


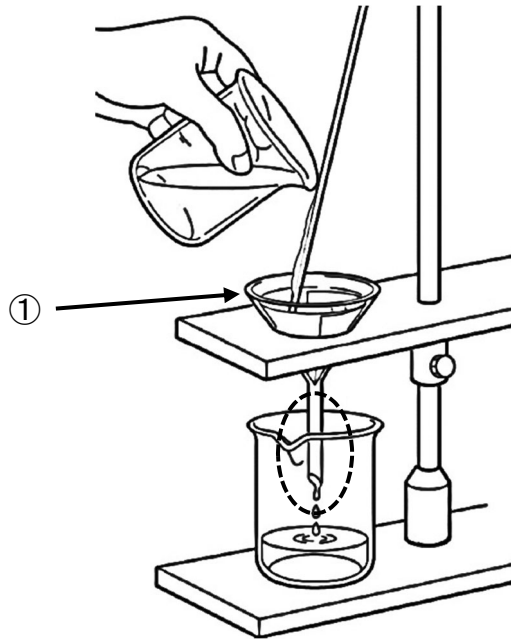
解答に際して


I ~ **VII** 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 48】

問1 下図は、混合物を分離する操作の1つを示しているが、で囲った箇所には、操作上の誤りがある。(1)～(4)に答えなさい。



- (1) 図に示された分離操作を何というか答えなさい。
- (2) 図の①のガラス器具の名称を答えなさい。
- (3) で囲った箇所の操作上の誤りを簡潔に述べなさい。
- (4) 次の混合物から()内の物質を分離しようとするとき、この操作のみでは分離することができないものをすべて選び記号で答えなさい。
 - (a) 砂の混ざった水(砂)
 - (b) 少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウム水溶液(硝酸カリウム)
 - (c) 牛乳(牛乳の成分であるタンパク質)

問2 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

水素イオンは、水分子中の酸素原子の非共有電子対1組を提供され、水分子と結合してオキソニウムイオンとなる。生じたオキソニウムイオンの形状はアンモニアと同様の 形をしている。

このように一方の原子の非共有電子対を他の原子に提供することによりできる共有結合を 結合という。

(1) , に適切な語句を入れなさい。

(2) オキソニウムイオンの電子式を書きなさい。

問3 次の文章の , に化学式, に色, に物質の三態のうちどの状態かを入れなさい。

ハロゲンの単体の中で, が最も酸化力が強い。常温常圧で, 塩素は の気体であり, 臭素は赤褐色の である。ハロゲン化水素の水溶液の中で, の水溶液は唯一の弱酸である。

問4 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

$A + 3B \longrightarrow C + D$ で表される反応がある。温度を一定に保ち、A のモル濃度 $[A]$ $[\text{mol/L}]$ および B のモル濃度 $[B]$ $[\text{mol/L}]$ を変えて C の生成速度 v $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$ を測定したところ、下表に示す結果が得られた。

	A のモル濃度 $[A]$ $[\text{mol/L}]$	B のモル濃度 $[B]$ $[\text{mol/L}]$	C の生成速度 v $[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$
実験 1	0.10	0.10	2.0×10^{-3}
実験 2	0.10	0.30	6.0×10^{-3}
実験 3	0.30	0.30	5.4×10^{-2}

- (1) この生成反応の速度定数を k とし、生成速度 v を k 、 $[A]$ 、 $[B]$ を用いて示しなさい。
- (2) (1) の速度定数 k を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、単位は記さなくてよい。

問5 (1) ~ (3) の反応はどの種類の反応に属するか。(ア) ~ (オ) から適切なものをそれぞれ 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 置換反応 (イ) 付加反応 (ウ) 脱離反応
(エ) 重合反応 (オ) 縮合反応

- (1) エタノールに濃硫酸を加え加熱するとエチレンが生成した。
- (2) 白金を触媒としてアセチレンに水素を作用させるとエタンが生成した。
- (3) メタンに塩素を混ぜて光を照射するとテトラクロロメタンが生成した。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 21】

酸素は陰性が強く、多くの元素と直接反応して酸化物を与える。酸化物には、塩基と反応して塩を生じる酸性酸化物、酸と反応して塩を生じる塩基性酸化物、酸、塩基どちらも反応する **ア** 酸化物と呼ばれるものがある。

酸性酸化物と水との反応で生じる酸の多くは、**イ** と呼ばれるものである。同一元素の **イ** でも、中心元素に結合している酸素の数が異なることがある。その場合、水素原子と結合していない酸素原子の数が多いほど酸性が強い。

問 1 **ア**，**イ** に適切な語句を入れなさい。

問 2 塩基性酸化物を①～⑥からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 二酸化ケイ素 ② 酸化亜鉛 ③ 酸化マグネシウム
④ 酸化銅(II) ⑤ 二酸化炭素 ⑥ 酸化スズ(II)

問 3 下線部の例として、(A) 酸化アルミニウムと塩酸との反応、(B) 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応をそれぞれ化学反応式で示しなさい。

問 4 酸性酸化物である十酸化四リンが水と反応してリンの **イ** が生じる反応を化学反応式で示しなさい。

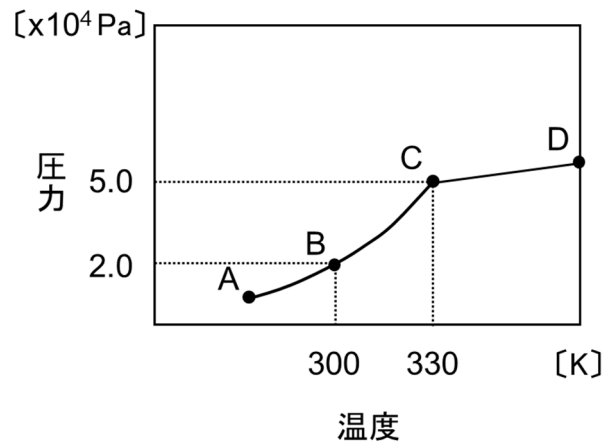
問 5 塩素の **イ** のうち、最も酸性が強いものの名称を答えなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、気体については理想気体の状態方程式が成り立ち、また、液体の体積は無視できるものとする。

【配点 12】

ある純物質 1.0 mol の液体をピストン付の容器に封入すると一部が蒸発した。ピストンを固定して容積を一定に保ったまま、温度をゆっくり上げながら温度と容器内の圧力を測定したところ、下図のグラフが得られた。AC 間は物質の蒸気圧曲線と一致し、CD 間は直線となった。



次に、容器内の温度を最初の温度まで冷却し、ピストンを引き、容積を増加させて固定したまま、上記の操作を再び行った。

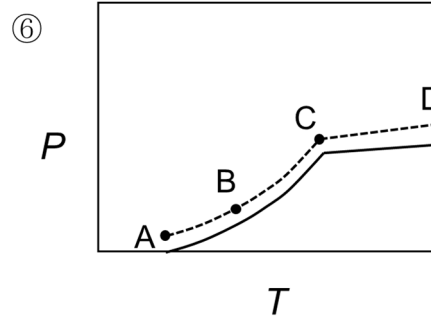
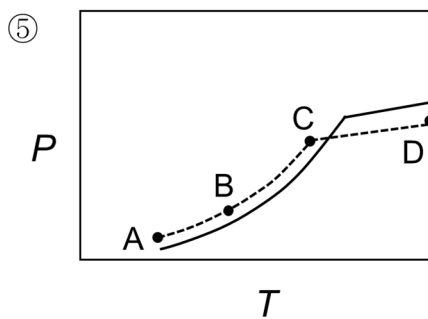
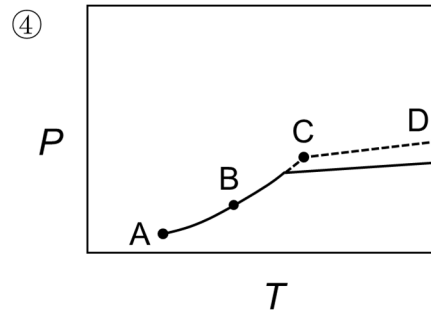
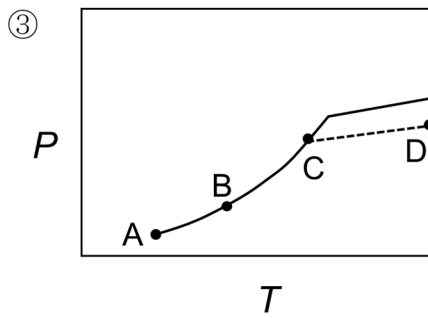
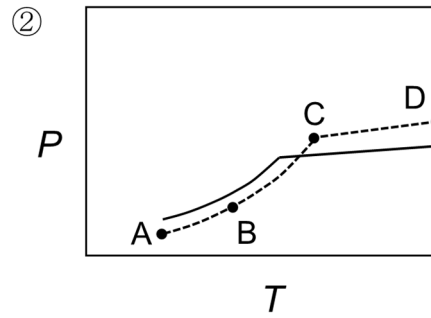
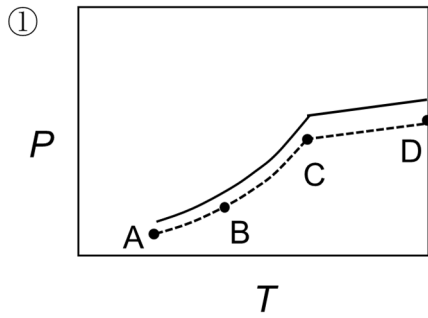
問1 図中の CD 間でこの物質はどのような状態で存在しているか。①～③から選び、番号で答えなさい。

- ① 液体のみ ② 気体のみ ③ 液体と気体が共存

問2 ピストンを引く前の条件で温度を上昇させ、400 K に達したときの容器内の圧力 [Pa] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問3 B の状態 (2.0×10^4 Pa, 300 K) において、容器内に液体の状態が存在する物質の物質質量 [mol] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問4 次の①～⑥のグラフのうち、下線部の操作を行ったときの温度 T と圧力 P の関係を実線で示しているものはどれか。もっとも近いものを選び、番号で答えなさい。なお、容積を増加させる前の温度 T と圧力 P の関係を点線で示した。

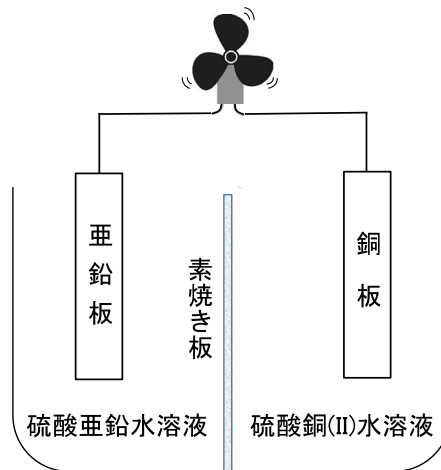


IV

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、原子量は $\text{H} = 1.00$, $\text{O} = 16.0$, $\text{S} = 32.0$, $\text{Cu} = 63.5$, $\text{Zn} = 65.4$ とする。【配点 21】

素焼き板で仕切った容器を用い、硫酸銅(II)水溶液に浸した銅板と、硫酸亜鉛水溶液に浸した亜鉛板とを導線をつなぐと電池ができる。この電池は 1 電池と呼ばれ、2 板が正極になる。1 電池の 3 は、両極間の電位差（電圧）に相当する約 1.1 V である。

下図は 1 電池にプロペラモーターを接続した装置である。プロペラが 80 分 25 秒間回転したところで、両電極の質量を調べたところ変化が生じていた。また、この放電の間に流れた電流は平均で 20.0 mA であった。



問1 1 ~ 3 に適切な語句を入れなさい。

問2 素焼き板の代わりにガラス板を仕切りとして用いたところ、電流が流れなかった。その理由を簡潔に述べなさい。

問3 放電時に正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。

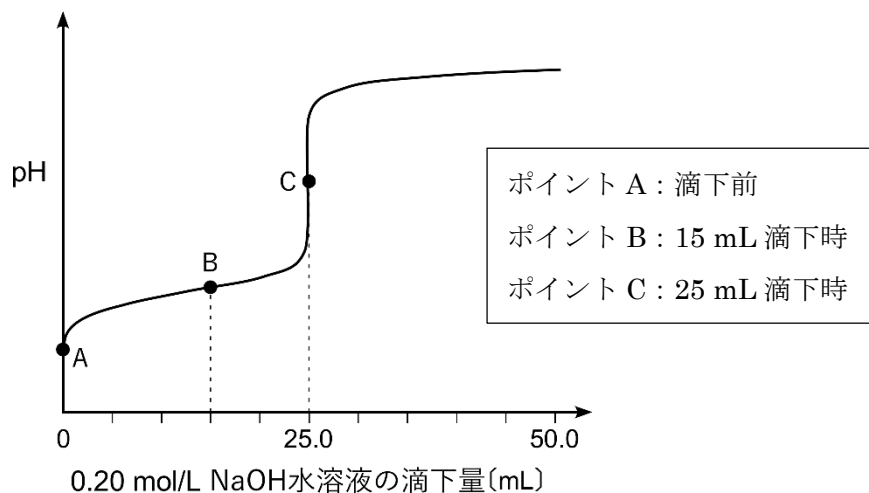
問4 この放電で流れた電気量 [C] を求め、有効数字3桁で答えなさい。

問5 放電後、負極の質量は、放電前と比べ何 mg 変化したか、有効数字3桁で答えなさい。

V

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 は $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積 K_w は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。必要なら、 $\log_{10}2 = 0.30$ 、 $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい。【配点 12】

下図は、 0.20 mol/L 酢酸水溶液 25 mL に、同濃度の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの滴定曲線である。



酢酸は、水溶液中ではその一部が電離して、(1) 式の電離平衡の状態にあり、その電離定数 K_a は (2) 式で表される。



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

図中のポイント B では、未反応の酢酸と中和反応で生じた酢酸イオンが共存している。この溶液においても、酢酸の電離平衡が成り立っており、(2) 式も成立している。

このポイント B における溶液には中和反応で生じた酢酸イオンが多量に存在するため、酢酸だけの場合と比べて、(1) 式の電離平衡は大きく左に偏っており、酢酸はほとんど電離していない。そのため、酢酸は中和されずに残っている量そ

のものとみなせる。一方、酢酸イオンの も酢酸が存在するためほとんど起こらない。そのため、酢酸イオンの物質量は加えた水酸化ナトリウムの物質量に等しいとみなせる。これらのことと、電離定数 K_a からポイント B での pH を求めることができる。

ポイント C では、酢酸はすべて中和されているため酢酸ナトリウムの水溶液とみなせ、酢酸イオンの によって、その液性は弱塩基性を示す。

問 1 ポイント A での水溶液の pH を求め、小数第 1 位まで答えなさい。

問 2 に適切な語句を入れなさい。

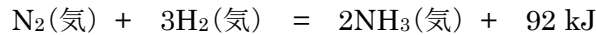
問 3 ポイント B における酢酸のモル濃度 [mol/L] を求め、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 4 ポイント B での水溶液の pH を求め、小数第 1 位まで答えなさい。

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 15】

窒素と水素からアンモニアを合成する反応は可逆反応であり、その熱化学方程式は次式で表される。



平衡状態でのアンモニアの生成量を多くするには、正反応が進む向きに平衡を移動させればよい。つまり、化学平衡の面では、・の条件がよい。

気体の反応では、反応の進行に伴う濃度変化を測定するよりも圧力変化を測定する方が容易なので、平衡状態での各気体の分圧を用いて平衡定数を表すことがある。これを圧平衡定数 K_p という。窒素、水素、アンモニアのそれぞれの分圧を P_{N_2} , P_{H_2} , P_{NH_3} とすると、これらを用いて K_p は次式で表される。

$$K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2})(P_{\text{H}_2})^3}$$

問 1 文章中の , に入る適切な語句の組合せを①～④から選び、番号で答えなさい。

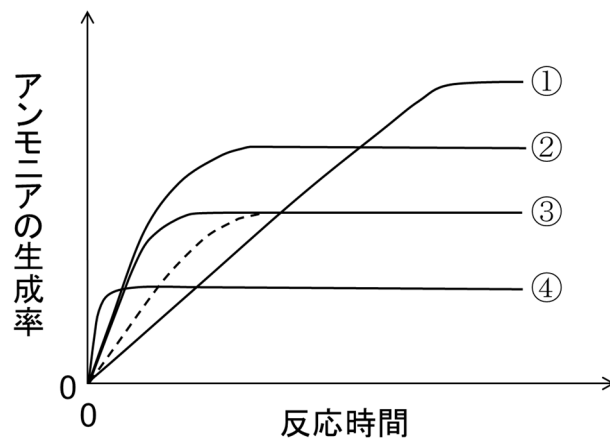
	ア	イ
①	低温	低圧
②	低温	高圧
③	高温	低圧
④	高温	高圧

問2 密閉容器に窒素と水素を、分圧がそれぞれ $2.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、 $5.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ になるように入れ、ある温度に保ったところ、平衡に達して全圧が $5.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ となった。この平衡状態での窒素の分圧 [Pa] を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問3 問2の温度における圧平衡定数 K_p [Pa^{-2}] を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問4 アンモニアは工業的には四酸化三鉄を主成分とした触媒を用いて合成されている。このアンモニアの工業的製法は何と呼ばれているか、答えなさい。

問5 下のグラフ中の破線は問2の反応条件における反応時間とアンモニアの生成率の関係を示している。図中の①～④のうち、触媒を用いて行った場合のアンモニアの生成率の変化として適切なものはどれか。1つ選び、番号で答えなさい。ただし、触媒の有無以外の反応条件は問2の場合と同じとする。



VII

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、原子量は $C = 12$, $H = 1$, $O = 16$ とする。なお、構造式は例にならって書きなさい。【配点 21】

有機化合物 **A** は分子式 $C_{17}H_{22}O_6$ で表され、不斉炭素原子を 1 つもつ化合物である。その **A** の構造決定のために、以下の**実験 1**～**5**を行った。

実験 1 1 mol の **A** に炭酸水素ナトリウムを十分に反応させると、気体が 1 mol 発生した。

実験 2 **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱して完全に加水分解した後、その液を酸性にすると化合物 **B**, **C** および **D** が物質として、1 : 1 : 1 の割合で得られた。

実験 3 **B** は加熱すると容易に脱水し、化合物 **E** が生成した。また、**E** は酸化バナジウム(V)を触媒として用いてナフタレンを酸化すると合成できた。

実験 4 **C** は不斉炭素原子をもたず分子式 $C_4H_{10}O_2$ で表されることが分かった。**C** を 1 mol 含む溶液に濃硫酸を加え加熱すると 2 mol の水が脱水し、シストランス異性体をもたない分子式が C_4H_6 の化合物 **F** が生成した。

実験 5 **D** は分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表される不斉炭素原子を 1 つもつ化合物であることが分かった。また **D** を濃硫酸存在下メタノールと共に加熱すると、分子量が 14 増えた化合物が生成した。

問1 以下の化合物 (ア) ~ (オ) のうち、**実験1**と同様に、1 mol の化合物に対して炭酸水素ナトリウムを十分に反応させたとき、気体が 1 mol 発生する化合物はどれか。1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) サリチル酸メチル (イ) シュウ酸 (ウ) 安息香酸
(エ) 酢酸ビニル (オ) マレイン酸

問2 **実験3** で用いたナフタレンの構造式、および反応で生成した化合物 **E** の構造式をそれぞれ書きなさい。

問3 **実験4** で得られた化合物 **F** の構造式を書きなさい。

問4 **実験5** で行った反応の名称を次の①~⑤から選び、番号で答えなさい。

- ① ニトロ化 ② ジアゾ化 ③ アセチル化
④ エステル化 ⑤ けん化

問5 化合物 **A** の構造式を書きなさい。ただし、鏡像異性体は考慮しなくてよい。

(例)

