

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

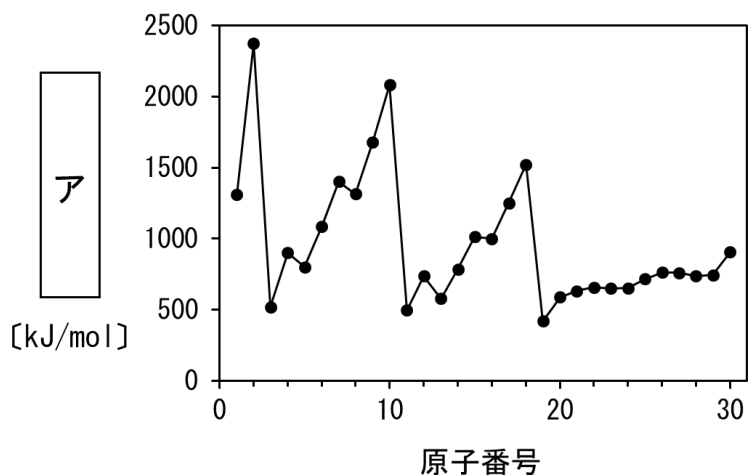
問1～問7に答えなさい。【配点 66】

問1 次の①～⑧の物質から純物質を3つ選び、番号で答えなさい。

- ① ホルマリン ② ナフサ ③ 塩酸 ④ ナフタレン
 ⑤ 鉄鉱石 ⑥ 氷 ⑦ 希硫酸 ⑧ 酸化チタン(IV)

問2 次の文章の **ア** ～ **エ** に適切な語句を入れなさい。

下図は原子の **ア** を原子番号の順に示したものである。同一周期の元素では原子番号の増加にともない、多少の増減があるものの **ア** は増加している。これは原子番号の増加とともに、原子核の **イ** を引きつける力が強くなるためである。同じ理由から、貴ガス（希ガス）を除く同一周期の元素の原子半径は、原子番号の増加にともない **ウ** なる。原子番号 21 から 29 までは **ア** の変化が小さく、これらの元素は **エ** 元素とよばれている。



問3 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

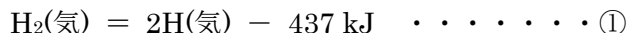
アルミニウムの単体は、ボーキサイトから得られる酸化アルミニウムを氷晶石とともに 電解して製造される。このときアルミニウムの単体が 極側に生じる。

(1) , に適切な語句を入れなさい。

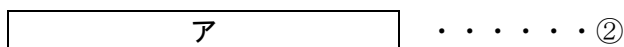
(2) この電解を 20.0 A で 8 時間 2 分 30 秒間行ったとき、アルミニウムの単体は何 g 生じるか、整数で答えなさい。ただし、アルミニウムの原子量は 27.0、ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol とする。なお、通じた電流はすべて電極反応に使われたものとする。

問4 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

共有結合を切断するために必要なエネルギーを結合エネルギーといい、結合1 molあたりの熱量で表す。水素分子の結合エネルギーは437 kJ/molであり、これは熱化学方程式①で表される。



黒鉛から気体状の炭素原子を生成させるためには、1 molあたり715 kJの熱量が必要であり、これは熱化学方程式②で表される。



また、メタンの生成熱は75 kJ/molであり、これは熱化学方程式③で表される。



メタンは互いに等価なC-H結合だけから構成されており、熱化学方程式①～③を用いると、その結合エネルギーは $\boxed{\text{イ}}$ kJ/molと計算される。

- (1) 下線部のような固体が気体になる状態変化を何というか、答えなさい。
- (2) $\boxed{\text{ア}}$ に熱化学方程式を入れなさい。
- (3) $\boxed{\text{イ}}$ に入る数値を整数で答えなさい。

問5 亜鉛は塩酸と反応しても水酸化ナトリウム水溶液と反応しても同じ気体を発生する。(1)～(3)に答えなさい。

(1) 発生する気体は何か，化学式で答えなさい。

(2) 発生する気体の捕集方法として最も適切な方法の名称を答えなさい。

(3) 亜鉛のように酸とも強塩基とも反応して気体を生じる金属を何というか，答えなさい。

問6 セルロースに関する文章を読み、(1)～(4)に答えなさい。

植物の細胞壁の主成分であるセルロースは、 β -グルコースの1位と4位のヒドロキシ基どうしの間で脱水縮合した **ア** 結合でつながった高分子化合物である。セルロースの分子は隣り合うグルコース単位が交互に糖の環平面の上下の向きを変えながらつながっているため、分子全体では **イ** 状構造をしている。このため、セルロース分子どうしが近接しやすく、分子間に多くの **ウ** 結合が形成され、強い繊維状の物質となる。

(1) **ア** に入る適切な語句を①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① ペプチド ② グリコシド ③ エステル ④ アミド

(2) **イ** に入る適切な語句を①～④から1つ選び、番号で答えなさい。

- ① らせん ② 直線（直鎖） ③ 環 ④ 球

(3) **ウ** に適切な語句を入れなさい。

(4) セルロースをシュワイツァー試薬で溶かし、これを細孔から希硫酸中に押し出して得られる再生繊維の名称を答えなさい。

問7 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

五酸化二窒素は、化学反応式 $2\text{N}_2\text{O}_5 \longrightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ で分解する。

温度を一定に保ち、この反応を開始してから、10分ごとに N_2O_5 の濃度を測定したところ、下表に示す結果が得られた。

表 N_2O_5 の分解反応における N_2O_5 の濃度と反応速度の時間変化

時間 [min]	0	10	20	30
N_2O_5 の濃度 [N_2O_5] [mol/L]	1.24×10^{-2}	0.92×10^{-2}	0.68×10^{-2}	0.50×10^{-2}
N_2O_5 の平均濃度 $\overline{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ [mol/L]		1.08×10^{-2}	a	0.59×10^{-2}
平均の反応速度 \bar{v} [mol/(L·min)]		0.32×10^{-3}	0.24×10^{-3}	b

- (1) 表の空欄 **a**, **b** に入る数値を求め、有効数字2桁で答えなさい。
- (2) この分解反応においては、平均濃度 $\overline{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ と平均の反応速度 \bar{v} との間に、式 $\bar{v} = k \overline{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ で表される関係がある。この比例定数 k を何とよぶか、答えなさい。
- (3) 0～10分における平均濃度 $\overline{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ と平均の反応速度 \bar{v} を用いて、この温度での k の値を求め、単位とともに有効数字2桁で答えなさい。

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 16】

薬品や肥料の製造において原料として広く用いられるアンモニアと硝酸は、工業的には次のように製造されている。①アンモニアは鉄を主成分とした触媒を用いて、窒素と水素から直接合成される。硝酸は②アンモニアと酸素から酸化物を生成させ、さらに酸化させた後に水と反応させて合成される。このような硝酸の工業的製法をオストワルト法という。

問 1 下線部①に示されるアンモニアの工業的製法を何というか、答えなさい。

問 2 下線部②の化学反応において工業的に用いられる触媒は何か、化学式で答えなさい。

問 3 下線部②で生成する酸化物は何か、化学式で答えなさい。

問 4 実験室において、アンモニアは塩化アンモニウムと水酸化カルシウムとの反応で得ることができる。この反応の化学反応式を書きなさい。

問 5 アンモニアから硝酸を製造するオストワルト法の反応を、1つの化学反応式で書きなさい。

Ⅲ

3種類の気体をそれぞれ容積の異なる密閉容器に封入し、温度を 400 K にしたところ、下表に示す密度となった。以下の間に答えなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, 気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。【配点 15】

表 密閉容器の容積と各気体の密度 (温度 : 400 K)

気体	水素	酸素	二酸化炭素
密閉容器の容積 [L]	0.500	1.50	2.00
密度 [g/L]	3.00	16.0	5.50

問 1 密閉容器内における圧力が最も高い気体はどれか、化学式で答えなさい。

問 2 密閉容器内において分子数が最も少ない気体はどれか、化学式で答えなさい。また、その物質質量は何 mol か、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 表の状態にある酸素と二酸化炭素の全量を 10.0 L の密閉容器にうつして封入し、温度を 400 K にして、均一になるまで放置した。(1), (2) に答えなさい。

(1) このときの酸素の分圧は何 Pa か、有効数字 2 桁で答えなさい。

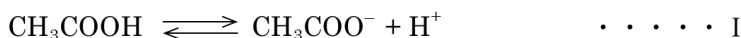
(2) 温度を 300 K とすると、密閉容器内の二酸化炭素の分圧は何 Pa になるか、有効数字 2 桁で答えなさい。

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 は $2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とし、必要なら $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 7 = 0.84$ を用いなさい。また、混合による体積変化はないものとする。【配点 19】

弱酸とその塩、または弱塩基とその塩を含む混合溶液で、少量の酸や塩基を加えても pH がほとんど変化しない溶液を緩衝液という。

酢酸水溶液では酢酸の一部が電離して、式 I の平衡状態にある。



また、酢酸ナトリウム水溶液では、式 II のとおり酢酸ナトリウムが完全に電離している。



$x \text{ mol}$ の酢酸と $y \text{ mol}$ の酢酸ナトリウムを水に溶かして全量を 1.0 L とした緩衝液では、式 II で生じる多量の ア により、酢酸水溶液だけの場合と比べて pH は イ なる。

下線部の緩衝液中の酢酸と酢酸イオンの濃度は、酢酸の電離度 α を用いて次のように表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \text{a} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \text{b} \text{ mol/L}$$

酢酸の電離定数 K_a は式 III で表される。緩衝液中では酢酸の電離がおさえられているため、 α の値は極めて小さい。そのため緩衝液中の水素イオン濃度は、 K_a を用いて c と表すことができる。

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

この緩衝液に少量の塩酸を加えた場合、塩酸が ウ と反応することにより、pH はほとんど変化しない。

問1 7.0×10^{-2} mol/L 酢酸水溶液の pH を求め、小数第1位まで答えなさい。
ただし、この濃度において酢酸の電離度は十分に小さいものとする。

問2 文章中の **ア** ~ **ウ** に入る適切な語句の組み合わせを①~⑧から1つ選び、番号で答えなさい。

	ア	イ	ウ
①	酢酸	大きく	酢酸
②	酢酸	大きく	酢酸イオン
③	酢酸イオン	大きく	酢酸
④	酢酸イオン	大きく	酢酸イオン
⑤	酢酸	小さく	酢酸
⑥	酢酸	小さく	酢酸イオン
⑦	酢酸イオン	小さく	酢酸
⑧	酢酸イオン	小さく	酢酸イオン

問3 文章中の **a** , **b** に入る式を α , x , y のうちで必要なものを用いて表しなさい。

問4 文章中の **c** に入る式を K_a , x および y を用いて表しなさい。

問5 下線部について、 $x = 0.20$ mol, $y = 0.10$ mol としたとき、この緩衝液の pH を求め、小数第1位まで答えなさい。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、オキシドールは過酸化水素と水のみからなるものとする。【配点 16】

ヨウ素の酸化還元反応を利用し、試料の濃度や物質量を求める酸化還元滴定をヨウ素滴定といい、医薬品の分析に用いられている。消毒薬であるオキシドールに含まれる過酸化水素の濃度を決定するために、以下に示す**実験**を行った。

(実験)

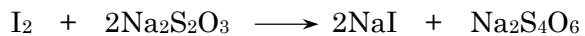
ホールピペットを用いてオキシドール 5 mL をはかり取り、純水を加えて全量を 100 mL とした。①この溶液 10.0 mL を三角フラスコにうつし、希硫酸 5 mL と過剰量のヨウ化カリウムを加え、密栓をして十分な時間放置し、ヨウ素を遊離させた。この水溶液を 5.00×10^{-2} mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定を進め、水溶液の褐色が薄くなったときに指示薬としてデンプン溶液を加え、さらに滴定を続けたところ、17.00 mL で②終点に達した。

問1 過酸化水素に含まれる酸素原子の酸化数を答えなさい。

問2 下線部①の過酸化水素とヨウ化カリウムの反応を化学反応式で示しなさい。

問3 下線部②に関して、滴定終点前後の溶液の色の変化を答えなさい。

問4 オキシドールに含まれる過酸化水素のモル濃度〔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5 オキシドールに含まれる過酸化水素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、オキシドールの密度を 1.0 g/cm^3 、過酸化水素の分子量を 34 とする。

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、鏡像異性体は考慮しない。

【配点 18】

A, B, C, D は同一の分子式 C_5H_{10} で表されるアルケンで、すべてシス-トランス異性体を持たない化合物である。以下の**実験 1**～**3**を行った。

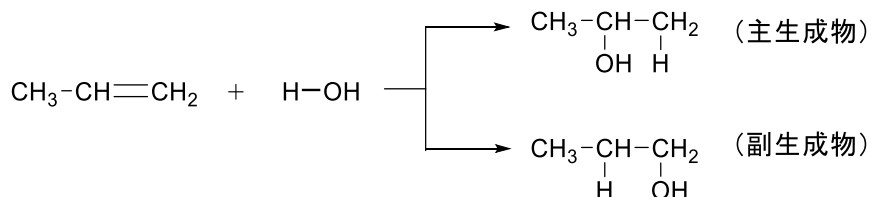
実験 1 A～Dいずれか 1 つを含んだ 4 つの反応液に触媒とともに水素を作用させると、A からは直鎖状アルカンが、B～D からは同一の構造をもつ枝分かれ状アルカンが生成した。

実験 2 A～D に水 ($H-OH$) を付加させると、それぞれ*マルコフニコフ則に従った主生成物と副生成物が得られた。得られた生成物は全部で 6 種類あった。C と D それぞれの主生成物は同一であり、B の主生成物と D の副生成物も同一であった。

実験 3 **実験 2** で得られた生成物のうち、A と B の主生成物、および D の副生成物のみがヨードホルム反応を示した。

*マルコフニコフ則

分子構造が二重結合に対して対称でないアルケンに $H-X$ 型 ($H-OH$, $H-Cl$ など) の分子が付加する場合、付加する H 原子はアルケンの二重結合を形成する炭素原子のうち水素原子が多く結合している方に、X は水素原子の少ない方に付加しやすいという法則をマルコフニコフ則という。例えば下図のようにプロペンに水 ($H-OH$) が付加する場合、2-プロパノールが主生成物となり、1-プロパノールが副生成物となる。



問1 アルケンやアルキンのような不飽和結合の検出に用いられる最も適した反応を次の(ア)～(オ)から選び、記号で答えなさい。

(ア) アンモニア性硝酸銀溶液を加えて加温すると銀が析出する。

(イ) 硫酸酸性 KMnO_4 水溶液を加えると赤紫色が消える。

(ウ) 塩化鉄(III)水溶液を加えると紫色を呈する。

(エ) ニンヒドリン水溶液を加えて加温すると紫色を呈する。

(オ) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、その反応液に赤色リトマス紙を近づけると青く変色する。

問2 実験1で生成した直鎖状アルカン、枝分かれ状アルカンそれぞれの名称を答えなさい。

問3 実験2で得られた6種類のアルコールのうち、第1級アルコールは何種類あるか答えなさい。

問4 C, Dの構造式を、それぞれ例にならって書きなさい。

(例)

