

令和 6 年度 入学者選抜学力検査問題

理 科

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

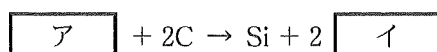
出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 10	4
化 学	11 ～ 20	5
生 物	21 ～ 30	5
地 学	31 ～ 41	4

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。
受験番号の記入欄はそれぞれ 2 箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は 100 点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

化 学

1 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

地球の地殻に含まれている元素を質量の存在比の高い順番に並べると、酸素 (47 %), ケイ素 (29 %), アルミニウム (8 %), 鉄 (6 %) となる。このうち、ケイ素、アルミニウム、鉄は鉱石の主成分であり、酸素と結合した酸化物として主に存在している。ケイ素の単体は天然には存在しないため、酸化物を電気炉で融解し、炭素を用いて還元することで得られる。このときの反応式は、次のようになる。



ケイ素の単体は、導体と $\boxed{\text{ウ}}$ 体の中間の性質を持つ $\boxed{\text{エ}}$ 体の性質を示し、特に高純度のケイ素の結晶は、リンやホウ素などをわずかに加えることで、より電気を通しやすくなり、電子機器の材料や太陽電池パネルなどに利用されている。

一方、鉄の単体は最も身近で、多量に使用されている金属であり、その原料は Fe_2O_3 を主成分とする鉄鉱石である。これを溶鉱炉の上からコークスと石灰石とともに入れ、下から熱風を吹き込むと、炉内で上昇気流が発生し、下降する鉄鉱石が昇温されて鉄が得られる。この一連の反応は、次のように表される。



得られた銑鉄は、約 4 % の炭素を含んでおり、硬くてもろい。銑鉄を転炉に移し、 $\boxed{\text{カ}}$ を吹き込むと、炭素の含有量が 0.02 ~ 2 % である $\boxed{\text{キ}}$ が得られる。 $\boxed{\text{キ}}$ 板にスズをメッキしたものを $\boxed{\text{ク}}$ 、亜鉛をメッキしたものを $\boxed{\text{ケ}}$ という。

問 1 文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ケ}}$ に入る適切な語句または化学式を答えなさい。

問 2 $\boxed{\text{イ}}$ は、ある化合物 A を濃硫酸とともに加熱すると、脱水が進行して得られる。化合物 A の名称と化学式を答えなさい。

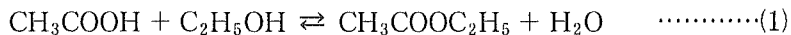
問 3 問 2 において発生した $\boxed{\text{イ}}$ を捕集するために最適な方法を、下記の(a)~(c)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(a) 水上置換法 (b) 下方置換法 (c) 上方置換法

問 4 $\boxed{\text{ケ}}$ は一般に、バケツや屋根に使用される。これは、 $\boxed{\text{ケ}}$ の表面に傷がついて鉄が露出しても、亜鉛が先に酸化されることで、鉄が錆びにくくなるからである。亜鉛が鉄よりも先に酸化される理由を答えなさい。

2 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

酢酸とエタノールから酢酸エチルと水が生じる可逆反応を考える。これを化学反応式で書くと、



となり、各物質のモル濃度と平衡定数 K との間には、

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

という関係が成り立つとする。温度が一定であれば、各物質のモル濃度が種々の値をとっても平衡定数の値は一定に保たれる。

乾燥した容器に酢酸とエタノールをそれぞれ a [mol] とって混合し、触媒として微量の濃硫酸を加えて一定時間経過したところ、化学反応式(1)の反応が進んで平衡状態に達した。このとき、酢酸エチルと水がそれぞれ b [mol] 生じていたとすると、酢酸とエタノールの物質量はいずれも、 a と b を用いて ① [mol] と表される。この反応の平衡定数は 4 であるとし、混合溶液の全体積は V [L] で反応の全過程を通して一定であるとみなすと、

$$K = \frac{\left(\frac{b}{V}\right)^2}{\left(\frac{\text{②}}{V}\right)^2} = 4$$

という関係が成り立つ。 b について解くと、

$$b = \text{③}$$

となる。

この溶液に水 a [mol] をさらに加えて、一定の温度でしばらく放置すると、混合溶液は新たな平衡状態に達する。このときの酢酸エチルの物質量は、水を加える前と比較して ④ と考えられる。なぜなら、⑤ の原理により、水を加えることで化学反応式(1)の平衡が ⑥ からである。

問 1 空欄①～③に入る適切な式をそれぞれ記入しなさい。

問 2 空欄④に入る語句を(a)～(c)の中から選び、記号で答えなさい。

(a) 増加する (b) 変わらない (c) 減少する

問 3 空欄⑤に入る語句を答えなさい。

問 4 空欄⑥に入る語句を(a)～(c)の中から選び、記号で答えなさい。

(a) 左へ移動する (b) 変わらない (c) 右へ移動する

問 5 (1)の反応において、30℃、40℃、50℃と温度を上げていくと平衡定数 K が少しずつ小さくなった。このとき、この温度範囲における酢酸エチルと水を生じる反応は吸熱反応と発熱反応のどちらになるか選びなさい。また、その反応を選んだ理由を答えなさい。

問 6 得られた酢酸エチルを三角フラスコ 3 個に 1.0 g ずつ秤りとり、各フラスコにアセトン、希硫酸、水酸化ナトリウム水溶液のいずれかを加えて一定温度で放置したところ、酢酸エチルの量が図 1 のように変化した。このとき、(a)～(c)の酢酸エチルの量の変化について、アセトン、希硫酸、水酸化ナトリウム水溶液のどれを加えたものか、それぞれ選びなさい。

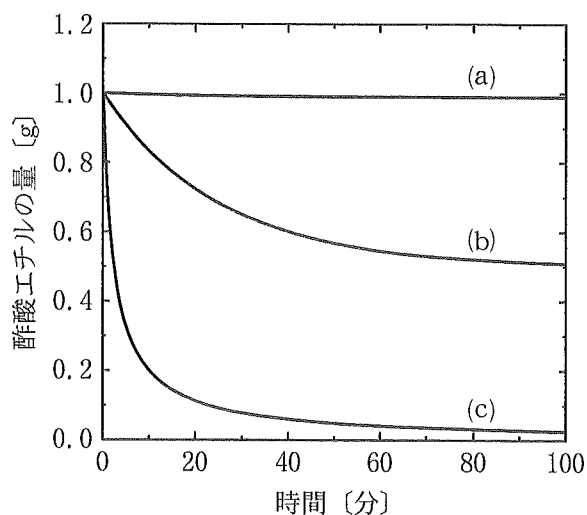
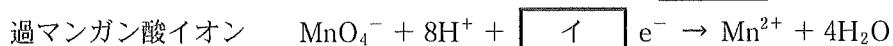
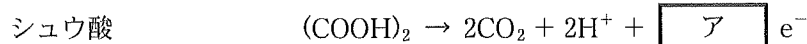


図 1

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

問 1 硫酸酸性下でのシュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化還元反応は、以下のイオン反応式で示される。ア と イ に入る数字を答えなさい。



問 2 あるモル濃度の過マンガン酸カリウム水溶液と $1.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液とをそれぞれ同じ体積で混合し、硫酸酸性下で過不足なく反応させたい。この過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を求めなさい。答えは、有効数字 3 桁で表し、計算過程も書きなさい。

問 3 水溶液中の有機化合物の量は、以下の【手順】①～④の操作で求めることができる。各手順の持つ意味を【解説】に記述している。これらを読んで、後の(1)～(3)の問いに答えなさい。

【手順】

- ① ある有機化合物を含む無色透明の水溶液 100 mL を三角フラスコにとり、希硫酸を加えて酸性にし、問 2 で計算した濃度の過マンガン酸カリウム水溶液 10.0 mL を正確に加える。
- ② 三角フラスコを沸騰水に浸け、30 分間反応させ、有機化合物をすべて酸化する。
- ③ 熱いうちに、 $1.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液 10.0 mL を正確に加えてよく混合する。
- ④ 熱いうちに、①で使ったものと同じ過マンガン酸カリウム水溶液で滴定し、過マンガン酸カリウム水溶液のごく薄い色が消えなくなった点を終点とし、滴定値を得る。

【解説】

- ・ 手順①では、水溶液中の有機化合物を完全に酸化するために必要な量に比べて過剰の過マンガン酸イオンを加える。
- ・ 手順②では、加熱中に過マンガン酸イオンの一部が水溶液中の有機化合物で還元される。
- ・ 手順③では、過マンガン酸イオンが完全に還元される。
- ・ 手順④で、過マンガン酸イオンが奪う電子の物質量は、はじめの水溶液 100 mL に含まれていた有機化合物が手順②で放出した電子の物質量と等しい。

(1) 手順②と③の操作をした後のフラスコ内の水溶液の色をそれぞれ答えなさい。

(2) ある工場排水 100 mL を用いて、手順①～④に従って操作し、5.00 mL の滴定値が得られたとする。工場排水 1.00 L 中に含まれる有機化合物の酸化に要する過マンガン酸カリウムの物質量を求めなさい。答えは、有効数字 3 桁で表し、計算過程も書きなさい。なお、過マンガン

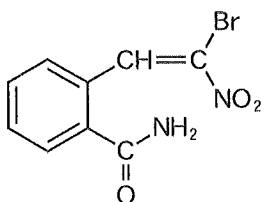
酸イオンは、排水中の有機化合物および加えるシュウ酸とだけ反応するものとする。また、上記の滴定値は、工場排水のかわりに蒸留水を用いて補正した値とする。

- (3) 湖沼や海水、工場排水中に溶けている有機化合物の量が多いと、それを微生物が分解する際に水中の酸素を消費するので、溶存酸素濃度が著しく低くなり、魚類や底生生物にとって酸素不足となる場合がある。有機化合物による水質汚染の指標はいくつかあるが、COD (Chemical Oxygen Demand, 化学的酸素要求量: mg/L) は、水 1.00 L に溶けている有機化合物を分解するのに要する酸化剤の量を酸素 (O_2) の質量に換算した値で、酸化剤が水中の有機化合物だけを酸化する場合には、COD が大きい水ほど有機化合物汚染が激しいことを示している。硫酸酸性下での過マンガン酸カリウム水溶液による酸化還元滴定法は、COD 測定法の 1 つとして用いられており、排水中の有機化合物の酸化反応で消費された過マンガン酸イオン量を O_2 量に換算して COD を計算することができる。

酸化還元反応における酸素のイオン反応式は $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ である。酸素 (O) の原子量を 16.0 として、(2) で求めた過マンガン酸カリウムの物質質量から、COD を計算しなさい。答えは、有効数字 3 桁で表し、計算過程も書きなさい。

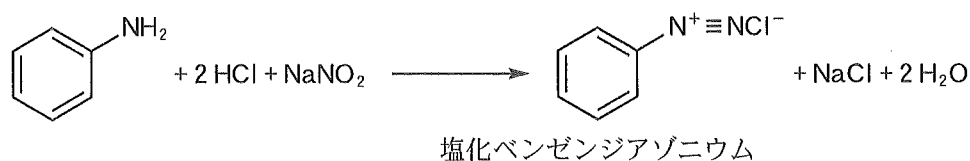
4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、化合物の構造式については以下の例にならって書きなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



ベンゼン C_6H_6 は代表的な芳香族炭化水素である。ベンゼンの 6 個の炭素原子と 6 個の水素原子はすべて同一平面上にある。一般に、ベンゼンの構造式では、炭素原子間の結合は ア 結合と イ 結合を交互に書いて表される。しかし、実際には、ベンゼンの炭素原子間の結合はすべて等しく、その結合距離はアルカンの炭素原子間の ア 結合の結合距離より短く、アルケンの炭素原子間の イ 結合の結合距離より長い。このベンゼン環の不飽和結合への ウ 反応は起こりにくい。一方、ベンゼン環の水素原子が他の原子や原子団で エ される反応は起こりやすい。

ベンゼンに濃硫酸と濃 オ の混合物(混酸)を加えて加熱すると、ベンゼンの水素原子がニトロ基で エ され、ニトロベンゼン $C_6H_5NO_2$ が生じる。ニトロベンゼンを、濃塩酸とスズで還元したのち、水酸化ナトリウムを加えるとアニリン $C_6H_5NH_2$ が生じる。アニリンを塩酸に溶かして氷で冷却し、これに亜硝酸ナトリウムの水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムを生じる。この反応はジアゾ化と呼ばれ、下記のような反応式で表される。塩化ベンゼンジアゾニウムは低温の水溶液中では安定に存在するが、5℃以上では分解する。



問 1 空欄 ア ～ オ に入る語句を答えなさい。

問 2 ベンゼンに関する正しい記述を(a)～(d)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) ベンゼンは極性分子であり、水によく溶ける。
- (b) ベンゼンは特有のにおいを持つ無色の液体である。
- (c) ベンゼンの密度は水の密度より大きい。
- (d) ベンゼンは空気中で多量のすすを出して燃焼する。これは、水素原子に対する炭素原子の数の割合が大きく、ベンゼンが不完全燃焼しやすいためである。

問 3 ニトロベンゼンと下線部①の混酸を高温で反応させた場合に生成する主な芳香族化合物の名称と構造式を書きなさい。

問 4 下線部②についてその化学反応式を答えなさい。ただし、化学反応式に含まれる芳香族化合物は構造式を書きなさい。

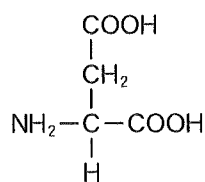
問 5 塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液に、フェノールを溶かした水酸化ナトリウム水溶液を加えると、橙色の化合物が生じる。この化合物の構造式を書きなさい。

5 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

タンパク質は、 α -アミノ酸のアミノ基と他の α -アミノ酸のカルボキシ基が脱水縮合して生じるペプチド結合で多数の α -アミノ酸が連なった高分子化合物である。タンパク質のうち、加水分解したときにアミノ酸のみが得られるものを ア タンパク質といい、アミノ酸の他に脂質、リン酸などが生じるものを イ タンパク質という。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると ウ 色を呈する。この反応は エ 反応といわれる。また、タンパク質水溶液に固体の水酸化ナトリウムまたは濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じる場合がある。この反応は、タンパク質中の オ の検出に用いられる。

問 1 空欄 ア ～ オ に当てはまる適切な語句を答えなさい。

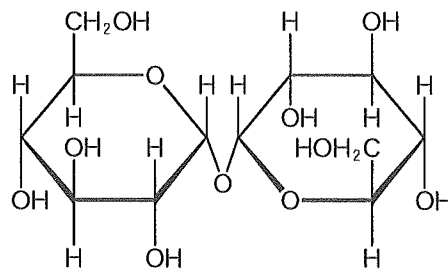
問 2 人工甘味料である化合物 A は、 α -アミノ酸の 1 つであるアスパラギン酸と、別の α -アミノ酸 B のメチルエステルが脱水縮合した構造を持つジペプチドである。



アスパラギン酸

- (1) アスパラギン酸の水溶液を pH 1 および 11 に調整したとき、アスパラギン酸は主としてどのようなイオンの構造で存在しているか、それぞれ構造式で答えなさい。なお、構造式は上図を参考にして書きなさい。
- (2) α -アミノ酸 B は天然に存在するタンパク質の構成成分の 1 つであり、その側鎖にはベンゼン環が存在するが、酸素原子および窒素原子は存在しない。 α -アミノ酸 B の名称を答えなさい。
- (3) 化合物 A において、アスパラギン酸の側鎖は脱水縮合に関与していない。化合物 A の構造式を答えなさい。なお、構造式は上図を参考にして書きなさい。

問 3 トレハロースは、食品や化粧品としての用途を持つ産業上重要な二糖類である。



トレハロース

- (1) トレハロースの構成単糖の名称を答えなさい。
- (2) トレハロースが還元性を持つかどうか、解答欄の当てはまる方を○で囲みなさい。また、その理由を単糖類2分子が脱水縮合して形成される結合の名称を含めて答えなさい。
- (3) トレハロースを単糖に分解する反応に対し触媒として働くトレハラーゼは、ほとんどの動物が保有している酵素である。以下の方法で、トレハラーゼの触媒作用を測定する実験を考える。まず、トレハラーゼ水溶液を準備し、その水溶液を2つの試験管に同量秤りとり、その一方を70℃で10分間加熱する。その後、それぞれのトレハラーゼ水溶液に同時に同量のトレハロースを加え、中性条件下35℃で反応を開始させ、トレハロースの濃度を一定時間ごとに測定する。トレハロースの濃度が反応開始時の半分になるまでに要する時間が短いのは、70℃、10分間の加熱を行った水溶液を用いたものか、それとも加熱を行わなかった水溶液を用いたものか、解答欄の当てはまる方を○で囲みなさい。