

2023年度

理 科

R B

【 化 学 】

3月12日(日)

【後 期 日 程】

理 学 部 (化学科, 生物科学科, 創造理学コース)

工 学 部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科
数理システム工学科)

農 学 部

9 : 40 ~ 11 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙（8枚）に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は、8ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 問題は、**1** ~ **4** の全てを解答しなさい。
- 6 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 7 問題は、声を出して読んではいけません。
- 8 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 9 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

【注意】 必要ならば、次の数値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14, O 16.0, Si 28, Cl 35.5, Ar 40, Cr 52,

Mn 55, Ge 73, Sn 119

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$,

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

1 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

我々の最も身近な存在の一つである水は、その圧力と温度に対応して特定の状態をとる。例えば $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとでは、 0°C 以下で固体(氷)の状態をとる。氷を加熱することにより、液体(水)になり、 100°C 以上では気体(水蒸気)で存在する。水には、沸点が他の 16 族元素の 水素化合物^(a) に比べて高いなどの特異性がある。

水分子は、分子全体として見たとき、正電荷と負電荷に偏りがある極性分子である。そのため 水分子^(b) に帯電した酸素原子と、隣り合う水分子の 水分子^(c) に帯電した水素原子が引き合う。このように 水分子^(d) に帯電した水素原子と、他の分子の電気陰性度の大きな原子の間のできる結合を 水素結合^(e) という。水素結合^(f) は、すべての分子間にはたらく 水素結合^(g) よりも強い分子間力である。似た分子構造をもつ分子どうしを比較すると、分子量が大きくなるにつれて、水素結合^(h) は強くなる傾向がある。分子間力と熱エネルギーのかねあいにより、水はその状態を変化させる。固体(氷)では、水分子は 水素結合⁽ⁱ⁾ により、規則正しく配置された結晶構造をとる。液体の水は極性溶媒となるため、さまざまな分子やイオンが溶解する^(j)。気体(水蒸気)では、熱運動が活発になる^(k)ため、水分子は空間を自由に動き回ることができる。結果として 水蒸気の体積は同じ物質の氷や水よりも大きくなる^(l)。

同じ元素の原子で、中性子の数が異なる原子どうしは互いに同位体の関係にある。水素原子の同位体の一つには、中性子の数が 1^(m) 個で、放射線を放出して自然に別の元素に変わる三重水素がある。三重水素は、雨水中にも微量に含まれており、地下水の年代測定に用いられる⁽ⁿ⁾。

問 1 空欄 (ア) ~ (オ) に入る最も適切な語または数を記せ。

問 2 下線部(a)に関して、次に示す 14 族元素の水素化合物(あ)~(え)の中から、沸点が最も高いものと最も低いものを選び記号を記せ。

(あ) CH_4

(い) SiH_4

(う) GeH_4

(え) SnH_4

問 3 下線部(b)に関して、水分子と同じ 3 原子分子である二酸化炭素は、無極性分子である。次の(1)および(2)に答えよ。必要ならば、 $0.56^2 = 0.31$ 、 $0.56^3 = 0.18$ を用いよ。

- (1) 二酸化炭素が無極性分子である理由を、分子構造にもとづいて簡潔に説明せよ。
- (2) 二酸化炭素分子を一つの球として考えると、ドライアイス(二酸化炭素の固体)の結晶構造は面心立方格子とみなすことができ、立方体の単位格子の各頂点および各面の中心に二酸化炭素分子が位置している。単位格子の一辺の長さが 0.56 nm であるとき、ドライアイスの密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 下線部(c)に関して、水にはよく溶けるがヘキサンには溶けにくいものを、次の(あ)~(え)からすべて選び記号を記せ。

- (あ) 塩化ナトリウム (い) スクロース (う) ヨウ素 (え) エタノール

問 5 下線部(d)に関して、 0°C の氷 90.0 g に圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで 273 kJ の熱量を加えたところ、すべて 100°C の水蒸気になった。次の(1)および(2)に答えよ。なお、氷の密度は $0.92 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、融解熱は $6.00 \text{ kJ}/\text{mol}$ 、蒸発熱は $41.0 \text{ kJ}/\text{mol}$ とする。また、水蒸気は理想気体として扱ってよい。

- (1) 水 1 g の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量(比熱) $[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$ を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 得られた水蒸気の体積は氷の体積の何倍か。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

問 6 下線部(e)に関して、24.6 年前に雨水を採取し、それを密閉保管していた。雨水に含まれる三重水素の量は採取した当時と比較したところ、0.25 倍に減少していることがわかった。三重水素の半減期を推定せよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。

2

化学反応の速さとしくみについて、次の問いに答えよ。(配点 25 %)

問 1 化学反応 $A \rightarrow 2B$ について、次の(1)および(2)に答えよ。

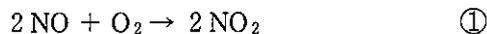
- (1) この反応では、反応物 A の反応速度 v_A は、反応物 A のモル濃度 $[A]$ に比例することがわかった。 v_A を表す式を記せ。ただし、この反応の反応速度定数を k_A とする。
- (2) この反応では、300 K および 320 K での k_A が、それぞれ $3.50 \times 10^{-5}/s$ および $3.15 \times 10^{-4}/s$ であった。 $[A] = 1.50 \text{ mol/L}$ としたとき、温度が 290 K であるときの v_A を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、単位を付して有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ここで示されている温度範囲での k_A は、温度を 10 K 上昇させるごとに a 倍(ただし、 a は正の数である)になるとする。

問 2 化学反応の進み方に関する次の記述(ア)~(オ)について、その内容が正しければ○印を所定の欄に記せ。記述の内容が誤っていれば、その内容が正しくなるように下線部を修正し、その修正した語句または式を所定の欄に記せ。

- (ア) $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ の化学反応において、活性化エネルギーを E_a 、反応物の分子を原子状にばらばらにするためのエネルギーの和を E_b とすると、これらには $E_a = E_b$ の関係がある。
- (イ) 自動車の排ガス浄化装置に使われている白金 Pt、パラジウム Pd、ロジウム Rh は均一系触媒である。
- (ウ) 一般的に、高温になると反応速度が大きくなるのは、活性化エネルギーを上回る運動エネルギーをもつ分子の割合が増加するからである。
- (エ) アンモニアの工業的製法の一つであるハーバー・ボッシュ法において、触媒は反応速度を変えるが、反応熱の大きさは変えない。
- (オ) $C_2H_4 + H_2 \rightarrow C_2H_6$ の化学反応は触媒なしでも起こる。このとき、反応物 C_2H_4 と H_2 の衝突が必要であり、衝突した反応物のすべてが生成物へと変化する。

問 3 鉄は、塊のままでは空気中での反応性は低い。一方、鉄を微細な粉末状にすると、空気と触れただけで激しく反応するようになる。このように、鉄を粉末状にすると空気中での反応速度が大きくなる理由を、「表面積」と「衝突」という語を用いて簡潔に記せ。

問 4 一酸化窒素の酸化反応の化学反応式および反応速度 v は、次の式①および②で表される。



$$v = k[NO]^2[O_2] \quad \text{②}$$

ただし、 k は一酸化窒素の酸化反応の反応速度定数、 $[NO]$ および $[O_2]$ はそれぞれ一酸化窒素と酸素のモル濃度である。次の実験に関する記述を読み、下の(1)~(4)に答えよ。

【実験装置】

図に示すような装置を用いて反応開始直後の反応速度を測定することとした。容器 A と容器 B の容積はそれぞれ 1.66 L であり、コックや接続管内の体積は無視できるものとする。この装置では、コックを開いた直後に各容器に入っている気体が瞬時に均一に混合し、反応が開始するものとする。ただし、容器内の気体の温度は、反応中を含めて常に 300 K に保たれているものとする。また、反応に関与しない気体が容器内に入ったとしても、式②の反応速度 v には影響を与えないものとする。なお、この装置は暗所に置かれているため、光化学反応は起こらないものとする。

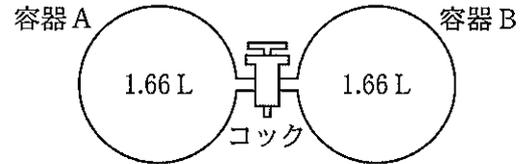


図 2 種類の気体を反応させるための装置

【実験 1】

容器 A に 2.00×10^4 Pa の一酸化窒素、容器 B に 7.50×10^2 Pa の空気を入れた。コックを開いて両気体を混合して反応を開始し、反応開始直後の反応速度を測定した。

【実験 2】

実験 1 の後に容器 A と B を空にして、“酸素”と表記された容器に封入されている気体を 7.50×10^2 Pa だけ容器 B に入れた。容器 A に 2.00×10^4 Pa の一酸化窒素を入れて、実験 1 と同様にコックを開いて反応を開始した。反応開始直後の反応速度を測定すると、空気の組成を考慮した当初の予想よりも反応速度が下回っていることがわかった。

【実験 3】

実験 2 で容器 B に入れた気体を分析した。すると、実際には純粋な酸素ではなく、アルゴン Ar が混入していることがわかった。

- (1) 実験 1 について、反応を開始させる前の容器 A に入れた一酸化窒素の物質量 [mol] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、容器内の気体は理想気体の状態方程式に従うものとする。
- (2) 実験 1 について、反応生成物である二酸化窒素の物質量 [mol] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、反応物のいずれかが完全に消費されるものとする。また、空気の組成は窒素と酸素のみであるとして、それらの体積比は 80 : 20 であるとする。なお、この装置による実験条件では、生成した二酸化窒素はこれ以上反応しないものとする。
- (3) 実験 2 について、容器 B に入れた気体が 7.50×10^2 Pa の純粋な酸素であったとしたら、この反応速度は実験 1 で測定された反応速度の何倍となるはずだったか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (4) 実験 2 で測定された反応速度は、実験 1 で測定された反応速度の 4.3 倍であった。実験 2 で用いた気体に混入していたアルゴンの質量 [g] を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字 1 桁で答えよ。

3 次の文章を読み、下の問いに答えよ。(配点 25 %)

鉄は、地殻中に質量比で4番目に多く存在する元素であり、マンガンやクロムも比較的存在量が大きく、鉄、マンガン、クロムともに工業的に重要な金属元素である。一般に、化合物中の鉄の酸化数は+2あるいは+3であることが多く、マンガンの酸化数は+2、+4や+7、クロムの酸化数は+3や+6が知られている。

鉄の酸化数が+3である塩化物Aは水に溶解すると黄褐色の水溶液となる。この黄褐色の水溶液にNaOH水溶液を加えると赤褐色の $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の沈殿が生じる。一方、 Fe^{3+} を含む中性水溶液に硫化水素を通じると、 Fe^{3+} が還元されたのちに黒色の沈殿Bが生じる。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ を強熱すると、酸化鉄(III)が得られるが、この酸化鉄(III)は鉄がさびたときに生じる化合物の一つであり、赤さびともよばれる。鉄は湿った空气中で酸化され赤さびを生じる。これに対し、鉄にクロムなどの元素を加えたステンレス鋼は、鉄に比べてさびにくくなる。クロムは鉄をさびにくくする目的以外に、装飾を目的としてめっきに利用されることも多い。

アルカリマンガン乾電池の活物質として用いられる酸化マンガン(IV)は、濃塩酸から物質Cを発生させたり、過酸化水素水から酸素を発生させたりする場合にも用いられる。過マンガン酸カリウムは、マンガンの酸化数が+7の化合物であり、水に溶解させると過マンガン酸イオンを含む赤紫色の水溶液となる。この過マンガン酸イオンは、硫酸酸性水溶液中で強い酸化剤としてはたらくことから、幅広い用途に利用されている。

問1 下線部(a)~(c)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 塩化物Aおよび沈殿Bの化学式を記せ。
- (2) 下線部(c)の反応について、化学反応式を記せ。

問2 下線部(d)に関して、ステンレス鋼が鉄と比較してさびにくくなる理由を簡潔に記せ。

問3 下線部(e)に関して、銅板にクロムをめっきするために次の実験を行った。下の(1)および(2)に答えよ。

【実験】

鉛板と銅板を電極として用い、 CrO_4^{2-} を含む水溶液の電気分解を利用して銅板にクロムの単体を析出させることでめっきを行った。この電気分解では、0.10 Aの電流を10分間流した。

- (1) 銅板にクロムめっきをする場合、銅板は陰極と陽極のどちらであるか記せ。

- (2) 銅板にめっきされたクロムの質量[g]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、水溶液中には、このめっきに十分な量の CrO_4^{2-} が溶解しており、流れた電気量の10.0%がクロムの析出に使われたものとする。また、このめっきにおいて、 CrO_4^{2-} からクロムの単体が析出するときのイオン反応式は次の式で示されるものとする。



問4 下線部(f)の反応に関して、次の(1)~(5)に答えよ。

- (1) 物質Cは標準状態で気体である。物質Cの物質名を記せ。
- (2) 酸化マンガン(IV)は反応後にマンガンの塩化物となる。反応後のマンガンの酸化数を記せ。
- (3) 4 molの塩化水素が反応したときに発生する物質Cの物質量[mol]を記せ。
- (4) 8.7 gの酸化マンガン(IV)を12 mol/Lの濃塩酸100 mLに加えた場合に発生する物質Cの物質量[mol]を求めよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。ただし、酸化マンガン(IV)あるいは塩酸中の塩化水素のいずれかがすべて反応したものとする。
- (5) この反応において、酸化マンガン(IV)のはたらきは、触媒、酸化剤、還元剤のいずれであるか記せ。

問5 下線部(g)に関して、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 酸性水溶液中で過マンガン酸カリウムを酸化剤として利用する場合、硫酸酸性水溶液を用いており、塩酸酸性水溶液は用いられない。塩酸酸性水溶液を用いない理由を簡潔に記せ。
- (2) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液も酸化剤としてはたらく。この水溶液中で二酸化硫黄を酸化したときの化学反応式を記せ。なお、この反応においてクロムの酸化数は+6から+3へと変化する。

4 糖類やアミノ酸について、次の問いに答えよ。(配点 25%)

問 1 代表的な単糖にグルコースやフルクトースがある。結晶中のグルコース分子は環状構造をとり、 α -グルコースと β -グルコースの2種類の立体異性体がある。水溶液中では、この2種類のほかに鎖状構造のグルコース分子も存在し、3種類の異性体が平衡状態にある。フルクトースはグルコースの構造異性体であり、水溶液中では、環状構造や鎖状構造の異性体が平衡状態で存在している。次の(1)~(3)に答えよ。

(1) グルコースおよびフルクトースの六員環の環状構造では、1分子中に不斉炭素原子はそれぞれ何個あるか記せ。

(2) フルクトース分子の鎖状構造は、図1のとおりである。空欄(ア)~(エ)に入る原子または原子団を、元素記号を用いて記せ。なお、(ア)~(ウ)の解答順は問わない。

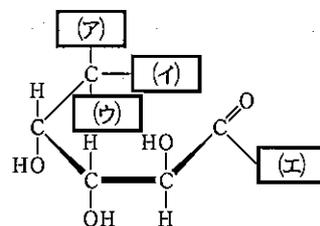


図1 フルクトース分子の鎖状構造

(3) グルコースの水溶液が還元作用を示す理由を簡潔に説明せよ。

問 2 図2の二糖A~Dについて、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 二糖A~Dの水溶液のうち、還元性を示すものをすべて記号で記せ。

(2) 二糖Dの加水分解により生成する単糖の名称をすべて記せ。

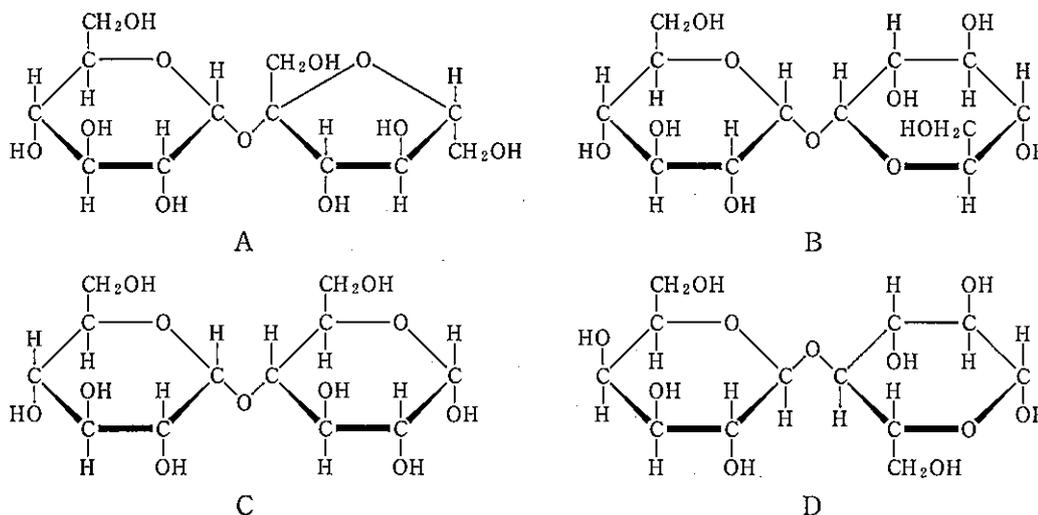


図2 二糖A~Dの構造式

問 3 セルロースに2種類の酸の混合物(混酸)を反応させると、トリニトロセルロースが得られた。
^(a) フェノールに混酸を加えて加熱し、十分に反応させると、最終的に黄色の化合物Eが生じた。
^(b) 次の(1)~(4)に答えよ。

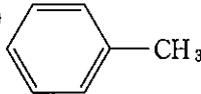
(1) 下線部(a)の2種類の酸の名称を記せ。

(2) 下線部(a)の反応により、トリニトロセルロースが生成する反応を化学反応式で記せ。なお、化学反応式中のセルロースは示性式 $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ で表せ。また、トリニトロセルロースも同様な示性式で表せ。

(3) 下線部(a)の反応について、次の(i)および(ii)に答えよ。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。なお、下線部(a)の反応では、セルロース分子のヒドロキシ基への反応以外は起こらないものとし、高分子化合物の末端部分は無視してよい。

(i) セルロース分子中のすべてのヒドロキシ基が反応し、59.4gのトリニトロセルロースが得られた。反応に用いたセルロースの質量(g)を求めよ。

(ii) 48.6gのセルロースを用いて反応を行ったが、反応が不十分で、得られた生成物の質量は64.8gであった。このときセルロース分子中で反応したヒドロキシ基の割合を百分率で答えよ。

(4) 下線部(b)の反応により得られた化合物Eの構造式を右の例に (例)  ならって記せ。

問4 機能性高分子化合物の一つであるイオン交換樹脂は、水溶液中のイオンを同じ符号の電荷をもった他のイオンに交換する。スルホ基を導入した (オ) イオン交換樹脂を詰めた筒状容器(カラム)の上部から塩化ナトリウム水溶液を流した。このとき、樹脂のスルホ基の (カ) イオンが水溶液中の (キ) イオンに交換され、カラム下部から pH が7より (ク) 水溶液が流出した。

イオン交換樹脂を用いると、アミノ酸の混合物を各アミノ酸に分離することができる。水溶液中の各アミノ酸は、ある pH において正の電荷と負の電荷がつり合い、電荷の総和が0になる。このときの pH の値を、そのアミノ酸の (ケ) といい、 (ク) の違いによって、アミノ酸を分離できる。

上記のカラム中の樹脂を元の状態に再生した後、図3に示すアラニン、グルタミン酸、^(C)リシンの3種類のアミノ酸の強酸性混合水溶液(pH=1)をカラム上部から流した。このとき、アミノ酸由来のイオンはすべて樹脂に吸着された。次に、pHの異なる緩衝液を複数準備し、pHの小さい緩衝液からpHの大きい緩衝液へと順に、カラム上部から緩衝液を流した。pHが大きくなるにつれて、樹脂に吸着していた3種類のアミノ酸は、それぞれの (ケ) で電荷を失い、樹脂に吸着できなくなり、カラム下部から別々に流出した。次の(1)~(3) アラニン グルタミン酸 リシン

に答えよ。

図3 3種類のアミノ酸の構造式

(1) 空欄 (オ) ~ (ク) に入る最も適切な語を記せ。

(2) 下線部(C)に関して、図3に示すそれぞれのアミノ酸が強酸性水溶液中に存在するときの構造式を記せ。

(3) pHの小さい緩衝液からpHの大きい緩衝液へと順に緩衝液を流したとき、カラムから流出した順に、3種類のアミノ酸の名称を記せ。

正解・解答例

| | | | |
|------------------|--|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度） 1/4 | 問題番号 | RB-1 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科， 化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 1 | <p>問1 (ア) 負 (イ) 正 (ウ) 水素結合 (エ) ファンデルワールス力 (オ) 2</p> <p>問2 最も沸点の高いもの (え)，最も沸点の低いもの (あ)</p> <p>問3 (1) 二酸化炭素は対称な直線分子であるために，両端の炭素-酸素間で極性が打ち消し合うため。</p> <p>(2) (計算過程) CO₂の分子量 44.0 単位格子内に4個 単位格子内のCO₂分子の質量は $44.0 \times 4 / (6.0 \times 10^{23}) \text{ g} = 29.3 \times 10^{-23} \text{ g}$ 単位格子の体積は $0.56^3 \text{ nm}^3 = 0.18 \times 10^{-21} \text{ cm}^3$ 密度は $29.3 \times 10^{-23} \text{ g} / (0.18 \times 10^{-21} \text{ cm}^3) = 1.63 \text{ g/cm}^3$</p> <p>(解答) 1.6 g/cm³</p> <p>問4 (あ)，(い)</p> <p>問5 (1) (計算過程) 水の分子量は 18.0 なので氷 90.0 g の物質量は 5.00 mol 氷→水に変化するのに $6.00 \text{ kJ/mol} \times 5.00 \text{ mol} = 30.0 \text{ kJ}$ 水→水蒸気に変化するのに $41.0 \text{ kJ/mol} \times 5.00 \text{ mol} = 205 \text{ kJ}$ が必要となる。 水を 0 °C から 100 °C にするのに $273 \times 10^3 \text{ J} - 30.0 \times 10^3 \text{ J} - 205 \times 10^3 \text{ J} = 38 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量が必要となる。よって水の比熱を $X \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ とすると， $X \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times 90.0 \text{ g} \times 100 \text{ K} = 38 \times 10^3 \text{ J}$ なので</p> | | |

$$X = 4.22 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$$

(解答) 4.2 J/(g · K)

(2) (計算過程)

理想気体の状態方程式より水蒸気の体積 V [cm³] は

$$\begin{aligned} V &= 5.00 \text{ mol} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 373 \text{ K} / (1.0 \times 10^5 \text{ Pa}) \\ &= 1.55 \times 10^2 \text{ L} = 1.55 \times 10^{-1} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{一方, 氷の体積は } 90.0 \text{ g} / (0.92 \text{ g/cm}^3) = 97.8 \text{ cm}^3 = 97.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

よって水蒸気の体積は氷の体積の

$$1.55 \times 10^{-1} \text{ m}^3 / (97.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 0.0158 \times 10^5 \text{ 倍}$$

(解答) 1.6×10^3 倍

問6 (計算過程)

三重水素の半減期を X 年とすると, 採取した当時の量の 0.5 倍になるのに X 年がかかるので, さらにその半分の 0.25 ($=0.5 \times 0.5$) 倍の量になるまでには $2 \times X$ 年かかる。雨水を採取したのが 24.6 年前なので $2 \times X = 24.6$ 年となる。よって $X = 12.3$ 年

(解答) 12 年

正解・解答例

| | | | |
|------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度） 2/4 | 問題番号 | RB-2 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 2 | <p>問 1 (1) $v_A = k_A[A]$</p> <p>(2) 温度を 10 K 上昇させると k_A が a 倍となるので，320 K での k_A は 300 K のときよりも a^2 倍となる。したがって，</p> $a^2 = \frac{3.15 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}}{3.50 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}} = 9.00 \quad \therefore a = 3.00 \quad (\because a > 0)$ <p>この化学反応では，290 K から 300 K へと温度を 10 K 上昇させると k_A は 3.00 倍となるので，290 K での k_A は 300 K の 1/3.00 倍となる。</p> <p>ゆえに，求める反応速度 v_A は次のようになる。</p> $v_A = k_A[A] = (1/3.00) \times (3.50 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}) \times (1.50 \text{ mol/L})$ $= 1.75 \times 10^{-5} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ <p>(解答) $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$</p> <p>問 2 (ア) $E_a < E_b$</p> <p>(イ) 不均一系</p> <p>(ウ) <input type="radio"/></p> <p>(エ) <input type="radio"/></p> <p>(オ) 一部</p> <p>問 3 鉄 1 mol 当たりの表面積が大きくなると酸素分子と衝突できる鉄原子の数が増えるため。</p> <p>問 4 (1) 理想気体の状態方程式より，求める一酸化窒素の物質量 n_{NO} は次のとおりである。</p> $n_{\text{NO}} = \frac{2.00 \times 10^4 \text{ Pa} \times 1.66 \text{ L}}{8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L/(K}\cdot\text{mol)} \times 300 \text{ K}} = 1.33 \times 10^{-2} \text{ mol}$ <p>(解答) $1.3 \times 10^{-2} \text{ mol}$</p> <p>(2) 容器 B に入っている酸素の分圧は空気的全圧の 20/(80+20)であるので，酸素の物質量 n_{O_2} は次式の通りである。</p> $n_{\text{O}_2} = \frac{7.50 \times 10^2 \text{ Pa} \times 1.66 \text{ L}}{8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L/(K}\cdot\text{mol)} \times 300 \text{ K}} \times \frac{20}{80 + 20} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ <p>この反応では，反応物のいずれかが完全に消費されるので，物質量が 2 桁少ない酸素が完全に消費される。一酸化窒素の酸化反応の化学反応式より，生成物である二酸化窒素の物質量は酸素の物質量の 2 倍であるのでその物質量は $2 \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ である。</p> | | |

(解答) $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

(3) 5.0 倍

(4) 実験 1 と 2 では、酸化反応は一定体積の容器中で起こっているので、式②におけるモル濃度は各容器に入れる気体の物質質量に比例する。容器 A に入れた一酸化窒素の圧力は同じであるので、二酸化窒素が生成する反応速度は容器 B に入っている酸素の物質質量(分圧)に比例する。

実験 2 で用いた酸素が純粋であれば、その酸素の物質質量は実験 1 で用いた空気中の酸素の 5.0 倍であるので、 $5.0 \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ である。

一方、実験 2 でアルゴンが混入していた酸素の物質質量は、実験 1 で用いたものの 4.3 倍であるので $4.3 \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ である。これらの物質質量の差が混入していたアルゴンの物質質量であるので、アルゴンの原子量が 40 であることを用いれば、その質量は次の通りである。

$$(5.0 - 4.3) \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 2.8 \times 10^{-3} \text{ g}$$

(解答) $3 \times 10^{-3} \text{ g}$

正解・解答例

| | | | |
|------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度） 3/4 | 問題番号 | RB-3 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 3 | <p>問 1</p> <p>(1) (塩化物 A) FeCl_3, (沈殿 B) FeS</p> <p>(2) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$</p> <p>問 2 ステンレス鋼の表面に化学的に安定な酸化被膜を作るため</p> <p>問 3</p> <p>(1) 陰極</p> <p>(2) (計算過程)</p> <p>流れた電気量は, $0.10 \text{ A} \times 10 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} = 60 \text{ クーロン}$ その 10.0% が クロム析出に使われ, クロム 1 mol あたり電子 6 mol を要するので, クロムの析出量 [g] は, $60 \text{ クーロン} \times \frac{10.0}{100} \div 96500 \text{ C/mol} \div 6 \times 52 \text{ g/mol}$ $= 5.39 \times 10^{-4} \text{ g}$ となる。 (解答) $5.4 \times 10^{-4} \text{ g}$</p> <p>問 4</p> <p>(1) 塩素</p> <p>(2) +2</p> <p>(3) 1 mol</p> <p>(4) (計算過程)</p> <p>加えた酸化マンガン(IV)の物質量は, $8.7 \text{ g} \div 87 \text{ g/mol} = 0.10 \text{ mol}$ 塩酸中の塩化水素の物質量は, $12 \times 100 / 1000 = 1.2 \text{ mol}$ (3)より, 酸化マンガン(IV)と HCl は 1:4 の物質質量比で反応するため, 酸化マンガン(IV)がすべて反応する。 発生する塩素の物質量は反応した酸化マンガン(IV)と同じであるので, 塩素の物質質量 [mol] は, 0.10 mol となる。 (解答) $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$</p> <p>(5) 酸化剤</p> | | |

問 5

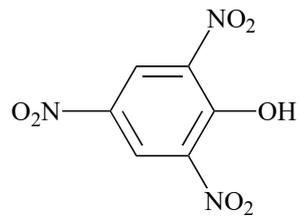
(1) HCl が過マンガン酸カリウムの還元剤としてはたらくため

(2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 3\text{SO}_2 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$

正解・解答例

| | | | |
|------------------|--|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度）4/4 | 問題番号 | RB-4 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科， 化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 4 | <p>問1</p> <p>(1) グルコース：5 個 フルクトース：4 個</p> <p>(2) (ア) (イ) (ウ)：H, H, OH（順不同）(エ) CH₂OH</p> <p>(3) 水溶液中にある鎖状構造の異性体に還元作用を示すアルデヒド基があるから。</p> <p>問2</p> <p>(1) C, D</p> <p>(2) ガラクトース，グルコース</p> <p>問3</p> <p>(1) 濃硝酸，濃硫酸</p> <p>(2) $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nHNO_3 \rightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n + 3nH_2O$</p> <p>(3) (i) セルロースの繰り返し単位$[C_6H_7O_2(OH)_3]$の式量は， $12 \times 6 + 1 \times 10 + 16 \times 5 = 162$ トリニトロセルロースの繰り返し単位$[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]$の式量は， $12 \times 6 + 1 \times 7 + 16 \times 11 + 14 \times 3 = 297$ 反応に用いたセルロースの質量を x [g] とすると， $\frac{59.4}{297} = \frac{x}{162}$ $x = 32.4$ 答え：32 g</p> <p>(ii) 48.6 g のセルロース中のヒドロキシ基がすべて反応したとき，生成するトリニトロセルロースの質量は， $\frac{48.6}{162} \times 297 = 89.1$ 反応したヒドロキシ基の割合を y [%] とすると， $(89.1 - 48.6) \times \frac{y}{100} = 64.8 - 48.6$ $y = 40$ 答え：40 %</p> | | |

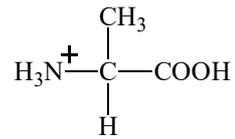
(4)



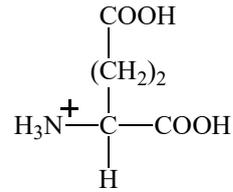
問 4

(1) (オ) 陽, (カ) 水素, (キ) ナトリウム, (ク) 小さい, (ケ) 等電点

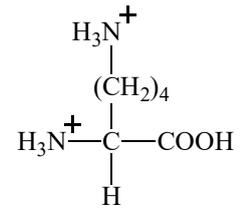
(2) アラニン



グルタミン酸



リシン



(3) 1 番目 : グルタミン酸 → 2 番目 : アラニン → 3 番目 : リシン

採点・評価基準(具体的基準)

| | | | |
|------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度） 1/4 | 問題番号 | RB-1 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科， 化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 出題のねらい | <p>1 物質の状態の変化について基礎的な理解と応用力を問う。</p> <p>問1 物質の状態の変化について基礎的理解を有しているか。</p> <p>問2 物質ごとの沸点の違いについて理解しているか。</p> <p>問3 分子構造や結晶構造を理解しているか。</p> <p>問4 溶解について理解しているか。</p> <p>問5 融解熱，蒸発熱，比熱を理解しているか。</p> <p>問6 半減期を理解しているか。</p> | | |
| 採点基準 | <p>1 配点：25 %</p> <p>問1 5 %</p> <p>問2 2 %</p> <p>問3 (1) 2% (2) 4%</p> <p>問4 2 %</p> <p>問5 (1) 4% (2) 3%</p> <p>問6 3 %</p> | | |

採点・評価基準

| | | | |
|------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度） 2/4 | 問題番号 | RB-2 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 出題のねらい | <p>② 化学反応の速さとしくみについて，基礎的な理解と応用力を問う。</p> <p>問 1 反応速度の定式と温度依存性を理解しているか。</p> <p>問 2 化学反応の進み方の基礎的事項を理解しているか。</p> <p>問 3 化学反応のしくみを簡潔に論じることができるか。</p> <p>問 4 反応速度を考察するための応用的思考力を有しているか。</p> | | |
| 採点基準 | <p>② 配点：25 %</p> <p>問 1 (1) 1 % (2) 4 %</p> <p>問 2 5 %</p> <p>問 3 2 %</p> <p>問 4 (1) 3 % (2) 4 % (3) 1 % (4) 5 %</p> | | |

採点・評価基準 (具体的基準)

| | | | |
|--------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学 (後期日程試験：令和5年度) 3/4 | 問題番号 | RB-3 |
| 対象学部・ 学科 (課程) 等 | 理学部 (化学科, 生物科学科, 創造理学コース), 工学部 (電子物質科学科, 化学バイオ工学科, 数理システム工学科), 農学部 | | |
| 出題のねらい | <p>3 遷移金属元素を題材に, 無機化学に関する基礎的な知識と応用力を問う。</p> <p>問1 鉄イオンの沈殿生成の化学反応を理解しているか。</p> <p>問2 酸化被膜の生成とはたらきを理解しているか。</p> <p>問3 電極で起こる反応を理解しているか。</p> <p>問4 酸化マンガン(IV)の反応を理解し, 物質量の計算を行えるか。</p> <p>問5 酸化還元反応について理解しているか。</p> | | |
| 採点基準 | <p>3 配点 : 25 %</p> <p>問1 (1) 2 % (2) 2 %</p> <p>問2 2 %</p> <p>問3 (1) 2 % (2) 4 %</p> <p>問4 (1) 2 % (2) 1 % (3) 1 % (4) 4 % (5) 1 %</p> <p>問5 (1) 2 % (2) 2 %</p> | | |

採点・評価基準(具体的基準)

| | | | |
|------------------|---|------|------|
| 教科・科目名 | 理科・化学（後期日程試験：令和5年度）4/4 | 問題番号 | RB-4 |
| 対象学部・ 学科（課程）等 | 理学部（化学科，生物科学科，創造理学コース），工学部（電子物質科学科，化学バイオ工学科，数理システム工学科），農学部 | | |
| 出題のねらい | <p>4 有機化合物についての基礎的な知識を問う。</p> <p>問 1 単糖類の化学構造および化学的性質を理解しているか。</p> <p>問 2 二糖類の化学構造を理解しているか。</p> <p>問 3 高分子化合物の反応とニトロ化反応を理解しているか。</p> <p>問 4 イオン交換樹脂の機能とアミノ酸の性質を理解しているか。</p> | | |
| 採点基準 | <p>4 配点：25 %</p> <p>問 1 (1) 2 % (2) 1 % (3) 1 %</p> <p>問 2 (1) 1 % (2) 1 %</p> <p>問 3 (1) 1 % (2) 1 % (3) 6 % (4) 1 %</p> <p>問 4 (1) 5 % (2) 3 % (3) 2 %</p> | | |