

令和 2 年度 (前期日程)

入学者選抜学力検査問題

化 学

〔注意事項〕

1. 問題冊子が 1 冊，解答用冊子が 1 組配られていることを確認しなさい。
2. 監督者の指示があるまで，問題冊子および解答用冊子を開いてはいけません。
3. 問題冊子は 7 ページから，また，解答用冊子は，解答用紙 3 枚と下書用紙 3 枚からなっています。解答開始の合図があったら，すぐに両方の冊子を確認しなさい。
落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
4. 各解答用紙には，受験番号を記入する欄が 2 箇所あります。各解答用紙にある 2 箇所の受験番号記入欄の両方に「**本学の受験番号**」を忘れずに記入しなさい。
(合計 6 箇所に受験番号を記入することになります。)
5. この問題冊子の 1 ページ目に「**解答に必要な注意事項**」が書いてあります。それをよく読んでから，解答しなさい。
6. **解答は，必ず別紙「化学解答用紙」の指定された場所(問題番号と一致した場所)に記入しなさい。指定された場所以外への解答は採点対象外です。**
7. 解答用紙は，持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子と下書用紙は，持ち帰りなさい。

〔解答に必要な注意事項〕

1. SI 単位以外の単位の意味。

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

2. 問題の計算に必要な場合、次の原子量や定数を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Cl = 35, Mn = 55

気体定数(R)： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

I 次の文を読んで、問1～問6に答えよ。

(配点率 30%)

私たちの身のまわりは、いろいろな物質で囲まれている。これらの物質のほとんどは、2種類以上の物質が混じり合った混合物である。たとえば、海水は水、塩化ナトリウム、塩化マグネシウムなどの混合物である。一方、ただ1種類の物質からなるものを(ア)という。(ア)には、1種類の元素からなる単体と2種類以上の元素からなる(イ)がある。水、塩化ナトリウム、塩化マグネシウムは(イ)である。

物質を構成している最も基本的な粒子が原子である。原子は中心にある1個の(ウ)と、(ウ)のまわりを取りまくいくつかの(エ)からできている。さらに(ウ)はいくつかの(オ)と(カ)からできている。原子がもつ(エ)と(オ)の数は同じであるので、原子全体としては電気的に中性である。また、(オ)の数が原子番号であるため、原子番号が大きくなると、(エ)の数も増える。

元素を原子番号の順に並べると、性質のよく似た元素が周期的に現れる。このような周期性を元素の周期律という。元素に周期律があるのは、原子番号の増加に伴って、(キ)の数が周期的に変化しているためである。周期律に基づいて性質のよく似た元素が縦の列に並ぶように配列した表を元素の周期表といい、横の列を周期、縦の列を族という。1族元素のうち、水素を除く元素を(ク)という。(ク)の単体は反応性に富み、空気中の酸素や水蒸気と反応しやすい。17族元素をハロゲンといい、一般にハロゲンの単体は酸化力が強い。実験室的には、塩素は、酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱して発生させる。また、臭素は、標準状態で単体が液体である唯一の非金属元素である。

問1 文中の(ア)～(ク)に適した語句を書け。

問2 下線部①に関連して、下記の(a)および(b)で行う分離操作の名称を書け。

- (a) 混合物である液体を加熱し、目的の物質を液体から気体にかえて、これを冷却し、再び液体として取り出す操作。
- (b) 物質の溶解度が温度によって変化する性質を利用して、固体に含まれる少量の不純物を取り除き、より純粋な物質を得る操作。

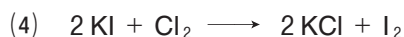
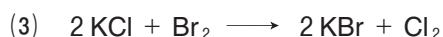
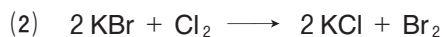
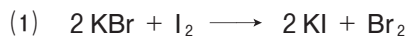
問3 下線部②について、問(a)～(c)に答えよ。

- (a) ナトリウムと水が反応するときの化学反応式を書け。
- (b) ナトリウムが空気中の酸素や水蒸気と反応しないようにするためには、どのように保存すればよいか、答えよ。
- (c) 水酸化ナトリウムを大気中で放置すると、水蒸気を吸収して、ぬれ始めた。この現象の名称を答えよ。さらに長時間放置すると、どのような化学変化がおこるか、答えよ。

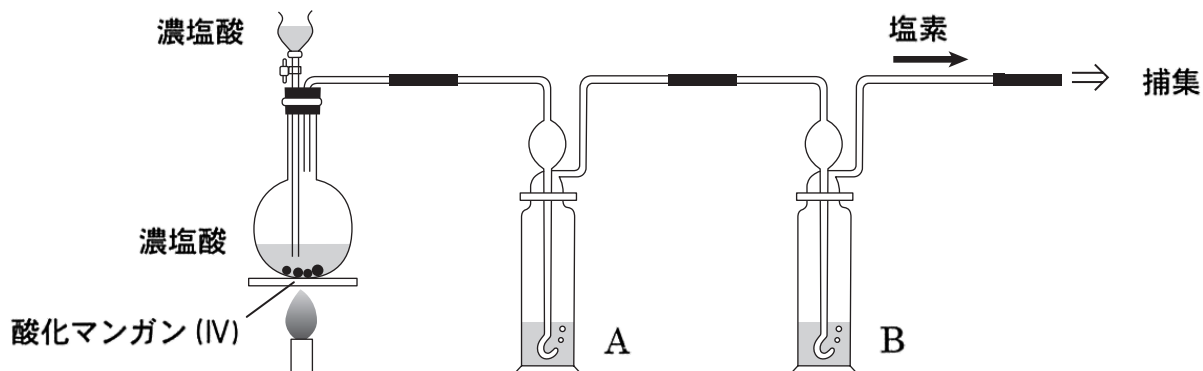
問 4 下線部③について、問(a)および(b)に答えよ。

(a) フッ素と水が反応するときの化学反応式を書き、この化学反応で酸化された元素および還元された元素の名称を答えよ。

(b) 下記の反応が**起こらないもの**を、記号ですべて選び、その理由を答えよ。



問 5 下線部④について、下の図は、塩素を発生させる装置である。下記の問(a)~(e)に答えよ。



(a) 塩素を発生させるときの化学反応式を書け。

(b) 酸化マンガン(IV) 8.7 g がすべて反応したときに発生する塩素の 27℃、 1.0×10^5 Pa での体積を計算せよ。ただし、塩素は理想気体として扱えるものとする。計算過程も記せ。小数点以下第1位で答えよ。

(c) 洗気びん A には水を、洗気びん B には濃硫酸を入れる。その理由をそれぞれ答えよ。

(d) 洗気びん A および B の位置を入れかえてはいけない理由を答えよ。

(e) 塩素の適切な捕集方法の名称を書け。

問 6 下線部⑤について、標準状態で単体が液体である金属元素の名称を答えよ。

II

次の文を読んで、問1と問2に答えよ。

(配点率 40%)

窒素や炭素は、生態系のみならず文明を維持するにも、きわめて重要な元素である。窒素の水素化合物のアンモニアは、窒素を含む有用物質の基礎的な原料である。炭素の水素化合物であるメタンは、炭素資源としてもエネルギー資源としても、なくてはならない物質である。

これらの化合物を熱化学的に考察するためのデータとして、結合エネルギーのいくつかと、それらの意味を表す熱化学方程式を表1に示した。

表1 結合エネルギー [kJ/mol]

分子	結合	結合エネルギー	結合エネルギーの熱化学上の意味
H ₂	H-H	432	H ₂ (気) = 2 H(気) - 432 kJ
N ₂	N≡N	942	N ₂ (気) = 2 N(気) - 942 kJ
CH ₄	C-H	414	CH ₄ (気) = 4 H(気) + C(気) - (414 × 4) kJ
NH ₃	N-H	388	NH ₃ (気) = 3 H(気) + N(気) - (388 × 3) kJ

問1 アンモニア合成に関する次の文を読んで、問(a)~(e)に答えよ。

アンモニア(NH₃)は、触媒の存在下に高温、高圧で、窒素(N₂)と水素(H₂)を反応させて合成される。この反応は可逆反応である。① 気体がもれないピストンを備え、温度を自由に設定できる円筒型の反応器がある。この反応器に、N₂ 1.0 mol と H₂ 3.0 mol の混合気体と触媒とを入れ、圧力が P[Pa] で定圧を保つようにピストンに荷重をかけた。一定の温度で反応させると、NH₃の生成にともないピストンの動きが観測されたが、平衡に達するとピストンは静止した。平衡状態での、全気体に対する NH₃のモル分率を分析した。ただし、下線部①の可逆反応では、N₂、H₂と NH₃以外の物質の発生はなく、3成分ともに気体状態である。また、触媒の体積は無視できる。

実験1：温度 700 K で平衡に達したとき、NH₃のモル分率は 0.25 であった。

実験2：温度 900 K での平衡では、内容積が V[L]の位置でピストンが静止した。

- (a) 下線部①の可逆反応の化学反応式を書け。NH₃生成を正反応として扱うこと。
- (b) 表1の適当な値を用いて、NH₃の 1 mol あたりの生成熱を求め、有効数字2桁で答えよ。計算過程も書け。
- (c) 実験1の平衡状態における、N₂、H₂と NH₃の物質量を、有効数字2桁で答えよ。計算過程も書け。

- (d) **実験 2** の平衡状態では、 NH_3 のモル分率は、**実験 1** の場合における 0.25 からどのように変化するか。解答欄の正しいものの記号を○で囲め。また、そう判断する理由を 60 字以内で述べよ。
- (e) **実験 2** の平衡において、 N_2 の物質量は $n[\text{mol}]$ 、 H_2 の物質量は $h[\text{mol}]$ 、 NH_3 の物質量は $a[\text{mol}]$ であった。**実験 2** における濃度平衡定数を、 n 、 h 、 a 、 V で表せ。また、その平衡定数の単位を書け。

問 2 炭素資源に関する次の文を読んで、問(a)~(d)に答えよ。

炭素の同素体は、古くには、黒鉛(グラファイト)とダイヤモンドが知られていたが、1985年^②にフラーレンが、その後、カーボンナノチューブなどが発見された。

炭素の最も単純な化合物は、水素化合物のメタンである。メタンは、実験室では、無水の酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムの混合固体を加熱^③して得られる。産業では、天然ガスの主成分のメタンが広く利用されている。天然ガスは、燃焼に際して、環境に有害な物質の排出が少ないため、都市ガスや火力発電などの重要な燃料となっている。また、メタンは空気^④よりも軽く、大気中に拡散しやすいため、プロパンなどに比べ、取り扱い上の安全性が高いとされている。しかし、液化天然ガスがもれた場合、気化直後の低温のメタンガスは、周囲の空気より重いので、拡散しにくく、きわめて危険である。

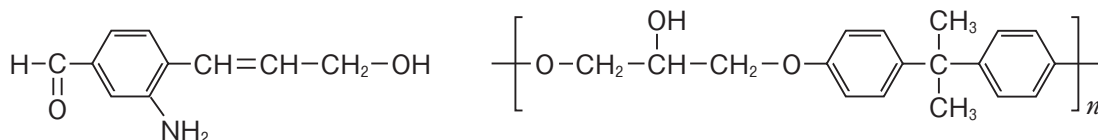
- (a) 下線部②で、炭素を含む化合物の生成熱の基準になる単体は黒鉛である。黒鉛の昇華熱は 716 kJ/mol である。この値と、表 1 のうちの適当な値を用いて、メタンの生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ を求め、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、黒鉛の昇華とは黒鉛が融解することなく、気体の炭素原子になる状態変化であり、昇華熱とは黒鉛 1 mol が昇華するときに吸収される熱量である。
- (b) 下線部③の反応の化学反応式を書け。
- (c) 下線部④に関連して、標準状態で、メタンならびにプロパンの密度 $[\text{g/L}]$ は、空気の密度の何倍かを、有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、標準状態では、全ての気体は理想気体として扱えるとする。また、空気の平均分子量は 29 とせよ。
- (d) 炭化水素を構成する原子の同位体として、 ^1H 、 ^2H 、 ^{12}C 、 ^{13}C があり、それら以外はないものとする。また、天然の同位体存在比は、 ^1H が $p[\%]$ 、 ^2H が $q[\%]$ 、 ^{12}C が $r[\%]$ 、 ^{13}C が $s[\%]$ とする。

質量数の総和が 17 のメタンには、同位体組成が $(^{12}\text{C})(^2\text{H})(^1\text{H})_3$ の分子と、 $(^{13}\text{C})(^1\text{H})_4$ の分子がある。それぞれの分子の存在する割合 $[\%]$ を p 、 q 、 r 、 s で表せ。

ただし、ある同位体組成の分子の割合は、同位体の天然存在比に基づく確率のみで決まるものとする。

Ⅲ 次の文を読んで、問1～問6に答えよ。なお、有機化合物と高分子化合物の構造式は記入例にならって書け。(配点率 30%)

構造式の記入例



ポリビニルアルコールは水に可溶性高分子化合物であり、接着剤やバインダー、液晶ディスプレイの偏光フィルムなど、幅広い用途に利用されている。ポリビニルアルコールは、ビニルアルコールが重合した構造を有している。硫酸水銀(Ⅱ)を触媒として、アセチレンに水を反応させると、中間体としてビニルアルコールが生成するが、ビニルアルコールは極めて不安定であるため、より安定な化合物 **A** が生成する。したがって、ビニルアルコールから直接ポリビニルアルコールを合成することはできない。化合物 **A** をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて加熱すると、化合物 **A** が酸化されて、化合物 **B** が生成し、アンモニアと反応して塩となる。

一方、酢酸亜鉛(Ⅱ)を触媒としてアセチレンに化合物 **B** を反応させると、化合物 **C** が生成する。化合物 **C** を(ア)重合させることで高分子化合物 **D** を合成したのち、加水分解(ケン化)することで、ポリビニルアルコールを合成することができる。ポリビニルアルコールを紡糸したのち、化合物 **E** と反応(アセタール化)させて、水に溶けないようにしたものが合成繊維の(イ)である。

高分子化合物 **D** は、加熱するとやわらかくなり、冷却すると再び硬くなる性質を有する(ウ)性樹脂である。これに対して、フェノールと化合物 **E** と塩基触媒を加熱して合成した(エ)を、さらに加圧・加熱して得られるフェノール樹脂は(オ)性樹脂とよばれ、加熱しても再び軟化することはない。

問 1 文中の(ア)～(オ)に当てはまる適切な語句を書け。

問 2 化合物 **A**～**C** と化合物 **E** の構造式を書け。

問 3 高分子化合物 **D** の構造式を書け。

問 4 ガラス製の試験管中で下線部①の反応を行った。どのような変化が観察されるか、簡潔に答えよ。

問 5 下線部②について、平均分子量 8.80×10^4 のポリビニルアルコールのヒドロキシ基のうち、40%をアセタール化して合成繊維(イ)を得た。次の問(a)および(b)に答えよ。

- (a) このポリビニルアルコールの原料となる、高分子化合物 **D** の平均分子量を求めよ。ただし、高分子化合物 **D** は完全に加水分解されたものとする。
- (b) ポリビニルアルコール 44.0 kg から何 kg の合成繊維が得られるか。小数点以下第1位まで求めよ。

問 6 下線部③のフェノールについて、次の問(a)~(c)に答えよ。

- (a) アニリンを冷やししながら、塩酸と亜硝酸ナトリウムを反応させると化合物 **F** が生成し、さらに加熱するとフェノールが生成する。化合物 **F** の構造式を書け。
- (b) フェノールを水酸化ナトリウムと反応させると、化合物 **G** が生成する。化合物 **G** を高温、高圧で二酸化炭素と反応させたのち、希塩酸で処理すると化合物 **H** が生成する。化合物 **H** の構造式を書け。
- (c) 化合物 **F** と化合物 **G** を反応させると、橙赤色の化合物 **I** が得られた。化合物 **I** の構造式を書け。

(以 上)