

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6に答えなさい。【配点38】

問1 ～ に適切な語句あるいは数を入れなさい。

自然界に存在する窒素はほとんどが ^{14}N であるが、わずかに ^{15}N も存在している。これらの原子どうしを互いに といい、 の数が異なるため質量数は違うが化学的な性質はほぼ同じである。

^{14}N 原子は7個の電子を持っているが、そのうち不対電子の数は 個である。

問2 ～ に適切な語句あるいは化学反応式を入れなさい。

二酸化硫黄は 色で刺激臭を持つ有毒な気体であり、実験室では亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加えて発生させ、 置換で捕集する。

二酸化硫黄は酸化剤としても還元剤としても働き、硫化水素との反応では 剤として働く。この硫化水素との反応を化学反応式で表すと となる。

問3 (1), (2) に答えなさい。

電子は負の電荷をもつため、分子内の電子対どうしも互いに反発しあい分子内で最も離れた位置関係になろうとする。このため電子対どうしの反発は、分子の形や結合角に影響を及ぼす。

メタン分子では4組の共有電子対が互いに最も離れた位置関係をとるため、メタン分子は **ア** 形となり、 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ の結合角は約 109.5 度である。また、アンモニア分子には3組の共有電子対と1組の非共有電子対があり、互いに反発するため、アンモニア分子は **イ** 形となり、 $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ の結合角は約 106.7 度である。同様に水分子は折れ線形となり、 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の結合角は約 104.5 度である。

(1) **ア** , **イ** に適切な語句を入れなさい。

(2) 上の記述から判断して、次の a~c の3つの力を大きい順に並べたものはどれか、最も適切なものを①~⑥から選び番号で答えなさい。

a : 共有電子対どうしが反発する力

b : 非共有電子対どうしが反発する力

c : 共有電子対と非共有電子対が互いに反発する力

- ① $a > b > c$ ② $a > c > b$ ③ $b > a > c$
④ $b > c > a$ ⑤ $c > a > b$ ⑥ $c > b > a$

問4 エタン(a), エチレン(b), アセチレン(c)のうち, 次の(ア)～(エ)の記述に該当する化合物を選び a～c の記号で答えなさい. ただし, 複数該当するときはすべて選びなさい.

(ア) 分子内の水素原子の数が最も少ない.

(イ) 炭素原子間の距離が最も長い.

(ウ) 臭素水に通すと臭素の赤褐色が消える.

(エ) 触媒を用いて酢酸を作用させると酢酸ビニルが生成する.

問5 (1)～(3)に答えなさい. ただし, 塩化ナトリウムは水溶液中ですべて電離しているものとする. また, 温度を 300 K, 気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする.

内径が一定で左右対称の U 字管の中央部を半透膜で仕切って, 片側に純水を, もう一方には 0.10 mol/L スクロース水溶液を液面が同じ高さになるように入れた. 長時間放置すると片方の液面は上がり, 他方の液面は下がった.

(1) 液面が上がったのは純水側かスクロース水溶液側か, どちらか答えなさい.

(2) 両側の液面の高さが等しくなるように上昇した側の液面に圧力を加えた. このとき加えた圧力 [Pa] を求め, 有効数字 2 桁で答えなさい.

(3) 純水をおある濃度の塩化ナトリウム水溶液に替えると長時間放置しても両側の液面の高さは同じであった. このときの塩化ナトリウム水溶液の濃度 [mol/L] を求め, 有効数字 2 桁で答えなさい.

問6 (1), (2)に答えなさい。ただし、温度による容器の容積変化は無視できるものとする。また、気体は全て理想気体とし、300 Kでの飽和水蒸気圧を 3.5×10^3 Pa, 気体定数を 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K)とする。

内容積 4.0 L の耐圧密閉容器に温度 300 K で 0.040 mol のエタンと 0.20 mol の酸素を入れた。

① 容器内の温度を 600 K にして、混合気体中のエタンを完全燃焼させたところ、燃焼後の容器内の物質はすべて気体であった。

次に、② 容器内の温度を 300 K に低下させたところ、容器内には液体の水が生じた。

(1) 下線部①の場合について、容器内の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

(2) 下線部②の場合について、容器内の全圧 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、容器内に存在する水の体積および気体の水への溶解は無視できるものとする。

II

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、強酸、強塩基は完全に電離するものとする。また、水のイオン積を $1.00 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$, $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$ とする。【配点 16】

$1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ のシュウ酸水溶液を 200 mL 調製するために次の操作を行った。シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (式量 126.00) の結晶 g を正確に量りビーカーに入れ、適量の純水で完全に溶解した後、200 mL の に移した。その際、ビーカーに付着した溶液は少量の純水で数回洗い、この溶液も に入れ、さらに標線まで純水を加えてよく振り混ぜた。

調製したシュウ酸水溶液 20.0 mL を コニカルビーカーに で正確に量りとり、約 0.25 mol/L の水酸化カリウム水溶液を から徐々に滴下した。その滴定結果にもとづき、水酸化カリウム水溶液を希釈して、その濃度を正確に $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ とした。

次に、強酸と強塩基による中和滴定の終点付近での pH 変化を調べるため、正確に調製した $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 硝酸を 20.0 mL とり、攪拌しながら先に調製した (a) $2.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 水酸化カリウム水溶液を徐々に滴下し、pH を測定していった。

問 1 に入る適切な数値を有効数字 3 桁で答えなさい。

問 2 ～ に入る最も適切なガラス器具の名称を、それぞれ答えなさい。

問 3 ～ および下線部 (エ) のガラス器具のうち、内部が純水でぬれていてもそのまま使用できるものはどれか。すべて選り記号で答えなさい。

問4 下線部(a)の操作を行っていったとき、次の(1)、(2)の時点でのpHを小数第1位まで答えなさい。ただし、滴下後の水溶液の体積は30.0 mLとみなしてよい。

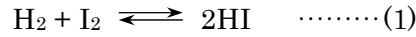
(1) 水酸化カリウム水溶液を9.90 mL滴下したとき。

(2) 水酸化カリウム水溶液を10.10 mL滴下したとき。

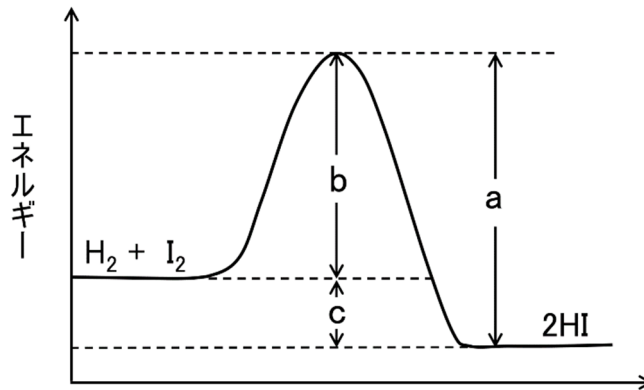
Ⅲ

次の文章を読み，間に答えなさい。【配点 10】

密閉容器に水素とヨウ素を入れ，ある一定温度に保つとヨウ化水素が生じて次の (1) 式に示す平衡状態となる。



また，下図はヨウ化水素の生成反応である (1) 式の正反応の経路とエネルギーの関係を模式的に示したものである。



(1) 式の正反応の方向

問 1 (1) 式の正反応の活性化エネルギーと反応熱は，図中の a ~ c のどれに相当するか。それぞれ記号で答えなさい。

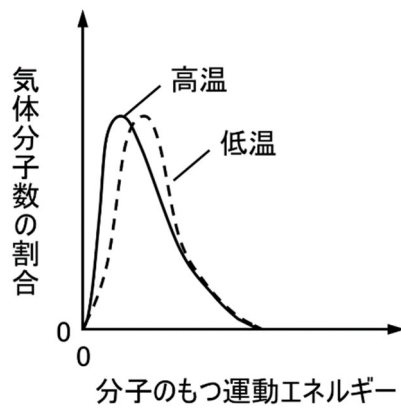
問 2 活性化エネルギーを小さくする触媒は，正反応，逆反応の速度をどのように変化させるか。正しい組合せを①~⑧から選び，番号で答えなさい。

	正反応の速度	逆反応の速度		正反応の速度	逆反応の速度
①	小さくする	小さくする	⑤	小さくする	影響しない
②	大きくする	大きくする	⑥	大きくする	影響しない
③	小さくする	大きくする	⑦	影響しない	小さくする
④	大きくする	小さくする	⑧	影響しない	大きくする

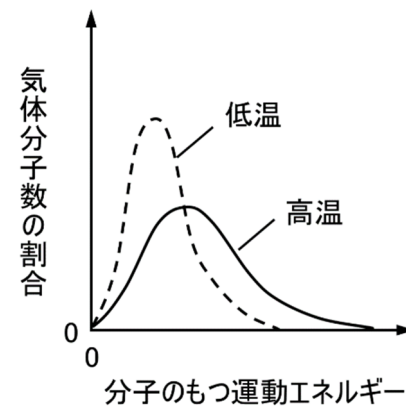
問3 白金触媒を加えたところ、(1)式の逆反応の活性化エネルギーは 58 kJ/mol となった。白金触媒は活性化エネルギー $[\text{kJ/mol}]$ をどれだけ低下させたか。整数で答えなさい。ただし、触媒を加えない場合の(1)式の正反応の活性化エネルギーを 174 kJ/mol 、ヨウ化水素の生成熱を 4.5 kJ/mol とする。

問4 気体分子の運動エネルギー分布に与える温度の影響を示した図として適切なものを①～④から選び、番号で答えなさい。

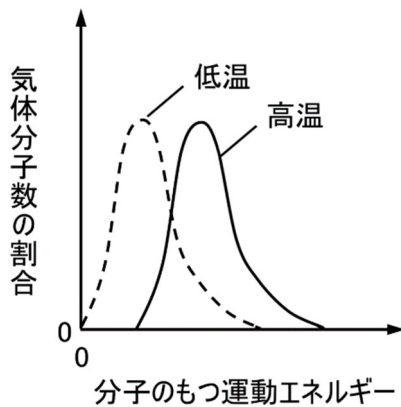
①



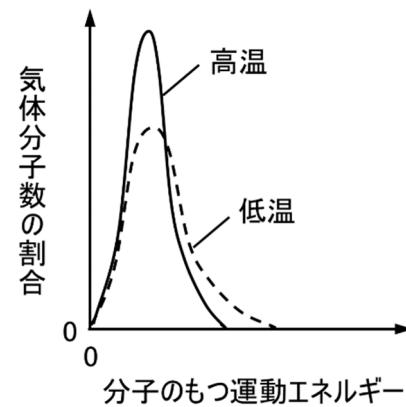
②



③



④



IV

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 12】

元素 A, B, C, D は、周期表の第 4 周期 6 族, 7 族, 8 族, 11 族の元素のいずれかである。いずれの元素も複数の酸化数をとることが知られている。それらの化合物がおもにとる酸化数は、A では +2, +4, +7, B では +3, +6, C では +1, +2, D では +2, +3 である。

① A や B が酸素と結合して最高酸化数をとっている酸のカリウム塩は、硫酸酸性下で強い酸化力を示すことがよく知られている。 これらの A, B それぞれを含むカリウム塩の水溶液に水酸化バリウム水溶液を加えたところ、② B の化合物で黄色の沈殿が生じた。

③ C の単体は濃硝酸には気体を発生しながら溶解したが、塩酸には溶けなかった。 C を濃硝酸に溶かした液の炎色反応を観察したところ、青緑色を呈した。

④ D の単体は濃硝酸には溶けなかったが、 ⑤ 希硫酸には気体を発生しながら溶解した。 この D が溶解した液を濃縮して得られた青緑色の固体を回収し、水に溶解して硝酸を加えたところ、液の色が淡緑色から黄褐色に変化した。

問 1 下線部①の化合物のうち、元素 A の化合物が硫酸酸性下で酸化剤として働く際の反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

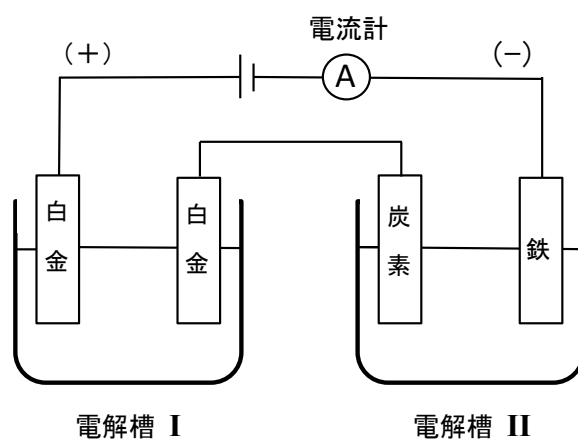
問 2 下線部②の黄色沈殿は何か、化学式で答えなさい。

- 問3 下線部③の C の単体が濃硝酸に溶ける反応を化学反応式で示しなさい.
- 問4 下線部④の D の単体が濃硝酸に溶けない理由を簡潔に述べなさい.
- 問5 下線部⑤の D の単体が希硫酸に溶ける反応を化学反応式で示しなさい.
- 問6 元素 A~D のように周期表の 3 族~11 族に属し, 最外殻電子の数が 1 個
または 2 個の元素を総称して何と呼ぶか答えなさい.

V

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、銀の原子量を 108, ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。また、流れた電流はすべて電気分解に使われたものとする。【配点 10】

下図のように電解槽 I に硝酸銀水溶液, 電解槽 II に塩化ナトリウム水溶液をそれぞれ十分量入れた装置を組み立てた。この装置を用いて, 2.00 A の電流で 32 分 10 秒間電気分解を行ったところ, 各電極において気体あるいは金属が生成した。



- 問 1 電解槽 I の陽極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。
- 問 2 この電気分解で流れた電気量 [C] を求め, 有効数字 3 桁で答えなさい。
- 問 3 電解槽 I の陰極で析出した金属の質量 [g] を求め, 有効数字 3 桁で答えなさい。

問4 電解槽Ⅱの陰極で発生した気体の物質量〔mol〕を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問5 電解槽Ⅱで起こる反応を利用したイオン交換膜法といわれる方法を用いて、ある物質が工業的に製造されている。この方法で製造される固体の物質は何か、化学式で答えなさい。

VI

次の文章を読み、間に答えなさい。【配点 14】

化合物 **A**, **B**, **C**, **D** は、ベンゼン環中の水素原子が 1 個あるいは 2 個置換された構造を持ち、すべて同一の分子式 $C_8H_{10}O$ で表される化合物である。 **A**~**D** の構造を決定するために、以下の**実験 1**~**5**を行った。

実験 1 **A**~**D** をそれぞれジエチルエーテルに溶解し、その液に単体のナトリウムを加えたところ、**B**, **C**, **D** で気体が発生したが、**A** では何も変化がなかった。

実験 2 **A**~**D** のそれぞれに、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、**C** のみが青~青紫色に呈色した。

実験 3 **A** はメタノールとベンジルアルコールを分子間で脱水縮合させることによって得られた。

実験 4 **B** は分子内に不斉炭素原子を持たず、ヨードホルム反応も見られなかった。また **B** の分子内脱水反応で得られた化合物 **E** はプラスチック (ポリスチレン) の原料となることが分かった。

実験 5 **C**, **D** のそれぞれに鉄粉を触媒として塩素を反応させると、ベンゼン環の水素原子 1 個が塩素原子 1 個に置換した化合物が得られた。いずれの場合も、2 種類の構造異性体を得られた。(ただし、この塩素化はベンゼン環の位置に依存せず均等に起こったものとする。)

問1 実験1で用いたジエチルエーテルを含む次の化合物①～⑤のうち、最も沸点が低いものはどれか、番号で答えなさい。

- ① ジエチルエーテル ② エタノール ③ 水
④ グリセリン ⑤ 酢酸

問2 実験2で用いた塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色反応を示さないものは、次の化合物①～④のうちどれか、番号で答えなさい。

- ① *o*-クレゾール ② サリチル酸 ③ サリチル酸メチル
④ アセチルサリチル酸

問3 化合物A～Dのうち、相対的に最も強い酸である化合物はどれか、記号で答えなさい。

問4 化合物A～Dの構造式をそれぞれ例にならって書きなさい。

(例)

