

令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年1月21日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は100ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
 物理 4～36ページ
 化学 38～58ページ
 生物 60～95ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
 受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
 氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
 解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を使いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 S : 32

Ca : 40

標準状態 (0℃, 1.013×10^5 Pa) における気体 1 mol の体積 22.4 L

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa・L/(mol・K)

1 次の問 1～10 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 10 〕

問 1 混合物から目的の物質を取り出す操作に関する記述と、その操作法の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 1

	操作	操作法
①	茶葉からカフェインを取り出す。	再結晶
②	少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから硝酸カリウムを取り出す。	昇華法
③	ヨウ素とヨウ化カリウムの混合物からヨウ素を取り出す。	クロマトグラフィー
④	砂の混じった海水から砂を取り除く。	抽出
⑤	水と塩化ナトリウムの混合物から水を取り出す。	蒸留
⑥	黒のサインペンの色素を分離する。	ろ過

問2 原子 A の原子量は M である。A には、 A_1 と A_2 の同位体のみが存在し、 A_1 の相対質量を a とする。 A_2 の相対質量が A_1 の相対質量より 2 だけ大きいとき、 A_1 の存在率 x [%] を M および a を用いて表した式として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2 %

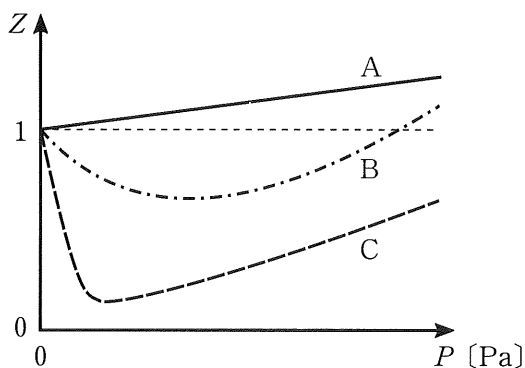
- ① $50M - 50a + 100$ ② $50a - 50M + 100$ ③ $50M + 50a - 100$
 ④ $100M - 100a + 100$ ⑤ $100a - 100M + 100$ ⑥ $100M + 100a - 100$

問3 次の(a)～(e)のうち、結晶構造をもち、それが分子結晶に分類されるものの組合せとして最も適切なものを、下の①～⑩のうちから一つ選びなさい。 3

- (a) 塩化アンモニウム (b) 氷 (c) すず
 (d) ドライアイス (e) 二酸化ケイ素

- ① a と b ② a と c ③ a と d ④ a と e ⑤ b と c
 ⑥ b と d ⑦ b と e ⑧ c と d ⑨ c と e ⑩ d と e

問4 実在気体が理想気体からどれだけずれているかを示す値として、圧縮率因子 Z がある。 Z は気体の体積を V [L]、圧力を P [Pa]、絶対温度を T [K]、物質量を n [mol]、気体定数を R [Pa・L/(mol・K)] とすると、 $Z = \frac{PV}{nRT}$ と表される。次の図の各曲線は、ある温度における気体 A～C の Z と P [Pa] の関係を示している。なお、A～C はいずれも無極性分子である。A～C の分子量の大小関係として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4



- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| ① $A > B > C$ | ② $A > C > B$ | ③ $B > A > C$ |
| ④ $B > C > A$ | ⑤ $C > A > B$ | ⑥ $C > B > A$ |

問5 次の中和滴定に関する文中の下線部(a)～(c)のうち、誤りを含むものをすべて選んだものとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

5

(a) 純水で洗って、内部に少量の水滴がついた状態のホールピペットを用いて濃度未知の硫酸を 10.0 mL はかり取り、コニカルビーカーに入れ、これに(b) 指示薬としてメチルオレンジを数滴加えた。この水溶液を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、10.0 mL を滴下したところで水溶液の色が変化したので滴定の終点とした。この結果から(c) 硫酸の濃度は 0.10 mol/L であると結論づけた。

- ① a のみ ② b のみ ③ c のみ ④ a と b
⑤ a と c ⑥ b と c ⑦ a と b と c ⑧ 誤りを含むものはない

問6 次の水溶液と電極を用いた電気分解装置に一定量の電流を一定時間流して、電気分解によって発生した気体をすべて捕集した。このとき、捕集された気体の物質量が最も多い水溶液と各電極の物質の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、発生した気体は水溶液に溶けないものとする。また、各水溶液は、電気分解を行うのに十分な濃度であるものとする。

6

	水溶液	陽極	陰極
①	水酸化ナトリウム水溶液	炭素	鉄
②	塩化ナトリウム水溶液	白金	白金
③	硫酸カリウム水溶液	炭素	炭素
④	塩化銅(Ⅱ)水溶液	白金	銅
⑤	硫酸銅(Ⅱ)水溶液	銅	銅
⑥	硝酸銀水溶液	炭素	炭素

問7 周期表の第2周期から第5周期の17族元素に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- ① 単体はいずれも二原子分子として存在する。
- ② 単体の酸化力は原子番号が小さいものほど強い。
- ③ 水素化物の沸点は分子量が大きいものほど高い。
- ④ 水素化物はいずれも水によく溶ける。
- ⑤ 銀イオンとの塩は水に溶けるものがある。
- ⑥ カルシウムイオンとの塩は吸湿性をもつものがある。

問8 次の文中の空欄 ア， イ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 8

塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を2本の試験管に取り、片方の試験管に ア の水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じた。また、もう片方の水溶液にアンモニア水を加えると イ 色の沈殿が生じた。

	ア	イ
①	チオシアン酸カリウム	濃青
②	チオシアン酸カリウム	緑白
③	チオシアン酸カリウム	赤褐
④	ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム	濃青
⑤	ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム	緑白
⑥	ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム	赤褐
⑦	ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム	濃青
⑧	ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム	緑白
⑨	ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム	赤褐

問9 分子式が C_8H_9Cl で表される芳香族化合物のうち、ベンゼン環の水素原子が2つ置換された化合物は何種類あるか。その数として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9 種類

- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7 ⑥ 8

問10 セッケンと合成洗剤に関する記述として、誤りを含むものを次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

- ① セッケンは油脂を水酸化ナトリウムで加水分解すると得られる。
- ② セッケン水にフェノールフタレインを加えると水溶液は赤色に呈色する。
- ③ セッケン水に塩酸を加えると白色の塩が生じる。
- ④ セッケン水中のセッケンは炭化水素基を内側に向けて会合している。
- ⑤ 1-ドデカノールの硫酸エステルである硫酸水素ドデシルのナトリウム塩は合成洗剤として利用されている。
- ⑥ 合成洗剤は硬水中でも使用することができる。

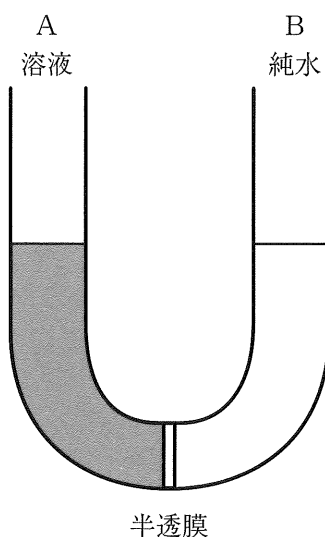
2 次の文章を読み、下の問1～3に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 8 〕

低分子化合物の_(a) 希薄溶液の浸透圧は、溶液のモル濃度と絶対温度に比例する。これを ア の法則という。一方で、高分子化合物の場合、溶液の濃度が大きくなるにつれて ア の法則からのずれが大きくなる。しかしながら、_(b) 溶液を希釈し、濃度が限りなくゼロに近づくと ア の法則が成立するとみなせることが知られている。

問1 文中の空欄 ア に入る語句として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 1

- ① アボガドロ ② ファントホッフ ③ ヘス
④ ボイル ⑤ ルシャトリエ

問2 下線部(a)について、次の図のように、断面積 S [cm^2] の U 字管の中央部を半透膜で仕切り、A 側には分子量 M の非電解質 w [g] を水に溶かし、1 L とした水溶液 X を V [mL] 入れ、B 側には同じ高さまで純水を入れた。温度 T [K] のもとで放置すると、一方の液面が上昇し、やがて両液面の差が h [cm] になって停止した。次の(1)～(3)に答えなさい。



- (1) 液面差が h [cm] となったときの A 側の水溶液のモル濃度 C [mol/L] を表す式として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

2 [mol/L]

- ① $\frac{2wV}{(2V + Sh)M}$ ② $\frac{wV}{(V + Sh)M}$ ③ $\frac{w}{M}$
 ④ $\frac{wV}{(V - Sh)M}$ ⑤ $\frac{2wV}{(2V - Sh)M}$

- (2) 非電解質の分子量 M を表す式として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、気体定数を R [Pa・L/(mol・K)] とし、両液面の差が 1 cm のときの浸透圧が 98 Pa に相当するものとする。 3

- ① $\frac{wV}{98h(V + Sh)}RT$ ② $\frac{wV}{49h(2V + Sh)}RT$ ③ $\frac{w}{98h}RT$
 ④ $\frac{wV}{49h(2V - Sh)}RT$ ⑤ $\frac{wV}{98h(V - Sh)}RT$

- (3) 液面差が h [cm] で停止した状態の装置に対し、A、B の両側にそれぞれ $\frac{V}{2}$ [mL] の純水を加えて T [K] で、液面の高さの差が一定になるまで放置した。このときに生じる液面差を h_1 とする。こののち、B 側から V [mL] の水を取り除いて T [K] で液面の高さの差が一定になるまで放置した。このときに生じる液面差を h_2 とする。 h_1 、 h_2 と h の関係として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、B 側から V [mL] の水を取り除いたときも、B 側の液面は U 字管の鉛直部分にあるものとする。 4

- ① h_1 は h より大きい。
 ② h_1 は h_2 より大きい。
 ③ h_1 は h と同じである。
 ④ h_2 は h より大きい。
 ⑤ h_2 は h と同じである。

問3 下線部(b)について、次の表は 300 K において濃度 W [g/L] ごとの高分子化

合物水溶液の浸透圧 Π [Pa] の値を測定し、 $\frac{\Pi}{W}$ を求めたものである。下の

(1), (2)に答えなさい。

W	Π	$\frac{\Pi}{W}$
0.500	0.950×10^2	1.90×10^2
1.00	2.20×10^2	2.20×10^2
1.50	3.75×10^2	2.50×10^2

(1) 溶質の分子量を M 、気体定数を R [Pa・L/(mol・K)], 絶対温度を T [K] とす

る。 $\boxed{\text{ア}}$ の法則が成立するとき、 $\frac{\Pi}{W}$ を表す式として最も適切なものを、次

の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 $\boxed{5}$

① MRT ② $\frac{RT}{M}$ ③ $\frac{M}{RT}$

④ $\frac{1}{MRT}$ ⑤ $\frac{MT}{R}$

(2) この高分子化合物の平均分子量を $\boxed{6}.\boxed{7} \times 10^{\boxed{8}}$ のように有効数

字 2 桁の数値で表すとき、空欄 $\boxed{6}$ ～ $\boxed{8}$ に入る数として最も適切なも

のを、次の①～⑩のうちから一つずつ選びなさい。なお、同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5

⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

3 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5 〕

硫黄は、周期表の ア 族に属する元素であり、単体は常温常圧のもとで固体として存在し、斜方硫黄や単斜硫黄、ゴム状硫黄などの_(a)同素体をもつ。また、硫黄の単体を燃焼させると、_(b)二酸化硫黄が生じる。二酸化硫黄に触媒として イ を用いて酸素で酸化すると三酸化硫黄となる。得られた三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸に加えて_(c)濃硫酸とする。この方法を ウ 法という。

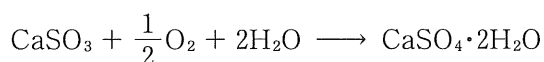
問1 文中の空欄 ア ～ ウ に入る数値および化学式と語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

	ア	イ	ウ
①	15	Pt	オストワルト
②	15	Pt	接触
③	15	V ₂ O ₅	オストワルト
④	15	V ₂ O ₅	接触
⑤	16	Pt	オストワルト
⑥	16	Pt	接触
⑦	16	V ₂ O ₅	オストワルト
⑧	16	V ₂ O ₅	接触

問2 下線部(a)について、硫黄の同素体に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 2

- ① 斜方硫黄および単斜硫黄はいずれも 8 原子分子である。
- ② 斜方硫黄を融解させた融解液を水中に注ぎ、急冷するとゴム状硫黄が得られる。
- ③ 斜方硫黄および単斜硫黄は黄色の固体であり、ゴム状硫黄は白色の固体である。
- ④ ゴム状硫黄は無定形固体の一種で、定まった融点をもたない。
- ⑤ ゴム状硫黄を常温のもとで放置すると、次第に安定な斜方硫黄に変化する。

問3 下線部(b)について、二酸化硫黄は石油などの化石燃料の燃焼によっても発生し、酸性雨の原因となるほか、さまざまな環境汚染を引き起こすことが知られている。排ガス中の二酸化硫黄の除去法として、水と消石灰を混ぜ合わせた懸濁液に二酸化硫黄を含む排ガスを吹き込み、亜硫酸カルシウムとし、さらに空気中で酸化させてセッコウとする方法がある。この反応は次の 2 つの反応で表される。下の(1)、(2)に答えなさい。



(1) この一連の反応による硫黄原子の酸化数の変化として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 3

- ① 4 だけ増加した ② 2 だけ増加した ③ 変化しなかった
- ④ 2 だけ減少した ⑤ 4 だけ減少した

(2) 標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとで $1.12 \times 10^5 \text{ L}$ の排ガス中に、二酸化硫黄がモル分率で 1.0×10^{-3} だけ含まれている。この排ガスに上記の処理を施したところ、 $7.74 \times 10^2 \text{ g}$ のセッコウが得られた。この処理により、排ガス中に存在していた二酸化硫黄のうちセッコウに変化したもののモル分率として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- ① 0.70 ② 0.75 ③ 0.80 ④ 0.85 ⑤ 0.90 ⑥ 0.95

問4 下線部(c)について、硫黄原子を質量比で 80.0%含む原料を用いて、 ウ 法によって硫酸を製造したところ、質量パーセント濃度が 98.0%の濃硫酸を 4.00 t 得た。このとき、用いた原料の質量 [t] の値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、原料に含まれている硫黄原子はすべて硫酸の製造に用いられたものとする。 5 t

- ① 0.80 ② 1.2 ③ 1.6 ④ 2.4 ⑤ 3.0 ⑥ 3.2

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

4 次の文章を読み、下の問 1 ～ 4 に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

化合物 A は分子式 $C_{11}H_{20}O_4$ で表されるジエステル化合物である。化合物 A とその分解生成物に対し、次の実験 1～6 を行った。

実験 1 化合物 A を加水分解すると、化合物 B, C, D が、それぞれ同じ物質質量だけ得られた。

実験 2 化合物 B を 66.0 mg はかり取り、これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 110 mg と水 36.0 mg が得られた。

実験 3 化合物 B を 66.0 mg はかり取り、十分量の炭酸水素ナトリウム水溶液に加えたところ、気体の二酸化炭素が発生した。

実験 4 化合物 B の平面偏光に対する旋光性の有無を調べたところ、旋光性を有していた。

実験 5 等しい質量の化合物 C と化合物 D を完全燃焼させたところ、それぞれから生成した二酸化炭素の質量および水の質量は等しかった。

実験 6 化合物 C と化合物 D のそれぞれにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、化合物 C からは黄色沈殿が生じたが、化合物 D からは変化が見られなかった。

問 1 実験 2 の結果から、化合物 B の分子式を $C_{\text{1}}H_{\text{2}}O_{\text{3}}$ と表すとき、空欄 ～ に当てはまる数として最も適切なものを、次の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、原子の数が 1 の場合は①を選ぶこと。なお、同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

問2 実験1～3までの結果を前提として、次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 実験3において、発生した二酸化炭素の標準状態(0℃, 1.013×10^5 Pa)のもとの体積[mL]の値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4 mL

① 4.48 ② 8.96 ③ 11.2 ④ 17.9 ⑤ 22.4 ⑥ 33.6

- (2) 化合物Bとして考えられる異性体は何種類あるか。その数として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。なお、立体異性体についても区別するものとする。 5 種類

① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

問3 化合物Cと化合物Dの名称の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 6

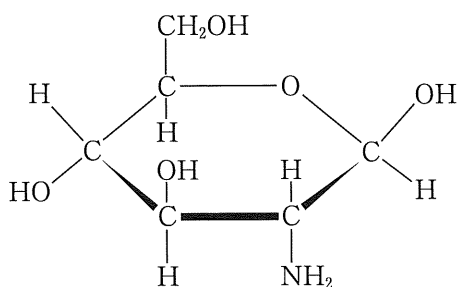
	化合物C	化合物D
①	エタノール	2-ブタノール
②	エタノール	2-メチル-2-プロパノール
③	1-プロパノール	2-プロパノール
④	2-プロパノール	1-プロパノール
⑤	2-ブタノール	エタノール
⑥	2-メチル-2-プロパノール	エタノール

問 4 化合物 A として考えられる異性体は何種類あるか。その数として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。なお、立体異性体についても区別するものとする。 7 種類

- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

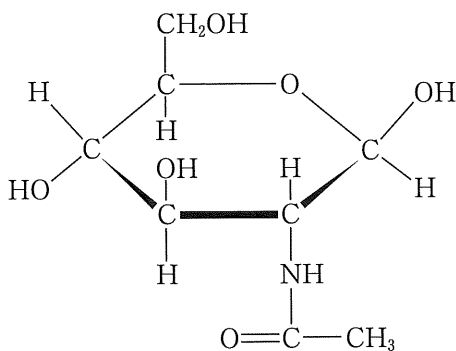
5 次の文章を読み，下の問 1 ～ 4 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4〕

グルコースの 2 位の炭素に結合しているヒドロキシ基がアミノ基に置換された化合物をグルコサミンという。次の構造式は_(a)β-グルコースの誘導体である β-グルコサミンを表している。



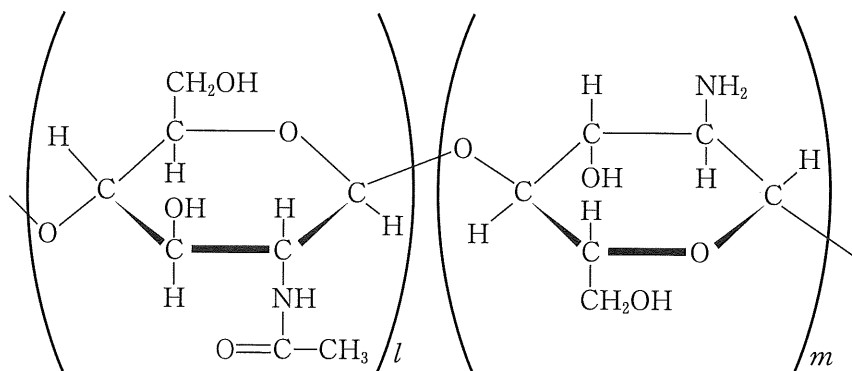
β-グルコサミンの構造式

β-グルコサミンのアミノ基がアセチル化された化合物を β-N-アセチルグルコサミンといい，構造式は次のように表される。



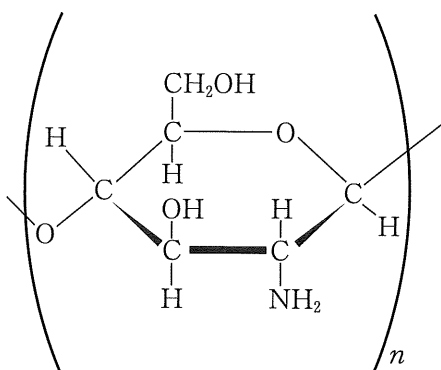
β-N-アセチルグルコサミンの構造式

β -グルコサミンと β -N-アセチルグルコサミンからなる高分子化合物をキチンといい、構造式は次のように表される。なお、構造式中の l と m はそれぞれ、 β -N-アセチルグルコサミンと β -グルコサミンの重合度を表している。キチンは甲殻類の外皮やキノコ類の細胞壁を構成する主成分である。



キチンの構造式

一方、キトサンは β -グルコサミンの重合体であり、キチンに強塩基を作用させ、アセチル基を加水分解すると得られる。なお、キトサンの構造式は次のように表され、構造式中の n は β -グルコサミンの重合度を表している。



キトサンの構造式

キチンやキトサンは、構造式がセルロースに似ているが、(b) 溶解性は、溶媒の種類によってセルロースとは異なる場合があることが知られている。

問1 文中の下線部(a)について、 β -グルコースに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べなさい。 1

- ① 分子内にヒドロキシ基を5つもつ。
- ② 多数の β -グルコースが重合した高分子化合物はセルロースである。
- ③ 水によく溶ける。
- ④ 水溶液は還元性を示す。
- ⑤ α -グルコースとは鏡像異性体の関係にある。

問2 β -N-アセチルグルコサミン 44.2 g を完全に加水分解して得られる β -グルコサミンの質量 [g] として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べなさい。 2 g

- ① 35.8 ② 36.0 ③ 38.2 ④ 40.0 ⑤ 41.4 ⑥ 43.2

問3 β -N-アセチルグルコサミンと β -グルコサミンの組成比が3:1であるキチン 15.40 g をはかり取り、水酸化ナトリウム水溶液を作用させ、アセチル基の一部を加水分解した。反応後の高分子化合物の質量を測定したところ、13.72 g となっていた。反応後の高分子化合物のもつアミノ基のうち、アセチル化されているものの割合 [%] として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べなさい。ただし、高分子化合物の末端構造は無視するものとし、この反応でグリコシド結合の加水分解は起こらなかったものとする。 3 %

- ① 20 ② 25 ③ 33 ④ 50 ⑤ 67 ⑥ 75

問4 下線部(b)について、キチンとキトサンの溶解性に関する記述として、最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

4

- ① キチンもキトサンも分子内にヒドロキシ基を多数もつため、水に溶けやすい。
- ② キチンは分子内にアセチル基を多数もつため、キトサンやセルロースに比べ、希水酸化ナトリウム水溶液に溶けやすい。
- ③ キチンは分子内にアセチル基を多数もつため、キトサンやセルロースに比べ、希塩酸に溶けやすい。
- ④ キトサンは分子内にアミノ基を多数もつため、キチンやセルロースに比べ、希水酸化ナトリウム水溶液に溶けやすい。
- ⑤ キトサンは分子内にアミノ基を多数もつため、キチンやセルロースに比べ、希塩酸に溶けやすい。

(下 書 き 用 紙)

令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年1月22日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は96ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
物理 4～30ページ
化学 32～55ページ
生物 56～90ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を使いなさい。

原子量 H : 1.0 He : 4.0 C : 12 N : 14 O : 16
Ne : 20 Na : 23 S : 32 Cl : 35.5 Ar : 40
Zn : 65 Kr : 84 Rb : 85.5 Xe : 131

標準状態 (0℃, 1.013×10^5 Pa) における気体 1 mol の体積 22.4 L

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(mol·K)

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ /mol

1 次の問 1～10 に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問 1 原子の構造に関する記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ
選びなさい。

- ① すべての原子は、陽子と中性子と電子で構成される。
- ② 同じ元素の原子は、すべて中性子の数が等しい。
- ③ 原子の質量は、原子核の質量とほぼ等しい。
- ④ 原子の大きさは、原子核の大きさとほぼ等しい。
- ⑤ 原子番号が同じで、質量数が異なる原子どうしは、互いに同素体である。

問2 次の文中の空欄 ～ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

一般に、第一イオン化エネルギーの 原子ほど一価の陽イオンになりやすく、電子親和力の 原子ほど一価の陰イオンになりやすい。アルカリ金属元素では、原子番号が大きくなるほど、第一イオン化エネルギーは なる。

	ア	イ	ウ
①	小さい	小さい	小さく
②	小さい	小さい	大きく
③	小さい	大きい	小さく
④	小さい	大きい	大きく
⑤	大きい	小さい	小さく
⑥	大きい	小さい	大きく
⑦	大きい	大きい	小さく
⑧	大きい	大きい	大きく

問3 質量パーセント濃度が a [%] である水酸化ナトリウム NaOH 水溶液の密度が d [g/cm³] であるとき、この水溶液のモル濃度 [mol/L] を表す式として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、水酸化ナトリウムの式量は 40 であるとする。 [mol/L]

- ① $\frac{a}{4d}$ ② $\frac{a}{400d}$ ③ $\frac{d}{4a}$
- ④ $\frac{d}{400a}$ ⑤ $\frac{ad}{4}$ ⑥ $\frac{ad}{400}$

問4 次に示す窒素化合物(a)～(c)について、含まれる窒素原子の酸化数が小さい順に並べたとき、その順番として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

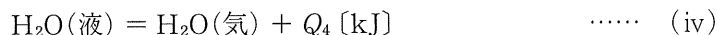
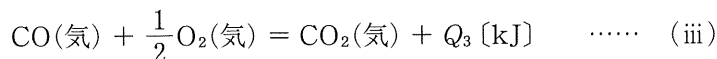
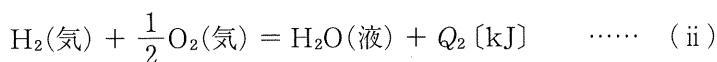
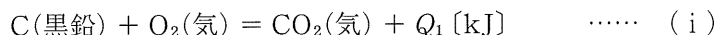
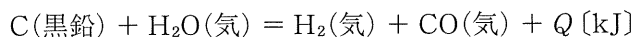
(a) 亜硝酸ナトリウム

(b) アンモニア

(c) 一酸化窒素

- ① $a < b < c$ ② $a < c < b$ ③ $b < a < c$
 ④ $b < c < a$ ⑤ $c < a < b$ ⑥ $c < b < a$

問5 黒鉛に高温の水蒸気を作用させると、次の熱化学方程式で表される反応により水素と一酸化炭素が生成する。このときの Q [kJ] を、下の熱化学方程式(i)～(iv)中の Q_1 [kJ]～ Q_4 [kJ] を用いて表した式として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5 [kJ]



- ① $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ ② $Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_4$
 ③ $Q_1 + Q_2 - Q_3 + Q_4$ ④ $-Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$
 ⑤ $-Q_1 - Q_2 + Q_3 - Q_4$ ⑥ $Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4$

問6 次の反応式で表される反応は、すべて可逆反応である。これらの可逆反応が平衡に達したのち、温度を一定に保ったまま圧力を下げていった。このとき、平衡が右に移動するものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 6

- ① $2\text{NO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{気})$
- ② $\text{CO}_2(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{気}) + \text{CO}(\text{気})$
- ③ $2\text{SO}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{気})$
- ④ $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{CO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{気})$
- ⑤ $2\text{HI}(\text{気}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気})$
- ⑥ $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{気})$

問7 次の文中の空欄 ア に入る語句として最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

鉄にクロムやニッケルなどを加えた合金である ア は、表面がクロムの酸化物の被膜で保護されており腐食しにくいいため、調理器具や医療器具などに利用されている。

- | | | |
|----------|-------|------------|
| ① ジュラルミン | ② トタン | ③ アモルファス合金 |
| ④ ステンレス鋼 | ⑤ ブリキ | ⑥ 形状記憶合金 |

問8 次の文中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適切なものを，下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 **8**

金箔を王水に溶かし，塩化金(Ⅲ)酸 HAuCl_4 の水溶液にしたあと，水酸化カリウム KOH 水溶液を加えて溶液を弱塩基性にした。この溶液を薄めてガスバーナーの炎に含まれる一酸化炭素 CO で **ア** すると，薄赤色の金のコロイド溶液が得られた。この溶液に横からレーザー光を当てると光の進路が見えた。これを **イ** という。金のコロイド粒子は電荷を帯びており，互いに反発し合うことで，溶液中に分散し，安定に存在している。また，この溶液に少量の電解質を加えたところ，金のコロイド粒子が沈殿した。これを **ウ** という。

	ア	イ	ウ
①	酸化	ブラウン運動	凝析
②	酸化	ブラウン運動	塩析
③	酸化	チンダル現象	凝析
④	酸化	チンダル現象	塩析
⑤	還元	ブラウン運動	凝析
⑥	還元	ブラウン運動	塩析
⑦	還元	チンダル現象	凝析
⑧	還元	チンダル現象	塩析

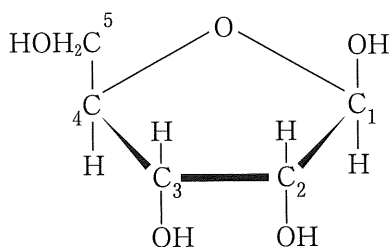
問9 次の文中の空欄 ア , イ に入る数値の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

分子式 $C_5H_{12}O$ で表される脂肪族化合物の構造異性体のうち、炭素鎖に枝分かれのあるアルコールは ア 種類ある。また、炭素鎖に枝分かれのあるアルコールのうち、不斉炭素原子をもつものは イ 種類ある。

	ア	イ
①	3	1
②	3	2
③	5	2
④	5	3
⑤	8	3
⑥	8	4

問 10 次の文中の空欄 **ア** ～ **ウ** に入る数値の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べなさい。 **10**

生物の細胞中に存在する核酸は、ヌクレオチドが多数結合した高分子化合物であり、ヌクレオチドは、糖、塩基およびリン酸からなる化合物である。RNA を構成する糖であるリボースの構造式を次の図に示す（なお、C に付した1～5の数字は炭素の位置を表している）。ヌクレオチドは糖の **ア** 位の炭素原子で塩基と、 **イ** 位の炭素原子でリン酸と結合している。また、DNA を構成する糖であるデオキシリボースは、リボースの **ウ** 位の炭素に結合した $-OH$ が $-H$ に置換された構造をとっている。



リボース

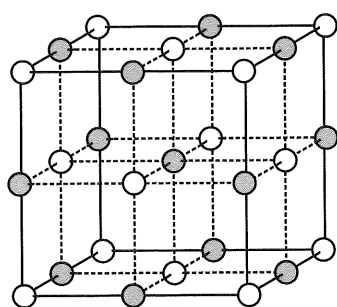
	ア	イ	ウ
①	1	2	5
②	1	5	2
③	2	1	5
④	2	5	1
⑤	5	1	2
⑥	5	2	1

(下 書 き 用 紙)

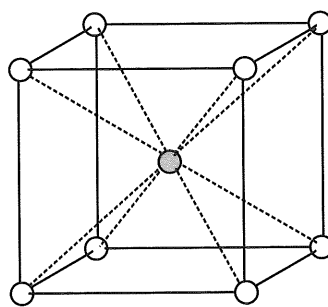
化学の試験問題は次に続く。

2 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

次の図は、塩化ルビジウム RbCl の結晶構造である。室温では塩化ナトリウム NaCl 型であるが、 -190°C 以下では、塩化セシウム CsCl 型になることが知られている。



NaCl 型



CsCl 型

● : Rb^+
○ : Cl^-

RbCl の単位格子

問1 NaCl 型および CsCl 型の結晶中において、ルビジウムイオン Rb^+ が接している塩化物イオン Cl^- の数の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、隣り合うイオンどうしは、互いに接しているものとする。

1

	NaCl 型	CsCl 型
①	2	2
②	2	6
③	4	4
④	4	8
⑤	6	2
⑥	6	8
⑦	8	6
⑧	8	4

問2 次の文中の空欄 ～ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

イオン結晶では、イオンの価数が ，イオン間の距離が ほどイオン結合が強くなるので、融点が高くなる。したがって、いずれも NaCl 型の結晶構造をとる KF, KBr, MgO, CaO の中で、最も融点が高いのは である。

	ア	イ	ウ
①	小さく	短い	KF
②	小さく	短い	KBr
③	小さく	長い	KF
④	小さく	長い	KBr
⑤	大きく	短い	MgO
⑥	大きく	短い	CaO
⑦	大きく	長い	MgO
⑧	大きく	長い	CaO

問3 RbCl の結晶構造について、 Cl^- の半径が 0.167 nm であり、NaCl 型の単位格子の一辺の長さが 0.658 nm であるとする。このとき、 Rb^+ のイオン半径 [nm] として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、単位格子中で最も距離の近いイオンどうしは互いに接しているものとする。

nm

- ① 0.150 ② 0.162 ③ 0.186
 ④ 0.232 ⑤ 0.246 ⑥ 0.262

問4 CsCl 型の RbCl の結晶の単位格子の一辺の長さが $0.380 \text{ nm} (= 3.80 \times 10^{-8} \text{ cm})$ であるとき、この結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、必要ならば、 $3.80^3 = 54.9$ を用いよ。

4 g/cm^3

- ① 1.83 ② 2.12 ③ 2.82 ④ 3.23 ⑤ 3.66 ⑥ 4.24

問5 NaCl 型の RbCl と、CsCl 型の RbCl で、 Rb^+ および Cl^- のイオン半径がそれぞれ同じであるとする。NaCl 型の結晶の密度を d_{NaCl} 、CsCl 型の結晶の密度を d_{CsCl} と表すとき、密度の比の値 $\frac{d_{\text{CsCl}}}{d_{\text{NaCl}}}$ として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。 5

- ① 0.683 ② 0.738 ③ 0.771 ④ 1.30 ⑤ 1.36 ⑥ 1.46

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

3 次の文章を読み、下の問 1 ～ 5 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

気体の発生に関する、次の実験 1～6 を行った。

実験 1 酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加え加熱すると、気体 A が発生した。

実験 2 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えると、気体 B が発生した。

実験 3 銅に濃硝酸を加えると、気体 C が発生した。

実験 4 亜硝酸アンモニウムの水溶液を加熱すると、気体 D が発生した。

実験 5 ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると、気体 E が発生した。

実験 6 水酸化ナトリウム水溶液に亜鉛を加えると、気体 F が発生した。

問 1 実験 1, 2 の操作で発生する気体 A, B を、乾燥剤を用いて乾燥させた。気体 A または B の色と使用可能な乾燥剤の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

	気体	気体の色	使用可能な乾燥剤
①	気体 A	赤褐色	ソーダ石灰
②	気体 A	赤褐色	塩化カルシウム
③	気体 A	黄緑色	十酸化四リン
④	気体 A	黄緑色	ソーダ石灰
⑤	気体 B	赤褐色	十酸化四リン
⑥	気体 B	赤褐色	ソーダ石灰
⑦	気体 B	黄緑色	塩化カルシウム
⑧	気体 B	黄緑色	十酸化四リン

問2 実験3, 4の操作で発生する気体C, Dの性質に関する記述として最も適切なものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- ① 実験3で発生した気体Cは, 無色で水に溶けにくく, 空気中で放置すると赤褐色の気体に変化する。
- ② 実験3で発生した気体Cは, 赤褐色の気体で, 工業的にはハーバー・ボッシュ法で製造される。
- ③ 実験3で発生した気体Cは, 麻酔性があり笑気ガスとよばれる。
- ④ 実験4で発生した気体Dは, 刺激臭のある塩基性の気体である。
- ⑤ 実験4で発生した気体Dは, 常温では不活性な気体であり, 液体空気の分留によって得られる。
- ⑥ 実験4で発生した気体Dは, 温水と反応させると硝酸を生成する。

問3 実験5の操作で用いた濃硫酸と同じ役割を果たしている物質を含む反応として最も適切なものを, 次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 3

- ① 過マンガン酸カリウムに硫酸と過酸化水素水を加えると気体が発生する。
- ② 銀に濃硫酸を加えて加熱すると気体が発生する。
- ③ フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱すると気体が発生する。
- ④ 炭酸水素ナトリウム水溶液に硫酸を加えると気体が発生する。
- ⑤ エタノールに濃硫酸を加えて170℃程度まで加熱すると気体が発生する。

問4 実験6の操作について、3.25 gの亜鉛を、1.00 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液 500 mLに加えたところ、反応が完全に進み気体Fが発生した。このとき発生した気体Fの27℃、 1.00×10^5 Paにおける体積[L]として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 4 L

- ① 1.2 ② 2.5 ③ 3.7 ④ 4.6
⑤ 5.0 ⑥ 6.2 ⑦ 7.3 ⑧ 8.2

問5 実験1～6において発生した気体A～Fのいずれか一つと、ある貴ガスとを体積比1:1となるように混合した。この混合ガスの平均分子量は43であった。また、用いた貴ガスの標準状態(0℃、 1.013×10^5 Pa)における密度は酸素O₂の1.25倍であった。混合ガスに含まれる気体として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、気体の混合によって化学反応は起こらないものとする。 5

- ① 気体A ② 気体B ③ 気体C
④ 気体D ⑤ 気体E ⑥ 気体F

(下 書 き 用 紙)

化学の試験問題は次に続く。

4 次の問1～4に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 7 〕

問1 カルボン酸のカルボキシ基と、アルコールやフェノール類のヒドロキシ基の間での脱水により得られる化合物をエステルとよぶが、カルボン酸だけではなく、
(a) オキソ酸とアルコールやフェノール類との脱水によっても (b) エステルは得られる。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) 下線部(a)について、塩素のオキソ酸では、酸の強さの関係は、過塩素酸 $\text{HClO}_4 >$ 塩素酸 $\text{HClO}_3 >$ 亜塩素酸 $\text{HClO}_2 >$ 次亜塩素酸 HClO となる。つまり、中心原子が同じオキソ酸では、中心原子に ア 結合している酸素原子の数が イ 方がより強い酸になることが分かる。また、中心原子が周期表上の同一周期に位置するオキソ酸では、酸の強さの関係は、過塩素酸 $\text{HClO}_4 >$ 硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4 >$ リン酸 H_3PO_4 となる。このことから、中心原子の ウ が大きい方がより強い酸になることがわかる。

文中の空欄 ア ～ ウ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

	ア	イ	ウ
①	イオン	少ない	原子半径
②	イオン	少ない	電気陰性度
③	イオン	多い	原子半径
④	イオン	多い	電気陰性度
⑤	配位	少ない	原子半径
⑥	配位	少ない	電気陰性度
⑦	配位	多い	原子半径
⑧	配位	多い	電気陰性度

(2) 下線部(b)について，エステル化合物に分類されない物質を，次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2

- | | |
|------------|-----------------|
| ① ニトログリセリン | ② ニトロセルロース |
| ③ ニトロベンゼン | ④ 酢酸フェニル |
| ⑤ 硫酸水素ドデシル | ⑥ ポリエチレンテレフタレート |

問2 サリチル酸をメタノールに溶かし、濃硫酸を少量加えて加熱して反応させた。

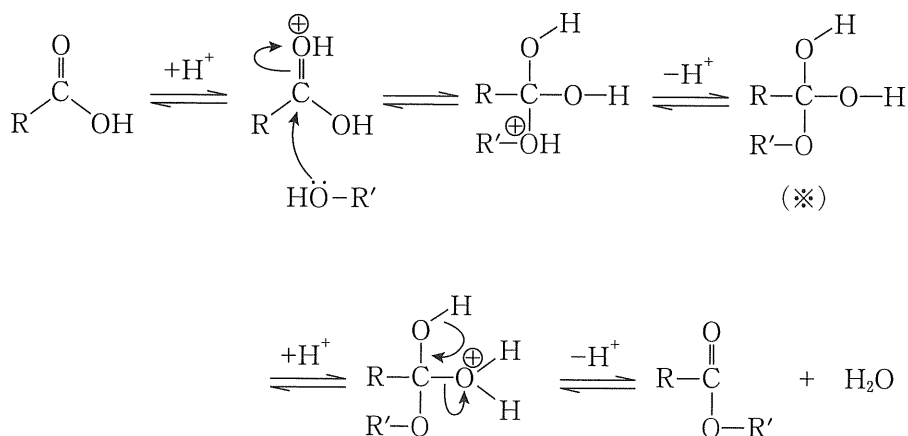
反応後の操作と、その結果に関する記述として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、各層に含まれている芳香族化合物は、塩として存在することもある。

3

- ① 反応後の溶液を塩酸中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主に水層に、サリチル酸メチルは主にエーテル層に存在した。
- ② 反応後の溶液を塩酸中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主にエーテル層に、サリチル酸メチルは主に水層に存在した。
- ③ 反応後の溶液を炭酸水素ナトリウム水溶液中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主に水層に、サリチル酸メチルは主にエーテル層に存在した。
- ④ 反応後の溶液を炭酸水素ナトリウム水溶液中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主にエーテル層に、サリチル酸メチルは主に水層に存在した。
- ⑤ 反応後の溶液を水酸化ナトリウム水溶液中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主に水層に、サリチル酸メチルは主にエーテル層に存在した。
- ⑥ 反応後の溶液を水酸化ナトリウム水溶液中に注ぎ、エーテルを加えてよく振り、エーテル層と水層に分離した。サリチル酸は主にエーテル層に、サリチル酸メチルは主に水層に存在した。

問3 酸を触媒としたカルボン酸 RCOOH とアルコール R'OH の反応でエステルが生成する機構は、次の図のようになることが知られている。図の中で、 $\ddot{\text{O}}$ の $\cdot\cdot$ の記号は非共有電子対を示しており、曲がった矢印は電子対の移動を示している。これをもとに、下のような実験 A, B を行った場合に生成する水についての正しい記述の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑨のうちから一つ選びなさい。ただし、天然の酸素原子中の ^{17}O , ^{18}O の存在比はわずかなので無視できるものとし、同位体間に反応性の差はないものとする。また、(*) で示した反応中間体に含まれる 2 つのヒドロキシ基はいずれも同じ反応性をもつ。なお、標識とは、化合物中のある原子を、その原子の同位体で置換することで目印とすることである。

4

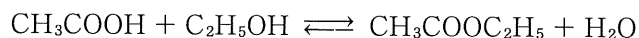


実験 A 質量数 16 の酸素原子のみを含むカルボン酸 RCOOH と、質量数 18 の酸素原子で標識したアルコール $\text{R}'^{18}\text{OH}$ を反応させる。

実験 B 質量数 18 の酸素原子でカルボニル基の酸素原子を標識したカルボン酸 RC^{18}OOH と、質量数 16 の酸素原子のみを含むアルコール R'OH を反応させる。

	実験 A	実験 B
①	分子量 18 の水が生成する。	分子量 18 の水が生成する。
②	分子量 18 の水が生成する。	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。
③	分子量 18 の水が生成する。	分子量 20 の水が生成する。
④	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。	分子量 18 の水が生成する。
⑤	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。
⑥	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。	分子量 20 の水が生成する。
⑦	分子量 20 の水が生成する。	分子量 18 の水が生成する。
⑧	分子量 20 の水が生成する。	分子量 18 の水と分子量 20 の水が生成する。
⑨	分子量 20 の水が生成する。	分子量 20 の水が生成する。

問4 酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応は可逆反応であり、次のように表される。



この反応における平衡定数 K は次のように表される。ただし、 $[\text{X}]$ は X のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を表している。

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

いま、ある温度で酢酸 1.00 mol とエタノール 1.20 mol を混合して反応させたところ、酢酸エチルが 0.80 mol 生成して平衡状態になった。この反応溶液にさらに酢酸を 0.20 mol 加えて同じ温度で平衡状態になるまで反応させたとき、新たに生成する酢酸エチルの物質質量 $[\text{mol}]$ を . $\times 10^{-\text{$ mol のように有効数字 2 桁の数値で表すとき、 $\sim$ に入る数字を、次の① $\sim$ ⑩のうちから一つずつ選びなさい。ただし、 $\sqrt{2.0} = 1.4$ とする。なお、同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

5 次の文章を読み、下の問1～3に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを混ぜて ア 重合させると三次元立体網目構造をもつ合成樹脂が得られる。この樹脂に イ を作用させてスルホ基を導入したものを_(a)陽イオン交換樹脂という。

(b) イオン交換樹脂を用いて、複数のアミノ酸の混合物から各アミノ酸を分離することができる。

問1 文中の空欄 ア，イ に当てはまる語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 1

	ア	イ
①	縮合	濃塩酸
②	縮合	濃硝酸
③	縮合	濃硫酸
④	開環	濃塩酸
⑤	開環	濃硝酸
⑥	開環	濃硫酸
⑦	共	濃塩酸
⑧	共	濃硝酸
⑨	共	濃硫酸

問2 下線部(a)について、スチレンと *p*-ジビニルベンゼンを物質質量比 10 : 1 で反応させて得られた高分子化合物 A を 4.68 g はかり取り、スルホ基を導入したところ、陽イオン交換樹脂 B が 7.08 g 得られた。次の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 高分子化合物 A の平均分子量は 5.85×10^5 であった。A の 1 分子中には、平均してベンゼン環がいくつ含まれるか。その数として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 2 個

- ① 1.00×10^3 ② 1.10×10^3 ③ 2.00×10^3
④ 2.20×10^3 ⑤ 5.00×10^3 ⑥ 5.50×10^3

- (2) スルホ基はスチレン由来のベンゼン環にのみ導入され、ベンゼン環 1 つあたりスルホ基が 1 つ導入されるものとするとき、陽イオン交換樹脂 B のスチレン由来のベンゼン環の何%にスルホ基が導入されたか。その値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3 %

- ① 54 ② 58 ③ 60 ④ 68 ⑤ 75 ⑥ 81

問3 文中の下線部(b)について、十分な量の陽イオン交換樹脂をカラムに詰め、 $\text{pH} = 3.2$ の緩衝液に溶解したアラニン、グルタミン酸、およびリシンの混合溶液をカラムの上部に入れた。その後、緩衝液の pH を 3.2 から段階的に上昇させながら、緩衝液をカラムの上部から流し、アミノ酸を溶出させた。この一連の操作により溶出したアミノ酸を溶出順に並べたものとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4

- ① アラニン→グルタミン酸→リシン ② アラニン→リシン→グルタミン酸
③ グルタミン酸→アラニン→リシン ④ グルタミン酸→リシン→アラニン
⑤ リシン→グルタミン酸→アラニン ⑥ リシン→アラニン→グルタミン酸

令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年2月27日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は100ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
物理 4～36ページ
化学 38～60ページ
生物 62～94ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

化 学

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を使いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16 F : 19 S : 32

Fe : 56 Cu : 64

標準状態 (0℃, 1.013×10^5 Pa) における気体 1 mol の体積 22.4 L

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(mol·K)

1 次の問 1 ～10 に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問 1 現代の地球における大気中の ^{14}C の量を 100 とするとき、45600 年前の地層から発掘された木片に含まれる ^{14}C の量の値として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。ただし、年代によらず、大気中の二酸化炭素や動植物の体内に含まれる ^{14}C の割合は一定であるものとする。また、 ^{14}C の半減期を 5700 年とする。

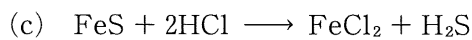
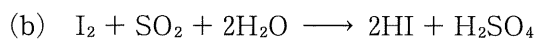
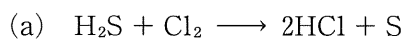
- | | | | |
|----------|---------|---------|--------|
| ① 0.0039 | ② 0.063 | ③ 0.025 | ④ 0.13 |
| ⑤ 0.39 | ⑥ 6.3 | ⑦ 2.5 | ⑧ 13 |

問2 次の文中の空欄 ～ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

一般に、一定の圧力のもとでは、液体が存在するいかなる温度においても、液体の で物質の状態が液体から気体へと変化する。また、一定の圧力のもとで液体を加熱すると、ある温度に達したとき、液体の で状態の変化が起こる。後者の現象を特に といい、液体に加わる圧力が大きくなったとき、状態の変化が起こる温度は なる。

	ア	イ	ウ	エ
①	表面	表面と内部	蒸発	高く
②	表面	表面と内部	蒸発	低く
③	表面	表面と内部	沸騰	高く
④	表面	表面と内部	沸騰	低く
⑤	表面と内部	表面	蒸発	高く
⑥	表面と内部	表面	蒸発	低く
⑦	表面と内部	表面	沸騰	高く
⑧	表面と内部	表面	沸騰	低く

問3 次の(a)～(c)の反応のうち、下線部の物質が還元剤としてはたらいっているものをすべて選んだものとして最も適切なものを、下の①～⑦のうちから一つ選びなさい。 3



- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ aとb
⑤ aとc ⑥ bとc ⑦ a～cのすべて

問4 二酸化炭素 CO_2 と二酸化ケイ素 SiO_2 に関する次の文章(a)～(c)のうち、誤りを含むものをすべて選んだものとして最も適切なものを、下の①～⑦のうちから一つ選びなさい。 4

(a) 炭素と酸素、ケイ素と酸素の原子間の結合は、ともに二重結合である。

(b) いずれの化合物においても、酸素原子どうしの結合は存在しない。

(c) 炭素原子1個には2個の、ケイ素原子1個には4個の酸素原子が結合している。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ ④ aとb
⑤ aとc ⑥ bとc ⑦ a～cのすべて

問5 二次電池である鉛蓄電池に関する記述として最も適切なものを，次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

- ① 正極活物質は鉛である。
- ② 負極活物質と正極活物質は，同じ物質である。
- ③ 電解液として，一般に希塩酸を使用する。
- ④ 放電すると，正極と負極はともに質量が減少する。
- ⑤ 充電するとき，正極には，外部電源の正極をつなぐ。
- ⑥ 放電すると，電解液の濃度は大きくなる。

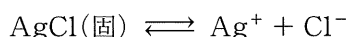
問6 次の文中の空欄 ア ～ ウ に入る語句の組合せとして最も適切なものを，下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 6

ホタル石（主成分：フッ化カルシウム）と濃硫酸によって，ア の気体を発生させるとき，加熱を イ 。また，発生した気体は分子間で水素結合するため ウ により捕集する。

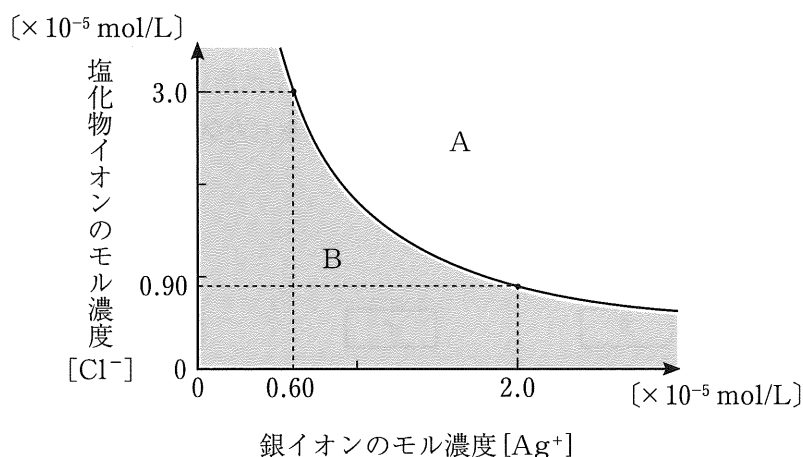
	ア	イ	ウ
①	二酸化硫黄	行う	上方置換
②	二酸化硫黄	行う	下方置換
③	二酸化硫黄	行わない	上方置換
④	二酸化硫黄	行わない	下方置換
⑤	フッ化水素	行う	上方置換
⑥	フッ化水素	行う	下方置換
⑦	フッ化水素	行わない	上方置換
⑧	フッ化水素	行わない	下方置換

問7 次の文中の空欄 ア ～ ウ に入る記号や語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 7

塩化銀の飽和水溶液中では、次の溶解平衡が成立する。



次のグラフは、ある温度の塩化銀の飽和水溶液中における銀イオンのモル濃度 $[\text{Ag}^+]$ [mol/L] と塩化物イオンのモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ [mol/L] との関係を表している。曲線の上の部分を領域 A、下の部分を領域 B とするとき、グラフの領域 A、B のうち、塩化銀の沈殿が生じるのは、領域 ア である。



試験管に入れた 4.0×10^{-5} mol/L の食塩水（塩化ナトリウム水溶液）1.0 mL に、 1.0×10^{-5} mol/L の硝酸銀水溶液を 0.050 mL 加えた直後の水溶液中の $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の積の値は、グラフから求められる塩化銀の溶解度積の値と比べて イ ため、水溶液中に塩化銀の沈殿が ウ。ただし、硝酸銀水溶液を加えた際の試験管内の水溶液の体積の変化は考慮しないものとする。また、この実験において温度は常に一定であるものとする。

	ア	イ	ウ
①	A	大きい	生じる
②	A	大きい	生じない
③	A	小さい	生じる
④	A	小さい	生じない
⑤	B	大きい	生じる
⑥	B	大きい	生じない
⑦	B	小さい	生じる
⑧	B	小さい	生じない

問8 分子式 $C_5H_{10}O$ で表される鎖状の有機化合物の構造異性体のうち、安定に存在し、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると黄色沈殿が生成するものは何種類あるか。最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

8

 種類

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

問9 マルトースとスクロースは、ともに分子式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ で表される二糖である。マルトースとスクロースを等物質質量ずつ混合し、完全に加水分解して単糖の混合物とした。その後、十分な量のフェーリング液とともに加熱して完全に反応させたところ、酸化銅(Ⅰ) Cu_2O の赤色沈殿が 7.20 g 生じた。はじめの混合物に含まれていたスクロースの物質質量 [mol] の値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、フェーリング液と反応した単糖 1 mol あたり、1 mol の Cu_2O の赤色沈殿が生成するものとする。

9

 mol

- ① 0.0125 ② 0.0250 ③ 0.0500
④ 0.100 ⑤ 0.200 ⑥ 0.400

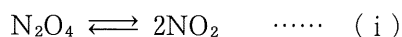
問 10 次の文中の空欄 ア , イ に入る化学式と語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

生分解性高分子として用いられているポリ乳酸は、乳酸 2 分子を脱水して得られるラクチド（分子式 ア）を イ 重合して得られる。

	ア	イ
①	$C_6H_{12}O_6$	開環
②	$C_6H_{12}O_6$	付加
③	$C_6H_{10}O_5$	開環
④	$C_6H_{10}O_5$	付加
⑤	$C_6H_8O_4$	開環
⑥	$C_6H_8O_4$	付加

2 次の文章を読み、下の問 1，2 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

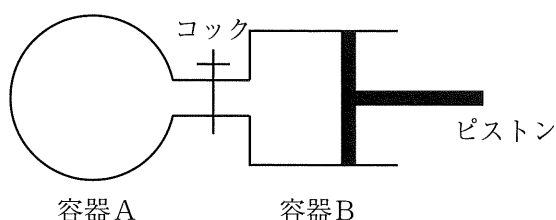
容積が一定の密閉容器に N_2O_4 を入れて温度を一定に保つと、次の(i)式で表される反応が平衡状態に達した。ただし、どちらの物質も気体状態であり、この反応の正反応は吸熱反応である。



問 1 この可逆反応に関する記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 1

- ① この反応が平衡状態にあるとき、 N_2O_4 のモル濃度と NO_2 のモル濃度の比は常に 1 : 2 になっている。
- ② この反応の平衡状態においては、正反応と逆反応がともに停止した状態となっている。
- ③ 平衡時の温度を上げると、温度を上げる前に比べて平衡定数は大きくなる。
- ④ 絶対温度を T [K]，気体定数を R [Pa・L/(mol・K)] とすると、圧平衡定数 K_P と濃度平衡定数 K_C の間には $K_C = K_P RT$ の関係が成立する。
- ⑤ 温度一定で、触媒を加えると、触媒のないときに比べて平衡定数は大きくなる。

問2 次の図のように容積 $2V$ [L] で一定の容器 A と、ピストン付きで容積が可変の容器 B がコックでつながれている。はじめ、容器 B の体積を V [L] となるようにピストンを固定し、2つの容器内をともに真空にして、コックを閉じた。次に、容器 A に N_2O_4 を、容器 B に Ar を、それぞれ 2.0×10^5 Pa, 1.0×10^5 Pa となるように入れた。下の(1)～(4)に答えなさい。なお、実験はすべて温度一定のもとで行い、接続部分の体積は無視できるものとする。また、容器内で状態変化は起こらないものとする。



- (1) コックを閉じたまましばらく放置すると容器 A 内で N_2O_4 と NO_2 は平衡状態に達し、容器 A の全圧が 2.4×10^5 Pa になった。このとき、(i) 式の圧平衡定数 [Pa] の値として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。
 Pa

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 2.0×10^4 | ② 4.0×10^4 | ③ 5.0×10^4 | ④ 8.0×10^4 |
| ⑤ 2.0×10^5 | ⑥ 4.0×10^5 | ⑦ 5.0×10^5 | ⑧ 8.0×10^5 |

(2) (1)の操作後、コックを閉じたまま適切な方法で容器 A 内に $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の N_2O_4 を追加し、しばらくすると新たな平衡状態に達した。新たな平衡時に容器

内に存在する N_2O_4 と NO_2 の分圧比 $\frac{P_{\text{NO}_2}}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$ の値として最も適切なものを、次の

①～⑨のうちから一つ選びなさい。 3

① 0.33 ② 0.40 ③ 0.50 ④ 0.75 ⑤ 1.0

⑥ 1.3 ⑦ 2.0 ⑧ 2.5 ⑨ 3.0

(3) (1)の操作後、コックを開けピストンを押して容器 B 内の Ar をすべて容器 A に送り込んだ。この操作後、容器 A 内が平衡に達したときの全圧 $P [\text{Pa}]$ の大きさを表す式として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

4

① $P = 2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ② $2.4 \times 10^5 \text{ Pa} < P < 2.9 \times 10^5 \text{ Pa}$

③ $P = 2.9 \times 10^5 \text{ Pa}$ ④ $2.9 \times 10^5 \text{ Pa} < P < 3.4 \times 10^5 \text{ Pa}$

⑤ $P = 3.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑥ $3.4 \times 10^5 \text{ Pa} < P$

- (4) (1)の操作後、ピストンを固定したままコックを開けると、しばらくして容器内が平衡状態に達した。このとき、容器内の N_2O_4 、 NO_2 の各分圧および圧平衡定数の値は、(1)の操作終了直後と比較してどのように変化するか。その組合せとして最も適切なものを、次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。

5

	N_2O_4 の分圧	NO_2 の分圧	圧平衡定数の値
①	大きくなる	大きくなる	変わらない
②	大きくなる	小さくなる	小さくなる
③	大きくなる	変わらない	小さくなる
④	小さくなる	大きくなる	変わらない
⑤	小さくなる	小さくなる	変わらない
⑥	小さくなる	変わらない	大きくなる
⑦	変わらない	大きくなる	大きくなる
⑧	変わらない	小さくなる	変わらない
⑨	変わらない	変わらない	変わらない

3 次の文章を読み、下の問 1 ～ 5 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

鉄は、鉄道、建築材、家庭製品などさまざまな分野で利用され、社会生活に欠かせないものとなっている。鉄は、天然には鉱石の形で存在しているため、単体を得るためには_(a) 鉱石中の鉄の酸化物を還元する必要がある。

鉄のイオン化傾向は水素よりも大きいため、鉄の単体は_(b) 希硫酸に水素を発生しながら溶解し、 ア 色の水溶液となる（この水溶液を A とする）。水溶液 A に過酸化水素水を加えると水溶液の色が イ 色に変化する（この水溶液を B とする）。

問 1 文中の空欄 ア，イ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 1

	ア	イ
①	淡緑	黄褐
②	淡緑	無
③	黄褐	淡緑
④	黄褐	無
⑤	無	淡緑
⑥	無	黄褐

問2 下線部(a)に関して、工業的に鉄の単体を得るための方法に関する次の文中の空欄 ウ ～ オ に入る語句の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 2

鉄の単体は、鉄鉱石、コークス、石灰石などの混合物を溶鉱炉に入れ、熱した空気を送り、主にコークスの燃焼で生じた ウ により鉄の酸化物を還元することで得られる。ここで得られた鉄は エ とよばれ炭素を多く含むため、硬いがもろい。石灰石の熱分解によって得られる酸化カルシウムは、鉄鉱石に含まれる不純物である二酸化ケイ素と反応し、 エ の オ スラグをつくる。鉄鉱石に含まれる不純物はスラグの形で除去することができる。

	ウ	エ	オ
①	一酸化炭素	銑鉄	底に沈む
②	一酸化炭素	銑鉄	上に浮く
③	一酸化炭素	銅	底に沈む
④	一酸化炭素	銅	上に浮く
⑤	二酸化炭素	銑鉄	底に沈む
⑥	二酸化炭素	銑鉄	上に浮く
⑦	二酸化炭素	銅	底に沈む
⑧	二酸化炭素	銅	上に浮く

問3 下線部(b)に関して、この反応で発生した水素を水上置換でメスシリンダー内に捕集した。27℃、 1.015×10^5 Paのもとでメスシリンダー内外の液面の高さを等しくして体積を読み取ったところ、気体部分の体積が830 mLであった。捕集した水素の物質質量 [mol] の値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、27℃における水の飽和蒸気圧は 3.5×10^3 Pa とする。

3 mol

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.6×10^{-3} | ② 3.3×10^{-3} | ③ 6.7×10^{-3} |
| ④ 1.6×10^{-2} | ⑤ 3.3×10^{-2} | ⑥ 6.7×10^{-2} |

問4 試料として水溶液 A の 20.0 mL を分取し、適量の希硫酸を加えたのち、0.0100 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、20.0 mL を滴下したところで過マンガン酸イオンの赤紫色が消えずに残った。試料中に含まれる鉄の質量 [mg] の値として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、試料中には鉄のイオン以外に過マンガン酸カリウムと反応する物質は含まれていなかったものとする。 4 mg

- | | | |
|-------|------|------|
| ① 5.6 | ② 11 | ③ 14 |
| ④ 28 | ⑤ 56 | ⑥ 70 |

問5 水溶液 B を試験管 2 本に分取し、試薬 X または Y をそれぞれの試験管に加えたところ、次の結果が得られた。試薬 X, Y の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

5

試薬 X を加えた試験管：濃青色沈殿が生じた。

試薬 Y を加えた試験管：血赤色溶液となった。

	試薬 X	試薬 Y
①	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
②	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	KSCN
③	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
④	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	KSCN
⑤	KSCN	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
⑥	KSCN	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

4 次の文章を読み、下の問 1～5 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 7〕

炭素、水素、酸素のみからなる芳香族化合物 A の構造を調べるために、次の実験 1～6 を行った。

実験 1 A は分子式 $C_{15}H_{14}O_2$ で表される化合物であり、A に希硫酸を加えて加熱すると加水分解が起こり、化合物 B、C が物質質量比 1 : 1 で生成した。B、C はいずれも芳香族化合物であった。

実験 2 B を 5.40 mg はかり取り、完全に燃焼したところ、水が 3.60 mg、二酸化炭素が 15.4 mg 得られた。

実験 3 B に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、特有の色に呈色した。

実験 4 B に触媒を用いてベンゼン環に完全に水素を付加させると、環を構成する炭素原子のうち、ある 2 つを通り環状部分を 2 等分する面で対称となるような化合物 D が生成した。

実験 5 C に中性条件の下で過マンガン酸カリウム水溶液を作用させたのち、希硫酸を加えると化合物 E が生成した。

実験 6 E を穏やかに加熱すると、分子量が 18 小さい化合物 F が得られた。

問 1 B の分子式を C 1 H 2 O 3 の形で表すとき、1 ～ 3 に当てはまる数字を、次の①～⑨のうちから一つずつ選びなさい。ただし、原子が 1 つの場合は①を選ぶこと。また、同じ選択肢を繰り返し選んでもよい。

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | |

問2 Bと同じ分子式をもつ芳香族化合物の構造異性体は、Bも含めて何種類あるか。最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 4 種類

- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

問3 Dの構造異性体のうち、6個の炭素からなる環状構造をもつものはDも含めて何種類あるか。最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

5 種類

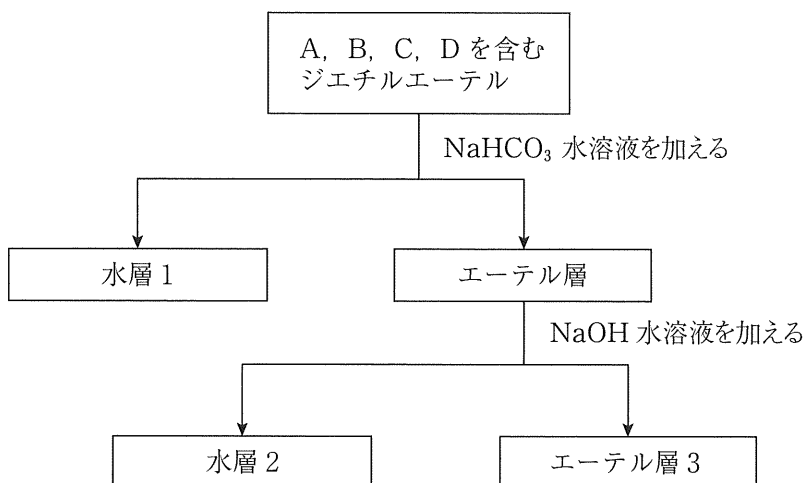
- ① 3 ② 4 ③ 5 ④ 6 ⑤ 7

問4 実験6までの結果より，B，Cはいずれもベンゼン環の水素原子のうち2つを置換した化合物である。その置換基の位置の組合せとして最も適切なものを，次の①～⑨のうちから一つ選びなさい。 6

	化合物 B	化合物 C
①	オルト	オルト
②	オルト	メタ
③	オルト	パラ
④	メタ	オルト
⑤	メタ	メタ
⑥	メタ	パラ
⑦	パラ	オルト
⑧	パラ	メタ
⑨	パラ	パラ

問5 A～D が溶解しているジエチルエーテル溶液に、下図の手順で分離を行い、水層 1, 2 とエーテル層 3 を得たところ、ある層には 2 種類の化合物が含まれていた。その層と 2 種類の化合物の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑨のうちから一つ選びなさい。

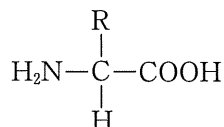
7



	層	含まれる 2 種類の化合物
①	水層 1	A と B
②	水層 1	B と C
③	水層 1	A と D
④	水層 2	A と C
⑤	水層 2	B と C
⑥	水層 2	B と D
⑦	エーテル層 3	A と D
⑧	エーテル層 3	B と C
⑨	エーテル層 3	B と D

5 次の文章を読み、下の問 1～4 に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 4 〕

ヘキサペプチド（6 個のアミノ酸からなるペプチド）X は、次に示すアミノ酸のうちいずれかからなることが分かっている。X に対し下の実験 1～7 を行った。ただし、一般的なアミノ酸の構造は次のように表される。なお、R は側鎖を表している。



名称	略号	側鎖 R の構造式	分子量
アラニン	Ala	$-\text{CH}_3$	89
システイン	Cys	$-\text{CH}_2\text{SH}$	121
リシン	Lys	$-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	146
グルタミン酸	Glu	$-(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	147
チロシン	Tyr	$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$	181

実験 1 X に濃硝酸を加えて加熱しても変化が見られなかった。

実験 2 X に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えても変化が見られなかった。

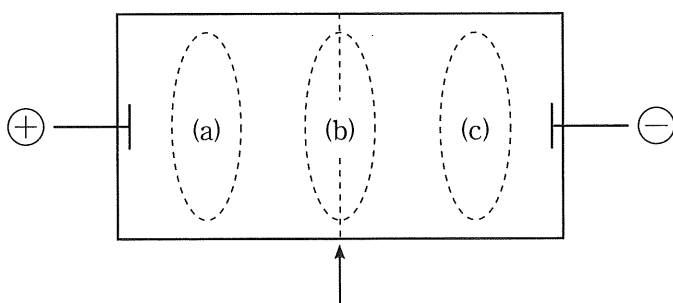
実験 3 塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を切断する酵素で X を処理すると、化合物 Y と化合物 Z が得られた。

実験 4 Y, Z に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性としたのち、薄い硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えたところいずれも ア 色に呈色した。

実験5 Y, Zの分子量を測定したところ、いずれも 288 ± 2 の範囲に含まれていた。

実験6 Yを288 mgはかり取り、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱してYに含まれる窒素原子をすべてアンモニアとした。発生したアンモニアを0.050 mol/L 硫酸水溶液50 mLに完全に吸収させた後、未反応の硫酸を中和するのに0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液が10 mL必要であった。

実験7 X~Zについて、 $\text{pH} = 6.0$ の緩衝液で湿らせたろ紙を用いて電気泳動を行ったところ、次の(a), (b), (c)のそれぞれの位置にペプチドの存在が確認された。



最初にX~Zの混合溶液をしみこませた位置

問1 実験1および実験2の結果からXに含まれないアミノ酸の組合せとして最も適切なものを、次の①~⑩のうちから一つ選びなさい。 1

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| ① Ala と Cys | ② Ala と Lys | ③ Ala と Glu |
| ④ Ala と Tyr | ⑤ Cys と Lys | ⑥ Cys と Glu |
| ⑦ Cys と Tyr | ⑧ Lys と Glu | ⑨ Lys と Tyr |
| ⑩ Glu と Tyr | | |

問2 文中の空欄 ア に入る語句として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 2

- ① 黒 ② 黄 ③ 赤紫 ④ 青緑 ⑤ 橙

問3 実験7の結果、(a)、(b)、(c)のそれぞれの位置に存在するペプチドの組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

	(a)	(b)	(c)
①	X	Y	Z
②	X	Z	Y
③	Y	X	Z
④	Y	Z	X
⑤	Z	X	Y
⑥	Z	Y	X

問4 Xとして考えられるヘキサペプチドの種類は何種類あるか。その数として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、Xは側鎖部分でアミノ酸どうしが結合していることはない。また、立体異性体は区別しないものとする。 4 種類

- ① 3 ② 5 ③ 8 ④ 12 ⑤ 18 ⑥ 30

(下 書 き 用 紙)