

受験番号

令和6年度学力検査

問題冊子

理 科

注 意 事 項

1. 問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
3. 問題冊子の指定欄（1箇所）に、受験番号を正確に記入すること。
4. 問題冊子の余白は、計算などの下書きに使用してもよい。
5. 問題冊子は持ち帰ってはいけません。

計算問題については解法も記し、有効数字3桁で答えよ。

必要があれば次の値を用いよ。ただし、設問中に値が与えられている場合は、設問中の値を用いること。

原子量：H = 1.00 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.0 Br = 79.9

Ba = 137.0

標準状態：0 °C, 1.013×10^5 Pa

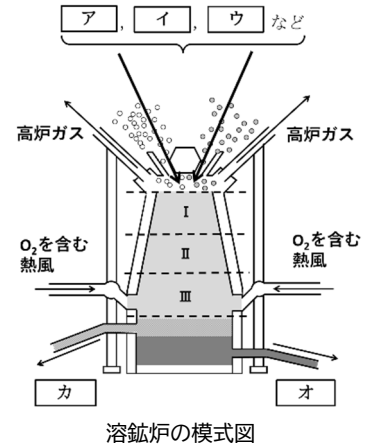
気体定数： $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

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

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

1 鉄とアルミニウムの製錬に関する以下の文章を読み、問 (1) ~ (8) に答えよ。

鉄の製錬では、図に示した溶鉱炉の上から **ア** , **イ** , **ウ** などを入れ、 O_2 を含む熱風を下から送り込む。**ア** に含まれる $①Fe$ の酸化物 **A** , **B** , **C** の半分以上は、**イ** から生成した化合物 **D** と反応し、約 3~4% の **エ** を含む **オ** となる。**ア** には SiO_2 などが不純物として含まれるが、溶鉱炉内で **ウ** の分解物と反応して $CaSiO_3$ などを主成分とした **カ** として除去される。**オ** を転炉に入れ O_2 を吹き込み **エ** の含有量を減らすと、**キ** となる。これに Cr , または Cr と Ni などを加えた合金は **ク** と呼ばれる。また、 $②Fe$ を空气中で強熱すると **B** の被膜ができるが、**B** の分子量は **A** と **C** の分子量の和に等しい。



アルミニウムの製錬では、原料 **ケ** の主成分 $③E$ を $NaOH$ 水溶液に溶解させ、各種操作により純粋な **E** をつくる。**F** を約 $1000\text{ }^\circ\text{C}$ で融解し、そこへ **E** を溶かしたものを、炭素電極を用いて **コ** を行う。これにより Al を得ることができる。 $④Al$ と **C** の混合物に点火すると多量の熱を発生し、 Fe と **E** が生じる。この反応を **サ** 反応と呼ぶ。また、 Al と少量の Cu , Mg などとの合金は **シ** と呼ばれる。

- (1) 空欄 **ア** ~ **シ** に入る適切な語句を、**A** ~ **F** に該当する化学式を記せ。
- (2) 下線① ~ ③の化学反応式を記せ。ただし、下線①は **C** から Fe が生じる反応式を記せ。
- (3) 以下 i) ~ iii) の用途に最も適する材料を **オ** , **キ** , **ク** , **シ** の中から一つずつ選び、理由とともに記せ。
 - i) 鉄道のレール
 - ii) 航空機の機体
 - iii) 台所用品
- (4) 溶鉱炉の模式図において、**I** ~ **III** に最も多く存在すると考えられる Fe の酸化物 **A** , **B** , **C** を化学式で記せ。
- (5) 下線②の反応により Fe の内部が保護される。同様に化学反応で、 Fe に被膜を形成する方法の一つ記せ。
- (6) **オ** の合成には、近年、環境に配慮して **D** の代わりに水素を用いて行う方法が開発されている。水素を用いる方法の利点の一つ記せ。
- (7) **コ** において、陽極と陰極で起こる反応を、イオン反応式を用いて記せ。
- (8) 下線④の **サ** 反応によって 3.00 mol の Al が消費された時の反応熱を求めよ。ただし、単体 Al の酸化による **E** の生成熱は 1676 kJ/mol , 単体 Fe の酸化による **C** の生成熱は 824 kJ/mol とする。

2 次の文章を読み、問 (1) ~ (4) に答えよ。

ア は原子の相対質量を表す数値であり、その質量のほとんどを イ と ウ が担っているため、その和である エ がほぼ ア に等しくなる。イ と ウ の質量が等しいと仮定すると、①¹²C (¹²C = 12.00) の同位体である ¹³C の原子核 1 個の質量は オ g と計算できる。

仮に、ア の基準値を ¹²C = 12 から ¹²C = 120 に変更し、さらに ¹²C 1 mol の質量を 12 g から 120 g に変更した場合、質量パーセント濃度が 1.80% のグルコース水溶液におけるモル凝固点降下は カ 。また、4.00 g/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH は キ 。

- (1) 空欄 ア ~ エ に入る適切な語句を記せ。ただし、イ と ウ の順は問わない。
- (2) 空欄 オ に入る数値を求めよ。ただし、電子の質量は無視できるものとする。
- (3) 下線①について、¹²C と ¹³C のみで構成され、天然とは異なる同位体比を持つ炭素を燃焼させて生成した二酸化炭素の平均分子量は 44.83 であった。このとき、元の炭素に含まれる ¹²C の比率を求めよ。ただし、燃焼に使われた酸素はすべて ¹⁶O (¹⁶O = 16) とする。
- (4) 空欄 カ および キ に入る語句を次のうちから選び、理由を記せ。

100 倍になる、10 倍になる、1 増加する、1 減少する、10 分の 1 になる、100 分の 1 になる

3 次の文章を読み、問 (1) ~ (6) に答えよ。

米や小麦に含まれるデンプンは、 α -グルコースが脱水縮合して得られる多糖類である。デンプンは直鎖状構造の と枝分かれ構造を有する から構成される。また、体内でデンプンはヒトのだ液やすい液に含まれる酵素 によって加水分解を受け、二糖類の が生成する。さらに、 はだ液やすい液中の酵素 によって加水分解され、グルコースが生成する。

一方、^① は酵母菌の作用により 2 分子のグルコースを生成し、生じたグルコースはチマーゼによって分解を受けることでアルコール発酵が起こる。

- (1) 空欄 ~ にあてはまる適切な語句を記せ。
- (2) と にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると、それぞれ何色を示すか記せ。
- (3) グルコースの鎖状構造に存在する、還元性を示す官能基の名称を記せ。また、その官能基との反応によって酸化銅 (I) の赤色沈殿が生じる溶液の名称を記せ。
- (4) グルコースのアルコール発酵を化学反応式で記せ。
- (5) 下線①について、質量パーセント濃度 20.0% のアルコール水溶液 500 mL を作る際に必要となる の質量を求めよ。なお、ここで作られた 20.0% アルコール水溶液の密度は 0.975 g/cm^3 とする。また、 の全てがアルコール発酵に利用されるものとする。
- (6) 動植物はグルコースをデンプンまたはグリコーゲンとして貯蔵する。グルコースをそのまま細胞内に貯蔵するよりもデンプンやグリコーゲンとして貯蔵した方が、細胞内浸透圧の上昇を抑えられる。その理由を記せ。ただし、細胞内における溶質の質量、体積、温度は一定であり、デンプンやグリコーゲンの重合度は十分に大きいものとする。

4 次の文章を読み，問 (1) ～ (6) に答えよ。

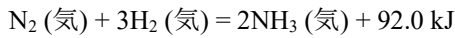
実験操作中に硫酸アンモニウムに誤って硫酸ナトリウムを混ぜてしまった。そこで，この混合物 **X** 中の硫酸ナトリウムの割合を調べるために，次のような実験を行った。

混合物 **X** を均一に混ぜ，そのうち 5.00 g を水に溶かして 500 mL の水溶液を作成した。①この溶液 50.0 mL に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し，気体の発生が止むまで完全に反応させた。次に，発生した気体をすべて希硫酸 25.0 mL に吸収させた。②この溶液を中和するのに 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10.0 mL を要した。さらに，滴定後の溶液に水酸化バリウム水溶液を加え，完全に反応させると 0.932 g の沈殿が生成した。

- (1) 下線①の反応を化学反応式で記せ。
- (2) 下線②の反応を化学反応式で記せ。
- (3) 下線②の滴定の終点を知るための適切な指示薬を色の変化と共に記せ。また，その選択理由についても説明せよ。
- (4) 実験に用いた希硫酸の濃度を求めよ。
- (5) 下線①で発生した気体の物質量を求めよ。
- (6) 混合物 **X** 中の硫酸ナトリウムの割合を求めよ。

5 次の文章を読み、問 (1) ~ (6) に答えよ。

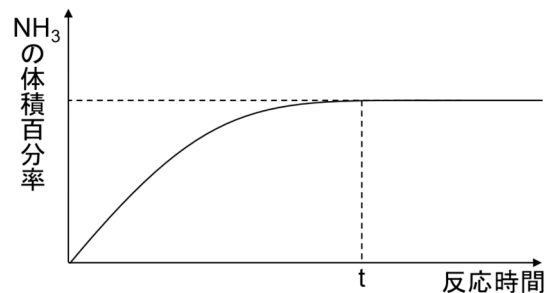
窒素と水素からアンモニアを合成する反応の熱化学方程式は次のように表される。



この反応はアンモニアの工業的製法として知られている。

- (1) アンモニアの生成量をより多くするためには、温度と圧力をどのように変化させれば良いか記せ。
(2) (1) の実験条件の変化は、工業的製法の目的に照らすと都合が悪い。その理由を記せ。

- (3) 本反応において、反応時間とアンモニアの体積百分率との関係は右グラフのようになり、時間 t 以降は一定となった。①, ②のように反応条件を変えたときのグラフをそれぞれ実線で記せ。



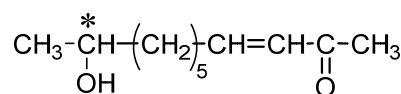
① 体積は一定で温度を高くする。

② 触媒を使用する。

- (4) 本反応において、H-H 結合の結合エネルギーを 436 kJ/mol 、 $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合の結合エネルギーを 945 kJ/mol とした場合、アンモニア分子中の N-H 結合の結合エネルギーを求めよ。
- (5) 体積一定の容器に、窒素 $a \text{ [mol]}$ 、水素 $b \text{ [mol]}$ を入れて密封し、温度を一定に保ったところ $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{気})$ の反応が平衡に達した。密封直後 (反応が起こる前) の容器内の圧力を $P_1 \text{ [Pa]}$ 、反応が平衡に達した後の容器内の圧力を $P_2 \text{ [Pa]}$ とするとき、平衡時のアンモニアの物質量を a , b , P_1 , P_2 を用いて記せ。ただし、容器内の物質は全て気体であり、 $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{気})$ 以外の反応は起こらないものとする。
- (6) 本反応で得たアンモニアを原料とし、オストワルト法で質量パーセント濃度 66.0% の硝酸 (密度 1.40 g/cm^3) を 100 L 製造した。アンモニアが全て硝酸に変化した場合、消費したアンモニアの質量を求めよ。

6 分子量 1000 以下の不斉炭素原子を持つ油脂 **A** を用いて①～④の実験を行った。以下の文章を読み、問 (1)～(7) に答えよ。ただし、油脂 **A** 中に三重結合は含まれていない。なお、構造式を書く場合、シス・トランス異性体を考慮せず、右の「構造式の記入例」にならって記せ。不斉炭素原子には右例のように*を付けること。

構造式の記入例



[実験①] ニッケル触媒を用いて油脂 **A** 132.9 mg の完全な水素付加を行ったところ、標準状態で 6.72 mL の水素を吸収して油脂 **B** が得られた。

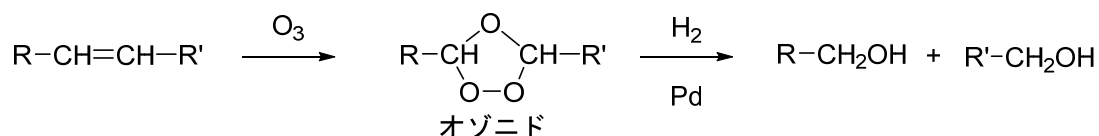
[実験②] 油脂 **B** 89.0 mg を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解し、反応液を pH 1 程度の強酸性にした後、エーテルで抽出したところ、単一な直鎖の高級脂肪酸 **C** が得られた。

[実験③] 油脂 **A** に還元的オゾン分解^註を行ったところ、一価アルコール **D** (分子式 $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) と **E** と二価アルコール **F** が得られた。

[実験④] **E** を加水分解すると三価アルコール **G** と高級脂肪酸 **H** とヒドロキシ酸 **I** (炭素 62.0%, 水素 10.4%, 酸素 27.6%) が得られた。

注) 還元的オゾン分解

炭素原子間に二重結合を有する化合物にオゾンを反応させると、下図に示すようにオゾニドを形成する。このオゾニドについてパラジウム触媒を用いて水素化すると二分子のアルコールへと還元される。この一連の反応を『還元的オゾン分解』と呼ぶ。



- (1) [実験①]から推定される油脂 **A** の 1 分子中に存在する炭素原子間の二重結合の数について、すべての可能性をその解法と共に記せ。
- (2) [実験②～④]より、(1)で求めた二重結合の数の可能性は一つに決まる。実際の二重結合の数を解法と共に記せ。
- (3) [実験②]の加水分解反応が完全に進行するとき、生成する高級脂肪酸 **C** の全量は何 mg か記せ。
- (4) [実験④]により生じたヒドロキシ酸 **I** の分子式を解法と共に記せ。
- (5) 油脂の構造中に炭素原子間の不飽和結合が存在することを確認する方法のうち、水素付加とオゾン分解以外の反応を二つ挙げよ。また、それぞれの反応前後の色の変化を記せ。
- (6) アルコール **F** と **G**, 高級脂肪酸 **H**, ヒドロキシ酸 **I** の構造式を記せ。
- (7) 油脂 **A** の構造式を記せ。