

解答に際して

**I** ~ **VI** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

**I**

問1～問5に答えなさい。【配点27】

問1 下の表は原子(a)～(g)の原子番号と質量数を示している。(1)～(3)に答えなさい。

原子	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
原子番号	6	6	9	11	14	17	17
質量数	12	13	19	23	28	35	37

- (1) (a)と(b)や(f)と(g)の関係にあるものを互いに何というか答えなさい。
- (2) (a)～(g)が電気的に中性の状態であるとき、(a)～(g)のうち中性子の数が電子の数と同じ原子をすべて選び、(a)～(g)の記号で答えなさい。
- (3) (c)の1価の陰イオンと同じ電子配置をもつ原子を①～④から選び、番号で答えなさい。

① Ar                      ② Ne                      ③ O                      ④ S

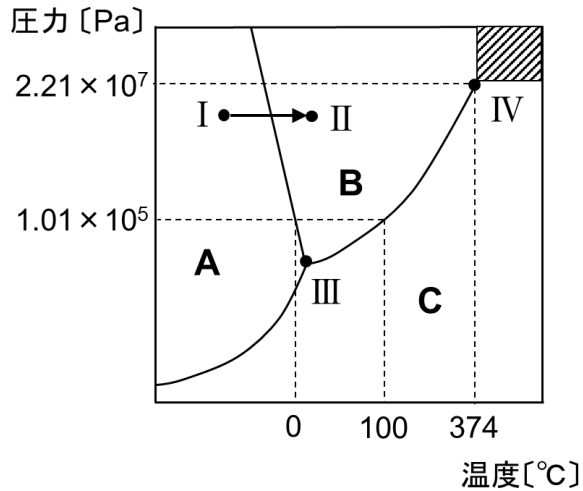
問2 次の文章中の **1** ～ **3** に適切な語句を入れなさい。

コロイド粒子が水に分散している溶液に強い光を照射すると、光の進路が明るく輝いて見える。これを **1** 現象という。コロイド粒子を限外顕微鏡で観察すると、コロイド粒子が不規則に動いているのが見える。これは、周囲の水分子が熱運動によりコロイド粒子に不規則に衝突するために起こる動きであり、**2** 運動という。

セッケンなどの疎水基と親水基を持つ界面活性剤を水に溶解させると、ある濃度以上で疎水基の部分を内側に、親水基の部分を外側に向けて集まり集合体をつくる。このようなコロイド粒子を **3** という。

問3 下図は水の状態図である。図中の3本の曲線で分けられた領域（斜線部を除く）A～Cでは、水は固体、気体、液体のいずれかの状態で存在する。

(1)～(3)に答えなさい。



(1) 状態AとCの境界となる曲線上（点IIIを除く）では、水はどのような状態か。①～⑥から1つ選び番号で答えなさい。

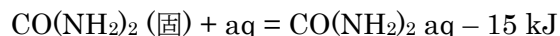
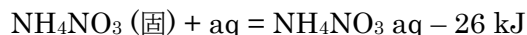
- ① 液体                      ② 固体                      ③ 気体  
 ④ 液体と固体が共存   ⑤ 固体と気体が共存   ⑥ 気体と液体が共存

(2) 図中の点Iから点IIへの状態変化を何というか。①～④から1つ選び番号で答えなさい。

- ① 昇華                      ② 融解                      ③ 蒸発                      ④ 凝固

(3) 水の温度と圧力がともに点IVよりも高い斜線部の領域においては、状態BとCの区別がつかない。一般に、このような状態にある物質を何というか答えなさい。

問4 市販の瞬間冷却パックの外袋の中には、水の入った内袋、硝酸アンモニウム、尿素が入っており、外袋を叩き水の入った内袋を破ると、硝酸アンモニウムと尿素が水に溶解する。この溶解反応の熱化学方程式は以下で表すことができる。(1), (2)に答えなさい。

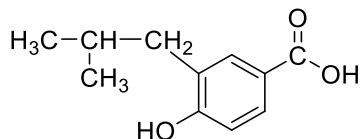


- (1) 硝酸アンモニウムの水への溶解反応は、発熱反応、吸熱反応のどちらであるかを答えなさい。
- (2) 硝酸アンモニウムが 1.5 mol、尿素が 1.0 mol である場合に、冷却パック全体で発生あるいは吸収する熱量[kJ]を求め、整数で答えなさい。ただし、硝酸アンモニウムと尿素はすべて水に溶解するものとする。

問5 (1), (2)に答えなさい。ただし、構造式は例にしたがって書きなさい。

- (1) 分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  で表される化合物の構造異性体の数を答えなさい。
- (2) 分子式  $\text{C}_4\text{H}_8$  で表される化合物には、1組のシス・トランス異性体が存在する。シス体、トランス体それぞれの構造式を両者の違いが分かるように書きなさい。

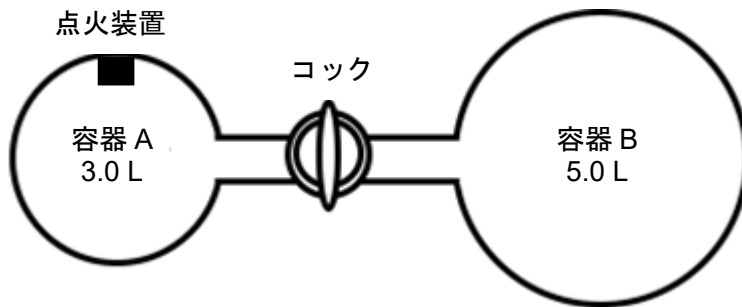
(例)



## II

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体として扱うものとする。【配点 9】

下図のように容積 3.0 L の耐圧密閉容器 A と容積 5.0 L の耐圧密閉容器 B がコック付の連結管でつながれた装置がある。このうち、容器 A には点火装置が付いている。はじめ容器内部は真空状態であり、コックは閉じられていた。なお、コック部分、連結管部分および点火装置が占める体積は無視できるものとする。



問 1 コックを閉じた状態で容器 A 中に酸素を封入し、温度 350 K、圧力  $1.0 \times 10^5$  Pa に保った。その後、容器 A 中の温度を 300 K にした時の酸素の圧力 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 2 コックを閉じた状態でいったん容器内を真空状態に戻し、容器 A 中に酸素、容器 B 中にメタンをそれぞれ圧力  $8.0 \times 10^5$  Pa、 $1.6 \times 10^5$  Pa になるまで封入した。その後コックを開き、十分な時間放置した。この時の酸素の分圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、温度は 300 K で一定とし、メタンと酸素は反応していないものとする。

問 3 問 2 の状態から点火してメタンを完全燃焼させた。燃焼後に温度を 300 K まで下げた時の容器内の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、生じた水の体積および水蒸気圧は無視できるものとする。

### Ⅲ

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 16】

塩素原子を含む化合物は、洗剤、漂白剤、消毒剤などに用いられている。このような化合物の1つとして次亜塩素酸ナトリウムがある。次亜塩素酸ナトリウムは、水溶液中で次亜塩素酸イオンとして存在し、その酸化作用によって殺菌や漂白を行うことができる。

ある塩素系液体漂白剤に含まれる次亜塩素酸ナトリウムの濃度を調べるために次の操作を行った。

**操作 1** 漂白剤 a **10.0 mL** を正確にとり、純水を加えて b **全量を正確に 100 mL** とした。

**操作 2** **操作 1** で調製した水溶液 **10.0 mL** を密栓できる三角フラスコに正確にとり、適量の純水を加えた。ここに十分量のヨウ化カリウムと適量の酢酸を加え密栓してよく振り混ぜ、暗所に放置してヨウ素を遊離させた。

**操作 3** **0.10 mol/L** チオ硫酸ナトリウム水溶液を用いて、**操作 2** 後の水溶液の滴定を開始した。溶液の褐色が薄くなったときに指示薬を加え、さらに滴下を続けたところ、滴定開始から **12.0 mL** 滴下したところで溶液の色が無色になったため、終点と判断した。

**問 1** 下線部 **a**, **b** で用いるガラス器具としてもっとも適切なものを①～⑥からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

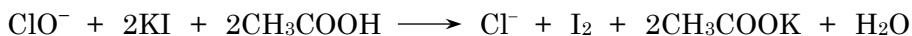
- |           |          |           |
|-----------|----------|-----------|
| ① メスシリンダー | ② ビーカー   | ③ ビュレット   |
| ④ メスフラスコ  | ⑤ 駒込ピペット | ⑥ ホールピペット |

問2 次亜塩素酸は塩素のオキソ酸の1つである。塩素のオキソ酸①～④のうち、酸としてもっとも強いものを選び、番号で答えなさい。

- ① HClO      ② HClO<sub>2</sub>      ③ HClO<sub>3</sub>      ④ HClO<sub>4</sub>

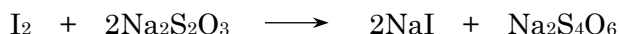
問3 次亜塩素酸ナトリウムを含む塩素系液体漂白剤と塩酸を含む酸性洗剤を混ぜると有毒な気体が発生するため注意が必要である。このときの次亜塩素酸ナトリウムと塩酸で起こる反応を化学反応式で示しなさい。

問4 操作2では、次の酸化還元反応が進行している。この反応前後での塩素原子の酸化数の変化を答えなさい。



問5 操作3で指示薬を加えると溶液が青紫色になった。用いた指示薬は何か答えなさい。

問6 操作1で調製した水溶液中の次亜塩素酸ナトリウムのモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字2桁で答えなさい。なお、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムは次のように反応する。

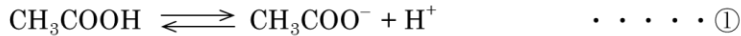


問7 はじめの塩素系液体漂白剤に含まれていた次亜塩素酸ナトリウムの質量パーセント濃度(%)を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、次亜塩素酸ナトリウムの式量を74.5、塩素系液体漂白剤の密度を1.0 g/cm<sup>3</sup>とする。

# IV

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  を  $2.7 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とし、必要なら  $\log_{10} 3 = 0.48$  を用いなさい。【配点 18】

酢酸は水溶液中、その一部が電離して、式①の電離平衡の状態にある。



式①の電離定数  $K_a$  は式②で表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad \dots\dots ②$$

ここで、酢酸の初濃度を  $C_a \text{ mol/L}$ 、電離度を  $\alpha$  とすると、酢酸は弱酸なので  $\alpha$  の値が 1 に比べて非常に小さく、 $1 - \alpha \doteq 1$  と近似できる。したがって、 $K_a$  は  $C_a$  と  $\alpha$  を用いて ア と表され、式①の平衡状態における  $[\text{H}^+]$  は  $C_a$  と  $K_a$  を用いて イ と表される。

a 初濃度  $C_a \text{ mol/L}$  の酢酸水溶液に、濃度が  $C_s \text{ mol/L}$  になるように酢酸ナトリウムを溶かした混合水溶液でも式②は成立する。ただし、酢酸ナトリウムを溶かしたことによる体積の変化は無視できるものとする。

この混合水溶液では、加えた酢酸ナトリウムはほぼ完全に電離し、生じた  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  により式①の平衡はさらに左へ移動するため、酢酸の電離はほぼ無視できる。したがって、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  は、それぞれ次のように表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \doteq \text{ウ} \text{ mol/L}, \quad [\text{CH}_3\text{COO}^-] \doteq \text{エ} \text{ mol/L}$$

よって、式②よりこの混合水溶液の  $[\text{H}^+]$  は式③より求めることができる。

$$[\text{H}^+] = \frac{\text{ウ}}{\text{エ}} \times K_a \quad \dots\dots ③$$

この混合水溶液には、b 少量の酸が加えられても pH をほぼ一定に保つはたらきがある。 加えられた  $\text{H}^+$  は、水溶液中に多量に存在する オ と反応して



**カ** を生成する。そのため、水溶液中の  $[H^+]$  がほとんど増加せず、pH もほとんど変化しない。

問1 文章中の **ア** ~ **エ** に適切な式を入れなさい。

問2 文章中の **オ** , **カ** に適切な化学式を入れなさい。

問3 0.27 mol/L 酢酸水溶液の pH を求め、小数第 1 位まで答えなさい。

問4 下線部 a の混合水溶液の pH を 5.0 に調節する場合、酢酸と酢酸ナトリウムの濃度比  $C_a : C_b$  をいくらにすればよいか。整数比で答えなさい。

問5 下線部 b のはたらきを何というか、答えなさい。

## V

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 16】

金属元素 A, B, C, D がある。これらは、マグネシウム、カルシウム、鉄、銅、およびアルミニウムのいずれかである。

A の単体を空気中で強熱すると、明るい光を放って燃焼する。A の単体は冷水とは反応しないが、高温の水蒸気と反応し水素を発生する。また、①A は炎色反応を示さない。

B の単体と少量の C の単体などとの合金は、軽量で機械的にも強い  である。また、D の単体はいろいろな金属と合金を作る。D の単体にクロムとニッケルなどを混ぜて作られる合金は  である。

いま、A, B, C, D のイオンのうち 1 種類だけ含む水溶液をそれぞれ試験管にとり、NaOH 水溶液を加えると、すべての試験管に沈殿が生じた。さらに②過剰の NaOH 水溶液を添加すると、B のイオンから生じた沈殿のみが溶解した。

③C の単体を濃硝酸と反応させると褐色の気体を発生して溶解し、水溶液の色は青色となった。D の単体を希硫酸と反応させると、水素を発生しながら溶け  を生成した。また、この水溶液は淡緑色を示した。

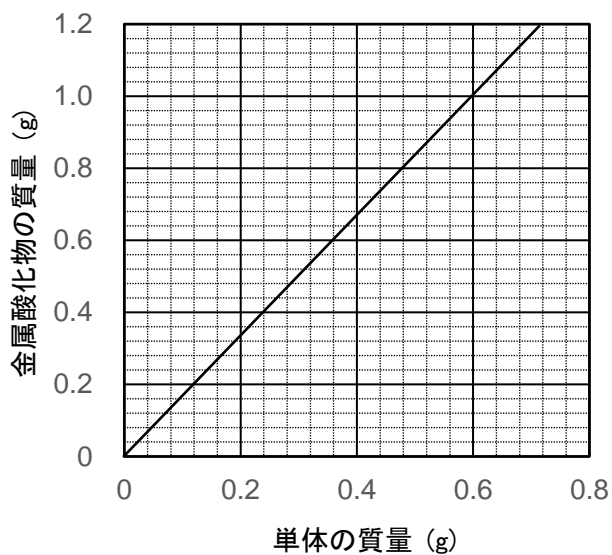
問 1 文章中の  ,  に適切な語句を、 に適切な化学式を入れなさい。

問 2 下線部①について、マグネシウム、カルシウム、鉄、銅、およびアルミニウムのうち、A の同族元素はどれか、元素記号で答えなさい。また、その元素の炎色反応の色を答えなさい。

問 3 下線部②の反応を化学反応式で示しなさい。

問 4 下線部③の反応を化学反応式で示しなさい。

問5 Aの単体を酸素気流中で、ある条件の下で完全に酸化した。下のグラフは、用いたAの単体の質量と、この反応で生成した金属酸化物の質量との関係を示したものである。Aの原子量を求め、整数で答えなさい。ただし、酸素の原子量を16とする。



# VI

図1, 図2に関する以下の問に答えなさい。なお, 構造式は例にしたがって書きなさい。【配点 14】

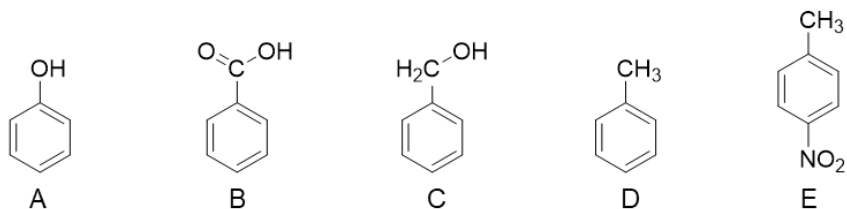


図 1

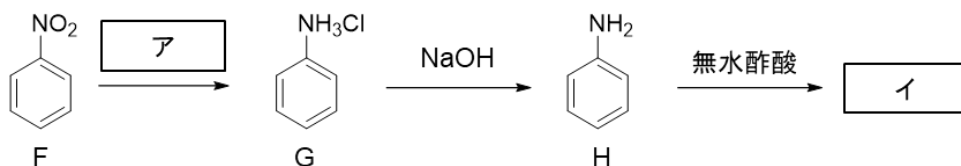


図 2

問 1 図 1 の A~E のうち, 酸としてもっとも強いものを選び, 記号で答えなさい。

問 2 A と H を検出する反応を①~④からそれぞれ 1 つ選び, 番号で答えなさい。

- ① ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると, 黄色の結晶が生じる。
- ② 塩化鉄 (III) 水溶液を加えると, 青~赤紫色を呈する。
- ③ さらし粉水溶液を加えると, 赤紫色を呈する。
- ④ フェーリング液を加えて加熱すると, 赤色の沈殿が生じる。

問 3 B の化合物名を書きなさい。

問4 常温でDに混酸を反応させると、Eが生成する。この反応条件において、Eの他にもっとも多く生じるEの構造異性体の構造式を書きなさい。

問5 図2の **ア** にあてはまる、FからGを合成する際に用いる試薬を①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① スズ，濃塩酸      ② 亜硝酸ナトリウム，塩酸      ③ 塩素  
④ 濃硫酸              ⑤ 過マンガン酸カリウム

問6 図2の **イ** にあてはまる芳香族有機化合物の構造式を書きなさい。

(例)

