化　　学

注　意　事　項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き，15 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら，掲示または板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が，自分に配布された数と合っているか確認し，もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に，解答用紙をミシン目に沿って落ち着いて丁寧に別々に切り離し，学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから，解答を始めること。
4. 解答は，必ず解答用紙の指定された箇所に，問題に指示してある方法で記入すること。
5. 1 ページに原子量・定数が記載してあるので，必要に応じて使用しなさい。
6. 文字，記号，数字などは誤読されないように正確に書くこと。

教科科目名〔化学〕

・問題訂正

１１頁　１行目、および１１行目

（誤）ケン化

（正）けん化

・解答用紙訂正

その５　4　問４（２）

（誤）ケン化価

（正）けん化価

必要に応じて，次の原子量・定数を使用しなさい。

〔原子量〕

H = 1.00	C = 12.0	N = 14.0	O = 16.0	F = 19.0
Na = 23.0	S = 32.0	Cl = 35.5	K = 39.0	Ag = 108

〔気体定数〕

$R = 8.31\ \mathrm{Pa \cdot m^3/(mol \cdot K)} = 8.31 \times 10^3\ \mathrm{Pa \cdot L/(mol \cdot K)} = 8.31\ \mathrm{J/(mol \cdot K)}$

〔アボガドロ定数〕

$N_A = 6.02 \times 10^{23}/\mathrm{mol}$

〔絶対零度〕

$0\ \mathrm{K} = -273\ ℃$

1 次の問１～問３に答えなさい。

問 1　次の(1)～(4)の結晶の種類に当てはまる物質の例を【A 群】から，粒子間の結合の種類を【B 群】から，結晶の特徴的な性質を【C 群】からそれぞれ選び，記号で答えなさい。

(1) イオン結晶　(2) 分子結晶　(3) 共有結合の結晶　(4) 金属結晶

【A 群】(ア) SiO_2　(イ) CO_2　(ウ) KOH　(エ) Fe

【B 群】(オ) 自由電子による結合　(カ) 静電気的な引力

(キ) 電子対の共有による結合　(ク) ファンデルワールス力

【C 群】(ケ) 硬く，融点が高い

(コ) 展性・延性を有し，電気伝導性がよい

(サ) 電気伝導性はないが，水溶液や融解状態では電気を伝導する

(シ) 一般に，融点が低い

問 2　次の化学反応式のうち，酸化還元反応であるものを一つ選び，下線で示した原子の酸化数の変化を記入しなさい。

(A) $\underline{S}O_3 + H_2O \longrightarrow H_2\underline{S}O_4$

(B) $NaOH + H\underline{Cl} \longrightarrow Na\underline{Cl} + H_2O$

(C) $\underline{Si}O_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2\underline{Si}O_3 + CO_2$

(D) $2K\underline{I} + Cl_2 \longrightarrow \underline{I}_2 + 2KCl$

問 3　次の文章を読み，（　a　）～（　e　）に当てはまる適切な語句を答えなさい。

物質には固体の状態で存在するものもあれば，液体や気体の状態で存在するものもある。これを物質の（　a　）とよぶ。固体を構成している分子は，分子間で引き合い，規則正しく配列している。しかし，固体を加熱していくと分子の熱運動は温度が高くなるにつれて激しくなり，ある温度以上になると，分子間の引力に打ち勝ち液体となる。この現象は（　b　）とよばれる。純物質では，（　b　）が始まってから完全に液体になるまでの温度は一定であり，この温度を（　c　）とよぶ。さらに温度を上げていくと，液体から大きな運動エネルギーを持つ分子が放出される。この現象を（　d　）とよぶ。物質によっては，固体から，直接，気体になるものもあり，この現象を（　e　）とよぶ。

2 次の文章を読み，問1～問4に答えなさい。

硫酸は薬品や肥料の製造，鉛蓄電池など化学工業に広く利用されている。濃硫酸は，密度が大きい無色で粘性のある液体で，吸湿性が高いため乾燥剤としても用いられる。ヒドロキシ基を持つ有機化合物，たとえばスクロースは，濃硫酸と反応させると炭化する。これは濃硫酸の（　a　）作用によるものである。また，加熱した濃硫酸は強い（　b　）作用を有し，水素よりイオン化傾向の（　c　）銅を溶解する。①濃硫酸と塩化ナトリウムを混合し，加熱すると揮発性の酸が生成する。②濃硫酸を水で希釈した希硫酸は強い酸性を示し，水素よりイオン化傾向が（　d　）亜鉛などの金属と反応して水素を生成する。③

問1　（　a　）～（　d　）に当てはまる適切な語句を以下の語句から選びなさい。

還元　　酸化　　脱水　　発熱　　吸熱　　大きい　　小さい　　等しい

問2　下線部①～③の反応を化学反応式で書きなさい。

問3　濃硫酸の純度が98.0％（質量パーセント濃度），密度が1.85 g/mLである時，この濃硫酸のモル濃度（mol/L）を求めなさい。計算過程も記述し，解答は有効数字3桁で書きなさい。

問4　問3の濃硫酸から0.10 mol/Lの硫酸水溶液100 mLを調製するのに必要な濃硫酸の体積（mL）を計算しなさい。計算過程も記述し，解答は有効数字2桁で書きなさい。

試験問題は次に続く。

3 以下の文章(i), (ii)を読み，(i)→問1～問3に，(ii)→問4～問6に答えなさい。

(i) 下の表1は，ある実験条件の下，触媒存在下での過酸化水素の分解反応の反応速度定数を示したものである。この表では，実験番号ごとに，触媒の濃度 C[mmol/L]，温度 T[K]，反応速度定数 k[/s]，$1/C$，$1/T$，$1/k$，$\log_e C$，$\log_e T$，および $\log_e k$ を列挙した。反応速度定数と温度は，温度以外の反応条件を揃えると，アレニウスの式により次のような関係にある。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

ただし，A[/s]は定数，E_a[kJ/mol]は活性化エネルギーである。

また 1.00 mmol = 1.00×10^{-3} mol である。

表1　触媒存在下での過酸化水素から水と酸素への分解反応*

実験	C	T	k	$1/C$	$1/T$	$1/k$	$\log_e C$	$\log_e T$	$\log_e k$
1	1.00	298	0.0194	1.00	0.00335	51.4	0.00	5.70	−3.94
2	1.00	318	0.120	1.00	0.00314	8.33	0.00	5.76	−2.12
3	2.00	298	0.0388	0.500	0.00335	25.8	0.693	5.70	−3.25
4	2.00	318	0.239	0.500	0.00314	4.18	0.693	5.76	−1.43
5	3.00	298	0.0584	0.333	0.00335	17.1	1.10	5.70	−2.84
6	3.00	318	0.356	0.333	0.00314	2.80	1.10	5.76	−1.03

*参考：塚田雅夫；瀬尾明彦；横倉友諒．過酸化水素の分解反応．順天堂医学 2004, 50 (4), 515-522. より一部改変。

問 1　表 1 の実験データから判断すると，反応速度定数は，触媒の濃度以外の反応条件を揃えた場合，触媒の濃度にどのように依存していると考えられるか，次の選択肢から選んで記号で解答しなさい。

(A)　反応速度定数は触媒の濃度に全く依存していない。

(B)　反応速度定数は触媒の濃度にほぼ比例する。

(C)　反応速度定数は触媒の濃度にほぼ反比例する。

(D)　反応速度定数は触媒の濃度の指数関数にほぼ比例する。

(E)　反応速度定数は触媒の濃度の対数関数にほぼ比例する。

問 2　表 1 の実験番号 3 と 4 のデータから反応の活性化エネルギー[kJ/mol]を計算しなさい。計算過程も記述し，解答は有効数字 2 桁で書きなさい。

問 3　表 1 の実験データから判断すると，反応の活性化エネルギーは触媒の濃度にどのように依存していると考えられるか，次の選択肢から選んで記号で解答しなさい。

(F)　活性化エネルギーは触媒の濃度にほとんど依存していない。

(G)　活性化エネルギーは触媒の濃度にほぼ比例する。

(H)　活性化エネルギーは触媒の濃度にほぼ反比例する。

(I)　活性化エネルギーは触媒の濃度の指数関数にほぼ比例する。

(J)　活性化エネルギーは触媒の濃度の対数関数にほぼ比例する。

(ii) 液体の水と水蒸気が共存する現象は，結露，降雨，あるいは時に水蒸気の膨張が関わる火山活動にも関連する決して珍しくない現象である。近年の防災意識の高まりから，様々な圧力下での水の沸騰や凝縮の過程を定量的に理解することは非常に重要なテーマとなってきた。

体積一定の密閉した容器の中に一定量の水だけを入れ，温度を変えて平衡状態を観察した。下の表2は，異なる温度[℃]に対する水蒸気の蒸気圧[Pa]の関係を示したものである。この表を使って，以下の問4～問6に答えなさい。ただし，液体の水の体積は無視できるものとする。

表2　異なる温度[℃]に対する水蒸気の蒸気圧[Pa]の関係**

温度[℃]	蒸気圧[Pa]	温度[℃]	蒸気圧[Pa]
10	1.2×10^3	80	47×10^3
20	2.3×10^3	90	70×10^3
30	4.2×10^3	100	100×10^3
40	7.4×10^3	110	140×10^3
50	12×10^3	120	200×10^3
60	20×10^3	130	270×10^3
70	31×10^3	140	360×10^3

**Haynes, W. M.; Lide, D. R.; Bruno, T. J. *CRC Handbook of Chemistry and Physics: A Ready-Reference Book of Chemical and Physical Data*, 95th ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014.

問 4

(1) ある標高の高い山地において気圧を測ると 70×10^3 Pa であった。その場で湯を沸かすとき，水の沸点を表のデータに基づいて推定して解答しなさい。

(2) ある温泉では高温の熱水が湧き出し，間欠泉を形成していた。その間欠泉の内部では，120 ℃の熱水が沸騰することで，勢いよく熱水が吹き出ることがわかった。沸騰が起こる深さでの水圧を表のデータに基づいて推定して解答しなさい。

問 5 ある一定量の水が入っているとき，50 ℃では全量が水蒸気として存在した。これを 40 ℃に冷却すると，90 %の水が水蒸気で残りの 10 %が液体の水となった。50 ℃における水蒸気の圧力を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 6 問 5 とは別のある一定量の水が入っているとき，310 ℃では全量が水蒸気として存在した。このときの水蒸気の圧力は 210×10^3 Pa であった。これを平衡を保ったままゆっくりと冷却すると，ある温度で，そのごく一部が初めて液体となるのが観察された。その温度に最も近い温度を次の選択肢から選びなさい。

100 ℃　110 ℃　120 ℃　130 ℃　140 ℃

4 以下の問1～問6に答えなさい。

カルボン酸は，一般に（ ① ）や（ ② ）を酸化することで得られ，（ ③ ）基をもつ化合物の総称である。慣用名で呼ばれることが多く，例えば炭素数1のメタン酸は（ ④ ），炭素数2のエタン酸は（ ⑤ ）と呼ばれる。純度98％以上の（ ⑤ ）を（ ⑥ ）という。また，2分子の（ ⑤ ）から1分子の水が脱水した化合物を（ ⑦ ）という。鎖状の炭化水素鎖をもつ一価カルボン酸を脂肪酸という。

問1 （ ① ）～（ ⑦ ）に入る最も適切な用語を答えなさい。

問2 脂肪酸は，飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸に分類できる。何によって分類されるかを簡潔に説明しなさい。

問3 脂肪酸は高級と低級に分類できる。

(1) 何によって分類されるかを答えなさい。

(2) 高級脂肪酸とグリセリンから油脂ができるときの反応を構造式を用いて答えなさい。炭化水素鎖は，一般式として「－R」で書くこと。

(3) 上の問(2)の高級脂肪酸がオレイン酸，ステアリン酸，リノール酸1分子ずつからなる油脂について，不斉炭素原子の数を答えなさい。

問 4　油脂 1.00 g が完全にケン化されるのに必要な水酸化カリウムの質量(mg)を「けん化価」という。高級脂肪酸をグリセリンと反応させ，油脂である化合物 A を得た。この化合物 A 1.00 g を三角フラスコに採取し，0.500 mol/L 水酸化カリウム－エタノール溶液を 25.0 mL 加えた。冷却器を取り付け，おだやかに沸騰する程度で化合物 A が完全に消費されるまで加熱した。冷却後，①フェノールフタレイン指示薬を加え，指示薬の色が消失した点を終点として，0.500 mol/L 塩酸標準溶液で滴定を行ったところ，滴定値は 18.5 mL であった。ただし，油脂を加えず，他の操作は同様にして滴定を行ったところ，滴定値が 25.0 mL であった。

(1)　下線部①のフェノールフタレイン指示薬を加えたときの色を答えなさい。

(2)　調製した油脂(化合物 A)のケン化価を計算しなさい。計算過程も書くこと。答えは小数点以下を四捨五入し，整数値で答えなさい。

問 5　エタン酸とエタノールの混合溶液を試験管に入れ，少量の硫酸を加えておだやかに加熱して反応させた。

(1)　反応を構造式で書き，生成物の名称を答えなさい。

(2)　反応終了後，冷却して水を加え，静置した。試験管内の様子について，正しい記述はどれか，記号で答えなさい。

(ア)　試験管内の溶液は均一な無色の溶液になっている。

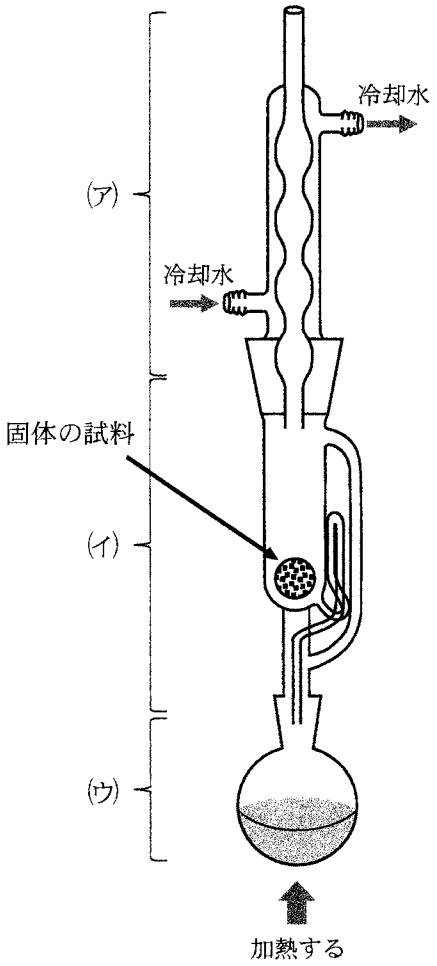
(イ)　試験管内の溶液は均一な赤色の溶液になっている。

(ウ)　試験管内の溶液は二層に分かれ，芳香をもつ生成物は上層に含まれている。

(エ)　試験管内の溶液は二層に分かれ，芳香をもつ生成物は下層に含まれている。

(オ)　試験管内の溶液は三層に分かれ，芳香をもつ生成物は最上層に含まれている。

問 6　右の図は固体の試料から，沸点が比較的低い溶媒を用いて有機物を抽出するために用いる装置で，(ア)(イ)(ウ)の部分から構成される。固体の試料は中央の円筒部に入れ，抽出するための溶媒は(ウ)に入れる。この装置についての説明文①～⑧の中から，適切な文を 3 つ選びなさい。



① 抽出された化合物は，装置の(ウ)に溜まる。

② この装置の原理は，原油を精製する原理と同じである。

③ 抽出温度に加熱したとき，抽出される化合物が変化する場合，この方法は不適である。

④ 抽出溶媒にジエチルエーテルを用いて，ゴマから油脂を抽出することができる。

⑤ 抽出される化合物の沸点は考慮しなくてもよい。

⑥ 抽出溶媒にヘキサンを用いて，砂糖からグルコースを抽出することができる。

⑦ 抽出溶媒にジエチルエーテルを用いて，(ウ)の容器が 50 ℃になるように設定した。(ウ)の溶液の温度も 50 ℃になる。

⑧ 抽出された化合物は，常に単一の化合物である。

試験問題は次に続く。

5 以下の文章(i), (ii)を読み，(i)→問1～問3に，(ii)→問4に答えなさい。

(i) 以下の反応Ⅰ～Ⅳは，ビニロンと呼ばれる合成繊維の調製法を示したものである。

反応Ⅰ　アセチレンに，酢酸を付加させ，化合物Aを得た。

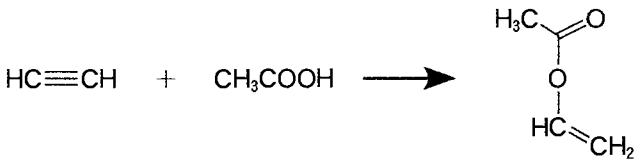
反応Ⅱ　化合物Aを付加重合によってポリマーである化合物Bを得た。

反応Ⅲ　化合物Bを水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解して化合物Cを得た。

反応Ⅳ　反応Ⅲで得られた化合物Cを，ホルムアルデヒドと反応させた。

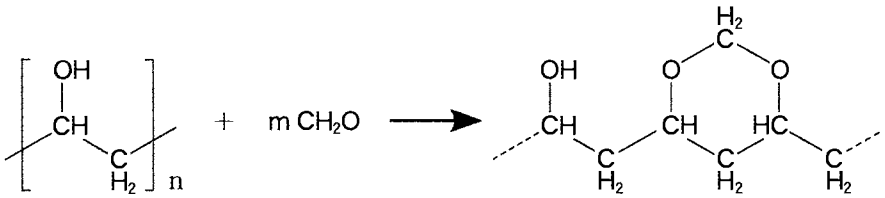
ただし，反応ⅠとⅣの反応式は，以下の通りである。

反応Ⅰ



(化合物A)

反応Ⅳ



(化合物C)　　(ビニロン)

問1　アセチレン100 gに，過剰の酢酸を作用させ，反応Ⅰを進めると，すべてのアセチレンが化合物Aに変換された。このときに生成した化合物Aの質量を有効数字2桁で求めなさい。

問2　反応Ⅱの反応式を書きなさい。また，この反応で得られたポリマーBの平均分子量は15000であった。この場合の平均重合度nを求めなさい。ただし，nは有効数字3桁で記しなさい。

問 3　反応Ⅲの反応式を書きなさい。化合物Ｂを 172 g 使い，反応Ⅲを行った。この反応Ⅲの反応収率は 100 %であったとして，何グラムの化合物Ｃを得ることができるか，有効数字 2 桁で答えなさい。

(ii)　次の文章は，Ａ～Ｆの 6 種類の糖の性質について述べたものである。

Ⅰ．デンプン(アミロース)に，唾液由来のアミラーゼを作用させることで，Ａが生じた。

Ⅱ．Ａに α-グルコシダーゼ(マルターゼ)を作用させると，グルコースが生じた。

Ⅲ．Ｂは，銀鏡反応を示さず，Ｂにインベルターゼを作用させると，グルコースとＣが生じた。

Ⅳ．ＡとＤは，同じ $C_{12}H_{22}O_{11}$ の組成式を持つ異性体であり，ともに希塩酸分解によって，グルコースに変化した。

Ⅴ．乳中に多く含まれるＥは，希塩酸分解によって，グルコースとＦに変化した。

問 4　Ⅰ～Ⅴの文を参考に，選択肢の中から，Ａ～Ｆの糖の名称を選びなさい。

(選択肢)

セロビオース　　スクロース(ショ糖)　　トレハロース　　マンノース

フルクトース(果糖)　　ラクトース(乳糖)　　マルトース(麦芽糖)

ガラクトース　　リボース　　キシリトール