

2024年度〈公募制推薦〉

適性検査Ⅱ 100点満点

【問題冊子】（1～8ページ）

（注 意）

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後、問題冊子のページ数(1～8ページ)を確認すること。
3. 各ページの余白を下書きに使用してもよい。
4. 試験時間 11：30～12：30
5. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

下書き用 (採点しない)

【I】 次の記述を読み、問1～4の答を解答冊子の解答欄に記せ。

(33点)

元素の周期表で3～11族に属する元素は遷移元素とよばれる(12族の元素を遷移元素に含める場合がある)。遷移元素の原子では、原子番号が増加しても、最も外側の電子殻(最外殻)より内側の電子殻へ電子が配置されるため、最外殻の電子数は〔ア〕個である(パラジウム Pdを除く)。遷移元素は判明しているものはすべて〔イ〕元素であり、その単体は典型元素の〔イ〕元素の単体に比べて融点が〔ウ〕ものが多い。また、遷移元素では、同一の元素でも価数の異なるイオンも存在する。例えば、原子番号26の鉄の原子は、最外殻の〔エ〕から2つの電子が放出されて Fe^{2+} になり、さらに内側の電子殻から1つの電子が放出されて Fe^{3+} となる。

鉄の単体は、(a) 希硫酸に水素を発生しながら溶け、鉄イオンを含む水溶液を生じる。また、鉄の単体を常温・常圧で湿った空气中に放置すると酸素や水と反応して (b) さびる。(c) 鉄の酸化物には Fe_2O_3 や Fe_3O_4 があり、これらの酸化物を多く含む鉄鉱石は鉄の単体を得るための原料となる。

問1 〔ア〕、〔ウ〕および〔エ〕に入る最も適当な解答欄の数値または語句を○で囲め。また、〔イ〕には最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(a)について、次の問に答えよ。

(i) 水素が発生している間のこの化学反応の反応式を記せ。

(ii) 水素が発生している間の水溶液の色は淡緑色であるが、水素の発生が止まった後に空气中に十分放置した場合、水溶液の色はしだいに黄褐色へと変化していく。この水溶液の色の変化が生じる理由を簡潔に記せ。

問3 下線部(b)に関連して、鉄板をさびにくくするめっきについて、鉄板にスズをめっきしたものはブリキとよばれ、亜鉛をめっきしたものはトタンとよばれる。次の問に答えよ。

(i) トタンにおいて、鉄の表面にめっきした亜鉛の表面は、緻密な〔オ〕により覆われて内部が保護されているため、鉄をさびにくくする。〔オ〕に入る最も適当な語句を記せ。

(ii) めっきの表面に傷がつき鉄が露出したところに、適当量のヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液を静かに滴下したとき、濃青色の沈殿が生じるのはブリキもしくはトタンのどちらか。該当する解答欄の語句を○で囲み、その理由を簡潔に記せ。ただし、以下のキーワードを用いること。

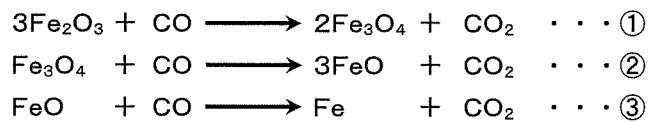
キーワード：イオン化傾向

問4 下線部(c)に関連して、次の問に答えよ。

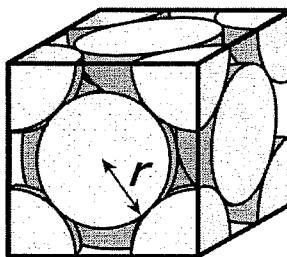
(i) Fe_3O_4 に含まれる鉄原子の酸化数について、最も適当なものを次の(A)～(E)より1つ選び、記号を記せ。

- (A) +1, +6 (B) +2, +3 (C) +2, +4
 (D) +1, +2, +5 (E) +1, +3, +4

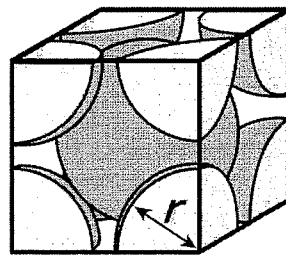
(ii) 次の反応式①～③のように、鉄の単体(銑鉄)はコークスCから生じる一酸化炭素で鉄鉱石の主成分である Fe_2O_3 を Fe_3O_4 、 FeO および Fe へと順に還元することで得られる。これらの化学反応を1つの反応式で記せ。



(iii) 鉄の結晶構造は温度によって変化する。鉄の結晶構造が下図の面心立方格子から体心立方格子に変化したとき、単位格子に含まれる鉄原子の数および単位格子の一辺の長さはそれぞれ何倍になるか。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。ただし、結晶構造にかかわらず鉄原子の半径 r は一定で、鉄原子は単位格子内で互いに接する球として存在するものとする。また、 $\sqrt{2}=1.41$ 、 $\sqrt{3}=1.73$ とする。



面心立方格子



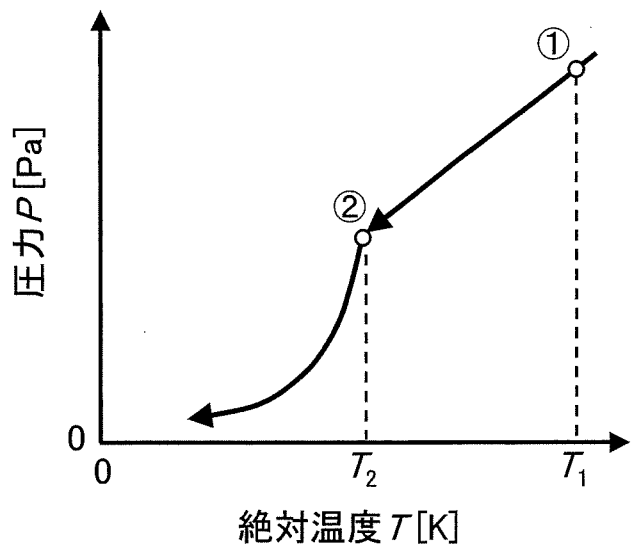
体心立方格子

【Ⅱ】 次の気体の状態方程式に関する記述を読み、問1～6の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、絶対零度0 Kは -273°C 、気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。(33点)

気体の状態方程式は、ボイルの法則、シャルルの法則、および(a) アボガドロの法則の3法則をまとめたものであり、気体の状態方程式が常に成立すると仮定した気体を理想気体という。実在気体と理想気体のずれを表す指標として圧縮率因子 Z が知られている。いま、圧力、体積、物質質量、および絶対温度をそれぞれ P 、 V 、 n 、および T とすると、 Z は $\frac{PV}{nRT}$ で表される。(b) 理想気体では P を変化させても Z は常に1であるが、実在気体では常に1とは限らない。

実在気体においては、理想気体とは異なり状態変化を考慮する必要がある。下に示したグラフは、(c) 密閉容器中において一定量の実在気体を、体積を一定に保ち徐々に冷却した場合の T と P の関係を示している。まず、 T_1 (点①)から T_2 (点②)への温度低下に比例して気体の P は減少する。点②での P は、飽和蒸気圧と等しい。さらに T_2 より冷却すると、一部が〔ア〕して液体となり(直接固体に変化する場合は除く)、 P は蒸気圧曲線に従って減少する。

(d) 蒸気圧曲線は、温度と飽和蒸気圧の関係を示す。飽和蒸気圧は、密閉容器中で、ある物質の液体状態と気体状態が共存し、蒸発する分子の数と液体になる分子の数が等しくなったときの蒸気圧の圧力である。このときの見かけ上、蒸発が止まった状態を〔イ〕とよび、一定温度における液体の飽和蒸気圧は物質ごとに決まっている。



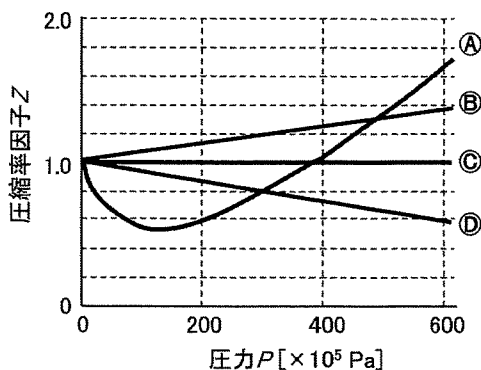
問1 〔ア〕および〔イ〕に入る最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(a)について、アボガドロの法則を、解答欄の「同温、同圧のもとで、」の書き出しに続けて記せ。

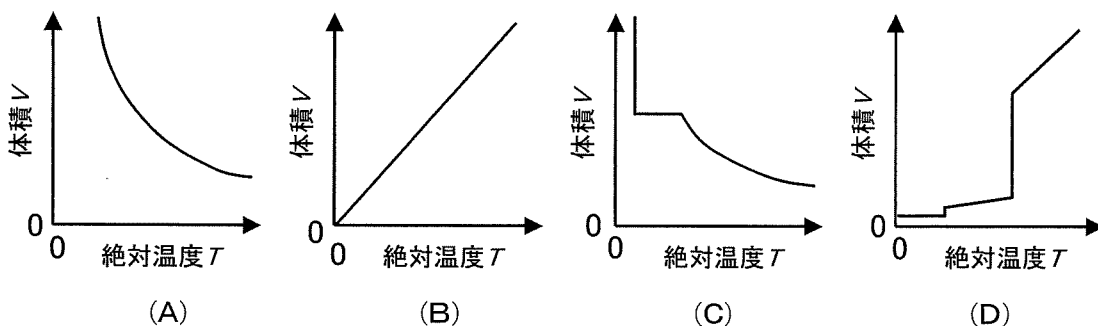
問3 下線部(b)について、温度や圧力は実在気体の圧縮率因子 Z に影響を与える。一般に、実在気体のふるまいが理想気体に近づくときは温度と圧力がどのような場合か。該当する解答欄の語句を1つ選び、○で囲め。また、その理由を簡潔に記せ。ただし、以下のキーワードをすべて用いること。

キーワード：分子の熱運動、分子間力、分子自身の体積

問4 下線部(b)に関連して、 0°C のときの実在気体としての水素の圧力 P と圧縮率因子 Z の関係を示すものはどれか。最も適当なものを右図の(A)~(D)より1つ選び、記号を記せ。

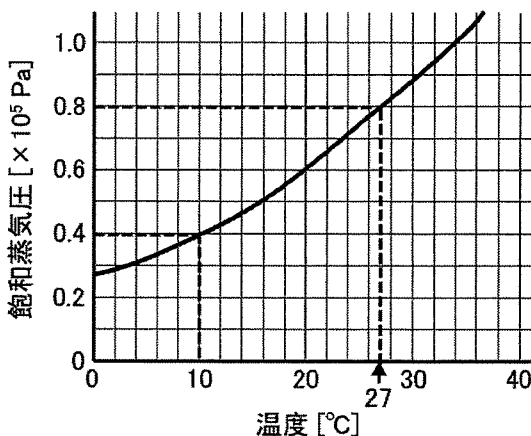


問5 下線部(c)に関連して、実在気体としてのメタンの圧力を一定に保ち、温度を変化させた場合の絶対温度 T と体積 V の関係を示したグラフはどれか。最も適当なものを(A)~(D)より1つ選び、記号を記せ。



問6 下線部(d)に関連して、以下の操作を行った。下図に示したジエチルエーテルの蒸気圧曲線を参考にして、次の間に答えよ。

温度調節が可能で、容積可変の密閉容器にジエチルエーテル 0.10 mol と窒素 0.067 mol を入れ、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。この混合気体を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったまま、ゆっくりと冷却した。ただし、容器内に液体が存在する場合、その液体の体積は無視でき、窒素はジエチルエーテルに溶解しないものとする。



- (i) 大気圧下 ($1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$) におけるジエチルエーテルの沸点は何 $^{\circ}\text{C}$ か。答は整数値で記せ。
- (ii) ジエチルエーテルの液体が出現しないのは何 $^{\circ}\text{C}$ までか。答は整数値で記せ。
- (iii) 冷却前の 27°C での密閉容器の容積は何 L か。答は四捨五入して小数第1位まで記せ。
- (iv) 混合気体を 10°C まで冷却したとき、容器内に存在する気体は何 mol か。答は四捨五入して小数第2位まで記せ。

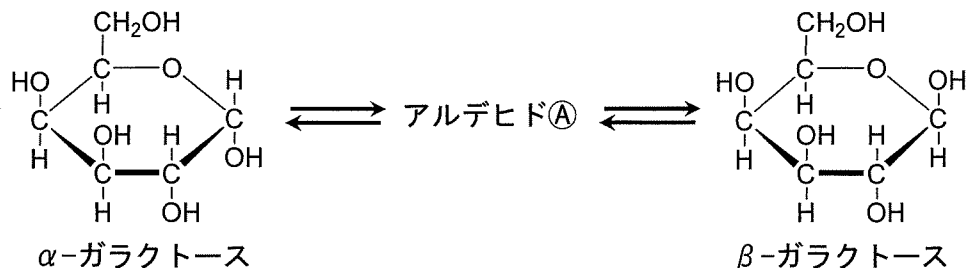
【Ⅲ】次の記述を読み、問1～4の答を解答冊子の解答欄に記せ。ただし、原子量はH=1.0, C=12.0, O=16.0, Na=23.0, I=127.0とする。有機化合物の構造式は、解答冊子の解答欄の上に示す例にならって記せ。(34点)

アルデヒドやケトンには〔ア〕基をもつ化合物であり、一般にアルコールを〔イ〕することで生じる。例えば、メタノールを〔イ〕するとシックハウス症候群の原因となる〔ウ〕が得られ、さらに〔イ〕が進行するとギ酸となる。(a) アルデヒドは、銀鏡反応やフェーリング液の還元によって検出することができる。また、ある種のアレドヒドやケトンは (b) ヨードホルム反応によって検出可能である。例えば、アセトン CH_3COCH_3 にヨウ素および水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、特有の臭気を有するヨードホルム CHI_3 を生じる。

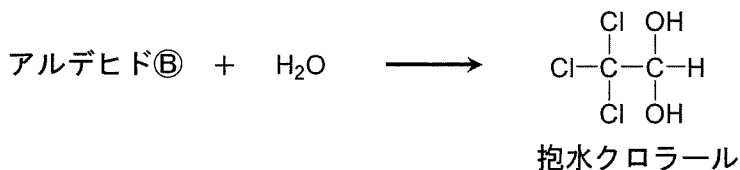
問1 〔ア〕～〔ウ〕に入る最も適当な語句または化合物名を記せ。

問2 下線部(a)に関連して、次の問に答えよ。

- (i) 単糖であるガラクトースは銀鏡反応を示す。これは、水溶液中においてガラクトースのヘミアセタール構造 $-\text{CH}(\text{OH})\text{O}-$ が開環して鎖状のアレドヒド①へ構造変換するためである。また、①のホルミル基(アレドヒド基)と分子内に存在するヒドロキシ基との間でヘミアセタールを形成する反応も進行するため、水溶液中では α -ガラクトース、 β -ガラクトース、および①の混合物として存在する。①の構造式を記せ。



- (ii) 医薬品である抱水クロラールは、アレドヒド②への水分子の付加によって生じる。②の構造式を記せ。



問3 下線部(a)に関連して、以下の実験操作を行った。次の間に答えよ。

操作①: 硝酸銀の水溶液にアンモニア水を加えると、酸化銀 Ag_2O の沈殿が生じた。

操作②: 操作①で生じた Ag_2O の沈殿は、さらにアンモニア水を加えるとジアンミン銀(I)イオン $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ を生じて溶解した。

操作③: 操作②で得られた塩基性の溶液にアセトアルデヒド CH_3CHO を加え、温水につけて加温すると、銀が析出した。

操作④: 操作③の反応液をそのまま放置すると、未反応の銀イオンとアンモニアから爆発性の雷銀(Ag_3N や AgNH_2)を生じる可能性があるため、ただちに適当量の希塩酸を加えて適切に廃棄した。

(i) 操作③でおきた化学反応について解答欄のイオン反応式を完成せよ。

(ii) 操作④について、希塩酸を加えると2つの反応によって雷銀の生成が抑制される。1つは、未反応の銀イオンと希塩酸に含まれる塩化物イオンから塩化銀を生じる反応である。これとは別におこるもう1つの化学反応の反応式を記せ。

問4 下線部(b)について、次の間に答えよ。

(i) ヨードホルム反応を示さない化合物はどれか。次の(A)～(E)よりすべて選び、記号を記せ。

- (A) エタノール (B) 乳酸 (C) 2-プロパノール
(D) ベンズアルデヒド (E) 酢酸

(ii) アセトンのヨードホルム反応の反応式を記せ。ただし、有機化合物については構造式で記せ。

(iii) アセトン 1.45 mL がすべて反応すると、生成するヨードホルムは最大何 g か。ただし、アセトンの密度は 0.80 g/mL とし、答は四捨五入して小数第 1 位まで記せ。

下書き用 (採点しない)