exactly what they saw: their \*environs becoming more and more obscured by \*smokestack haze.

To find out how much realism there is in impressionism, Albright teamed up with Harvard University climatologist Peter Huybers, who’s an expert in reconstructing pollution before instruments existed to closely track air quality. Their analysis of nearly 130 paintings by Turner, Paris-based impressionist Claude Monet and several others tells a tale of two modernizing cities.

Low contrast and whiter \*hues are \*hallmarks of the impressionist style. They are also hallmarks of air pollution, which can affect how a distant scene looks to the naked eye. <sup>(2)</sup> Tiny \*airborne particles, or \*aerosols, can absorb or scatter light. That makes the bright parts of objects appear dimmer while also shifting the entire scene’s color toward neutral white.

The artworks that Albright and Huybers investigated, which span from the late 1700s to the early 1900s, decrease in contrast as the 19th century progresses. That trend tracks with an increase in air pollution, estimated from historical records of coal sales, Albright and Huybers report in <sup>(3)</sup> the Feb. 7 Proceedings of the National Academy of Sciences.

[II] Albright and Huybers distinguished art from aerosol by first using a mathematical model to analyze the contrast and color of 60 paintings that Turner made between 1796 and 1850 as well as 38 Monet works from 1864 to 1901. They then compared the findings to \*sulfur dioxide emissions over the century, estimated from the trend in the annual amount of coal sold and burned in London and Paris. When sulfur dioxide reacts with molecules in the atmosphere, aerosols form.

“Our results indicate that [19th century] paintings capture changes in the \*optical environment associated with increasingly polluted atmospheres during the industrial revolution,” the researchers write. As sulfur dioxide emissions increased over time, the amount of contrast in both Turner’s and Monet’s paintings decreased. However, paintings of Paris that Monet made from 1864 to 1872 have much higher contrast than Turner’s last paintings of London made two decades earlier.

The difference, Albright and Huybers say, can be attributed to the much slower start of the industrial revolution in France. Paris' air pollution level around 1870 was about what London's was when Turner started painting in the early 1800s. It confirms that the similar \*progression in their painting styles can't be chalked up to coincidence, but is guided by air pollution, the pair conclude.

The researchers also analyzed the paintings' \*visibility, or the distance at which an object can be clearly seen. Before 1830, the visibility in Turner's paintings averaged about 25 kilometers, the team found. Paintings made after 1830 had an average visibility of about 10 kilometers. Paintings made by Monet in London around 1900, such as "Charing Cross Bridge," have a visibility of less than five kilometers. That's similar to estimates for modern-day megacities such as Delhi and Beijing, Albright and Huybers say.

To strengthen their argument, the researchers also analyzed 18 paintings from four other London- and Paris-based impressionists. Again, as outdoor air pollution increased over time, the contrast and visibility in the paintings decreased, the team found. What's more, the decrease seen in French paintings lagged behind the decrease seen in British ones.

Overall, air pollution can explain about 61 percent of contrast differences between the paintings, the researchers calculate. In that respect, "different painters will paint in a similar way when the environment is similar," Albright says. "But I don't want to overstep and say: Oh, we can explain all of impressionism."

(Source: Bas den Hond, Science News, February 26, 2023. Used with permission.)

(注)

\*shroud : 覆う

\*vista : 風景

\*belch : 吹き出す

\*fuzzier : fuzzy (ぼやけた) の比較級

\*burgeon : 芽生える

\*environ : (…を) 取り巻く

\*smokestack haze : 煙突の薄煙

\*hue : 色合い

\*hallmark : 特徴的なこと

\*airborne : 空中の

\*aerosol : エアロゾル

\* sulfur dioxide : 二酸化硫黄

\*optical : 視覚の

\*progression : 発展, 進み

\*visibility : 視程

問 1. 下線部 (1) の a connection は何を指すか, [I] の内容に即して説明しなさい。

問 2. 下線部 (2) を日本語に訳しなさい。

問 3. 下線部 (3) の英文雑誌で報告されている研究成果に至る過程で Albright and Huybers ほどのようなことを行ったか, [II] の内容に即して, 簡潔に 4 点説明しなさい。

# 東北大学医学部保健学科

令和6年度（2024年度）

## A O入試（総合型選抜）Ⅲ期 筆記試験

（試験時間 11：00～12：00 （60分））

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子、解答用紙を開いてはいけない。
2. 試験開始の合図の直後に、配布された問題冊子（6ページ）、解答用紙（2枚）がすべてであることを確認すること。なお、問題冊子のページの脱落、印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れなどがあった場合には、手を挙げて監督者に申し出ること。
3. 解答は、必ず黒鉛筆（シャープペンシルも可）で記入し、ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 最初に、解答用紙（2枚）に受験記号番号を忘れずに記入すること。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答に字数の指定がある場合、句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えること。
7. 試験終了後、解答用紙を回収するので、持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ること。



— このページは白紙 —

り  
り

D

— このページは白紙 —

次の英文を読み、特に指示がない限りは設問に日本語で答えなさい。

※文中の NIH は、National Institutes of Health ; アメリカ国立衛生研究所の略称である。アメリカ合衆国で最も古い医学研究の拠点機関であり、世界をリードする権威ある研究機関である。

① A positive research climate allows and encourages open debate about how data should be interpreted. Often there is more than one way to view the results of any given experiment and science is \*propelled forward by the discussion. To maintain a positive climate at NIH, differences of opinion should be expressed with \*civility and respect. Expressing disagreement or a differing interpretation of data is not equivalent to making an \*allegation of research \*misconduct.

propel : 前進させる

civility : 礼節

allegation : 申し立て

misconduct : 不正

integrity : 完全性

veracity : 信憑性<sup>びよう</sup>

formulation : 立案

Research misconduct becomes an issue when the \*integrity or \*veracity of the actual data can be questioned. The scientific community and general public rightly expect intellectual honesty in the \*formulation, conduct, reporting, and reviewing of scientific research. Investigators must act with integrity when editing, analyzing, and presenting data. \*Deceptive manipulation of data, be it misreporting of data, inappropriate exclusion of data outliers, or inappropriate \*enhancement of images, are examples of research misconduct. The manipulated data need not be published or presented at a conference to constitute research misconduct.

deceptive : 欺く

enhancement : 強調

Research misconduct is defined as fabrication, falsification, or plagiarism in proposing, performing, or reviewing research, or in reporting research results. Fabrication is making up data or results and recording or reporting them. Falsification is manipulating research data, materials, equipment, or processes, or changing or omitting data or results such that the research is not accurately represented in the research record. Plagiarism is the \*appropriation of another person's ideas, processes, results, or words without giving appropriate credit. Research misconduct does not include honest error or differences of opinion. The research record is the record of data or results, both physical and electronic, that \*embody the facts resulting from scientific inquiry; including but not limited to emails, research \*proposals, laboratory records, progress reports, abstracts, \*theses, presentations, internal reports, and journal articles.

appropriation : 流用

embody : 具体化する

proposal : 計画書

theses : 論文

The NIH takes all allegations of research misconduct seriously. All NIH personnel are expected to report observed, apparent, or suspected research misconduct to the NIH Agency Intramural Research Integrity

Officer (AIRIO). ②The procedures followed at the NIH are designed to permit allegations of research misconduct to be processed \*promptly, \*confidentially, and fairly. This helps minimize any harm to the public that could result if misconduct is found, and it prevents damage to the career of those who are incorrectly \*implicated. The entire process may take several months to complete.

promptly : 即座に  
confidentially : 秘密に  
implicate : 関与する

Although misconduct proceedings are confidential, a finding of misconduct may result in NIH taking \*administrative actions to remediate the harm, consistent with applicable personnel rules and regulations, which may entail notifying certain parties with a “need to know” the sensitive information. A finding of research misconduct may result in the disclosure of the misconduct by NIH to research collaborators, professional journals, professional societies, news media, and the public. ③Administrative actions taken may include requiring a correction or retraction of pending or published papers, removal of personnel from a project, suspension, salary reduction, reduction in rank, or \*termination of employment.

administrative : 管理的な

termination : 終了

The AIRIO will also take action to prevent \*retaliation against any \*complainant who brings forward an allegation in good faith.

retaliation : 報復  
complainant : 申立人

Although not research misconduct, poor scientific practices can impact the integrity and productivity of a research program. These practices are called Questionable Research Practices or \*Detrimental Research Practices (DRPs).

detrimental : 有害な

Examples of troubling DRPs include:

- Honorary or ghost authorship
- Poor stewardship of the research record
- \*Neglectful or exploitative supervision in research
- Misleading statistical analyses that fall short of falsification

neglectful : 怠慢な

A critical part of training and mentoring is promoting explicit discussion of best practices in the laboratory. To that end, discussion of research ethics, including the required annual case studies found in the Responsible Conduct of Research Training Program, should be held regularly by NIH Institutes and Centers. All personnel should understand the responsibilities and expectations relevant to recording and maintaining data in their laboratories, including the requirement to maintain research

records for a minimum of seven years after completion of the project. Principal Investigators (PIs) and supervisors should make a point to review experimental data frequently. Presentation of figures in group meetings should be accompanied by primary data for \*verification whenever possible. Perhaps most importantly, PIs must model ethical research practices and ensure that \*undue pressure to succeed does not create a climate that tolerates DRPs.

verification : 検証

undue : 過度の

(出典 : National Institutes of Health Office of the Director: Guidelines and Policies for the Conduct of Research in the Intramural Research Program at NIH, Seventh Edition, 2021 一部改変)

1. 下線部①に関して、(ア) どのような環境のことを指しているのか、また (イ) それを維持するためにはどのようなことが大切なのか、それぞれ具体的に説明しなさい。
2. 本文で定義されている研究不正になる行為をあらわす単語 3つを、本文から**英単語**で書き出しなさい。また、それぞれどのような行為なのか、本文にしたがって説明しなさい。
3. 下線部②は何を抑え、防止しているのか説明しなさい。
4. NIH で研究不正行為が明らかになった場合、下線部③にはどのようなものが含まれる可能性があるか、本文に即して説明しなさい。
5. 筆者は研究不正を起こさせないために気をつけることを「すべての職員」「研究責任者と監督者」「最も重要なこと」に分けて述べている。それぞれ具体的に説明しなさい。
6. 以下のア～キのうち、本文で述べられていないものを 2つ 選び記号で答えなさい。  
ア 研究不正への NIH の対応と処分    イ 研究不正と不正所得    ウ 研究不正の内容  
エ 不適切な科学実践の内容            オ 不適切な論文作法    カ 疑わしい科学実践  
キ 不正を起こさせないための指導と研修
7. 日本の研究機関において、研究不正への対策としてどのようなものがあるとよいか、NIH の取り組みを参考にしながら、あなたの考えを 150 字から 200 字で述べなさい。



F  
J

•  
J