

化 学

数値の解答は、解答用紙の解答欄の該当する数字を塗りつぶす。数値の桁数は、各問の解答形式に従うこと。

解答例：解答の指示が指数形式(. × 10)の場合、290、2.9、0.029は、各々、
 × 10、 . × 10、 . × 10⁻ と
解答し、解答用紙の解答欄(ア～ウ)それぞれに、該当する数字を塗りつぶす。

解答欄が3桁(.)の場合、1.7は . 、
17は . と解答する。

原子量は以下の値を使用すること。

H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Ca : 40.0 Br : 80.0 Ba : 137

I 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。[解答欄 ~]

容器に純度 100 % の水酸化ナトリウム X g が入っていたが、一定期間保存したところ空気中の二酸化炭素と反応し、水酸化ナトリウムの一部が炭酸ナトリウムに変化して Y g の固体となった。X g の水酸化ナトリウムのうち、どの程度二酸化炭素と反応したか調べるため、まず Y g の固体を純粋な水(純水)に完全に溶解し、 を用いて全量 1 L の水溶液を調製した。次にそれを 用いて[実験 1]および[実験 2]を行い、Y g の固体に含まれる水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムの量を調べた。

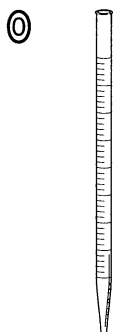
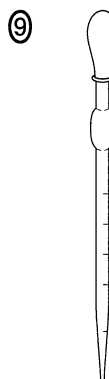
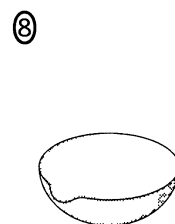
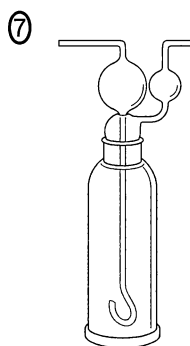
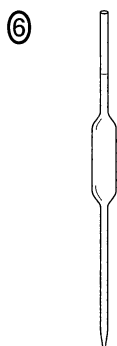
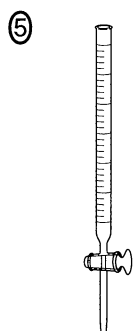
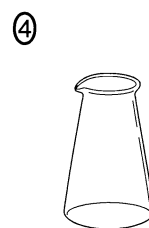
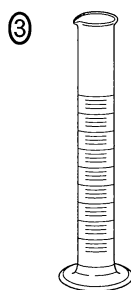
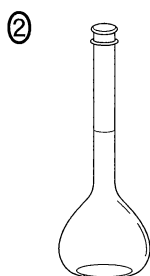
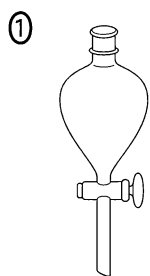
[実験 1]

下線部の水溶液 10 mL を を用いて に量りとり、pH 指示薬(A)を数滴加えた。その溶液に 0.10 mol/L の塩酸を で滴下したところ、中和点までに 15.6 mL を要した。

[実験 2]

下線部の水溶液 10 mL を を用いて に量りとり、塩化バリウムを加えて振り混ぜたところ、塩化バリウムは溶解し、炭酸バリウムの白色沈殿が析出した。さらに沈殿の量がそれ以上変化しなくなるまで塩化バリウムを溶かしながら加えた。ここで加えた塩化バリウムは溶解し、沈殿は全て炭酸バリウムであった。そこに pH 指示薬(B)を数滴加えて、0.10 mol/L の塩酸を で滴下したところ、中和点までに 14.7 mL を要した。

(1) 文中の ~ に入る最も適した実験器具を以下よりそれぞれ選べ。



(2) 上記の文の操作において ~ が純水でぬれていた場合、共洗いが必要な器具をすべて選べ。(1)の①~⑩の選択肢を用いて解答せよ。

(3) 文中の(A)および(B)にあてはまる pH 指示薬と、滴定により生じた色の変化の組み合わせとして正しいものを①～⑧より 1 つずつ選べ。

(A) (B)

選択肢	pH 指示薬	色の変化
①	リトマス	赤色から青色
②	リトマス	青色から赤色
③	メチルオレンジ	黄色(橙黄色)から赤色(赤橙色)
④	メチルオレンジ	赤色(赤橙色)から黄色(橙黄色)
⑤	フェノールフタレイン	無色から赤色
⑥	フェノールフタレイン	赤色から無色
⑦	プロモチモールブルー	青色から黄色
⑧	プロモチモールブルー	黄色から青色

(4) 炭酸バリウムのこの実験条件における溶解度は 100 g の純水に対して 2.3×10^{-3} g であった。この条件下での炭酸バリウムの溶解度積を求めよ。ただし、水の密度は 1.0 g/cm^3 であり、溶解に伴う体積変化は考えないものとする。

$$\boxed{\text{ク}} \cdot \boxed{\text{ケ}} \times 10^{-\boxed{\text{コ}}} \text{ (mol/L)}^2$$

(5) [実験 2] で析出した炭酸バリウムの沈殿は、中和点に達したときどのようなようになるか。①～⑤より 1 つ選べ。

- ① 沈殿が淡緑色となる。
- ② 沈殿が黄白色となる。
- ③ 沈殿の一部が溶解する。
- ④ 沈殿の量が増加する。
- ⑤ 変化しない。

(6) Y g の固体に含まれる炭酸ナトリウムの物質量を答えよ。

$$\boxed{\text{シ}} \cdot \boxed{\text{ス}} \times 10^{-\boxed{\text{セ}}} \text{ mol}$$

(7) 水酸化ナトリウムの質量 X g を求めよ。

ただし \square 手 は符号とし、+ならば①を、-ならば②を選べ。また、ゼロ乗の場合は10の指数を+0とせよ。

$$\square \square . \square \square \times 10^{\square \square} \text{ g}$$

(8) X g の水酸化ナトリウムのうち、何%が二酸化炭素と反応したか。ただし、 Y g の固体に含まれる炭酸ナトリウムの全てが水酸化ナトリウムと二酸化炭素の反応によって生じたとする。

$$\square \square . \square \square \%$$

Ⅱ 以下の問いに答えよ。[解答欄 ア ~ ヌ]

問 1 アニリン、安息香酸、*o*-クレゾール、サリチル酸、スチレン、フェニルアラニンの6種を含むジエチルエーテル(エーテル)溶液がある。それら化合物を分離するため、分液ろうとを用いて図1のような操作を行なった。それにより、水層①~⑤とエーテル層①~⑤を分離し、化合物A~Fを得た。以下の問いに答えよ。

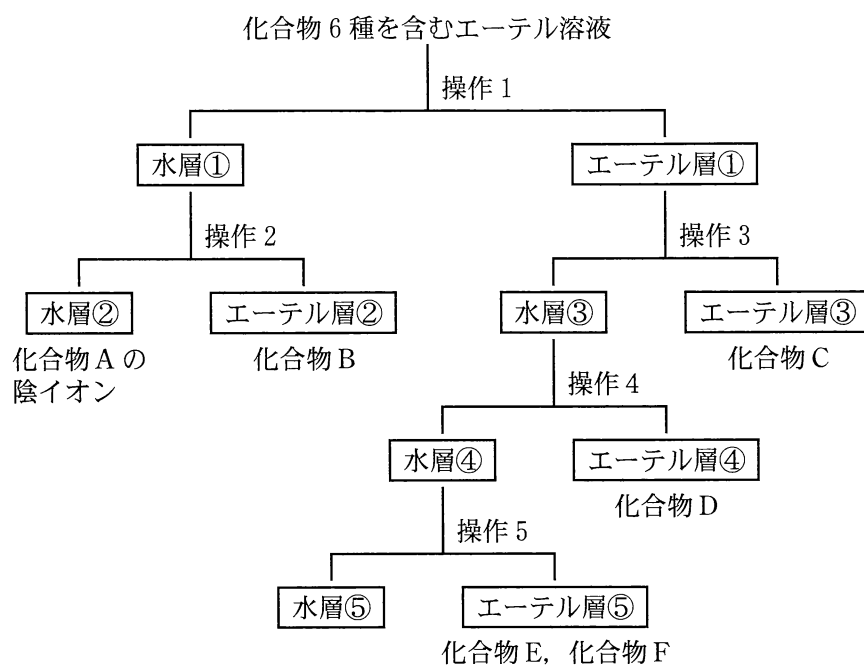


図 1

【操作 1】

塩酸を加え、よく振り混ぜた後に静置し、水層①とエーテル層①に分けた。

【操作 2】

水酸化ナトリウム水溶液で塩基性にし、エーテルを加えよく振り混ぜた後に静置し、水層②とエーテル層②に分けた。

【操作 3】

水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく振り混ぜた後に静置し、水層③とエーテル層③に分けた。

【操作 4】

二酸化炭素を吹き込んで酸性にし、エーテルを加えよく振り混ぜた後に静置し、水層④とエーテル層④に分けた。

【操作 5】

塩酸でさらに酸性にし、エーテルを加えよく振り混ぜた後に静置し、水層⑤とエーテル層⑤に分けた。

- (1) 化合物 A の光学異性体，官能基および炭化水素基，ニンヒドリン反応，ビウレット反応，銀鏡反応に関して，それぞれ正しいものを選び。官能基および炭化水素基に関しては，当てはまるものをすべて選べ。

光学異性体 ① あり ② なし

官能基および炭化水素基

① アゾ基 ② アミノ基 ③ カルボキシ基 ④ ニトロ基
⑤ ヒドロキシ基 ⑥ ビニル基 ⑦ フェニル基 ⑧ メチル基

ニンヒドリン反応 ① 陽性 ② 陰性

ビウレット反応 ① 陽性 ② 陰性

銀鏡反応 ① 陽性 ② 陰性

- (2) 化合物 B に無水酢酸を反応させたときに得られる化合物を①～⑥より 1 つ選べ。

- ① アセチルサリチル酸 ② アセチレン ③ アセトアニリド
④ 酢酸ビニル ⑤ 酢酸フェニル ⑥ サリチル酸メチル

- (3) 化合物 C に関して，正しい記述を①～⑨より 2 つ選べ。

- ① アゾ基を持つ。
② 消毒薬となる。
③ アルコールである。
④ 消炎鎮痛薬となる。
⑤ エステル結合を持つ。
⑥ ヨードホルム反応をおこす。
⑦ 縮合してタンパク質となる。
⑧ 発泡した重合体は，断熱材に用いられる。
⑨ エチルベンゼンの脱水素反応で得られる。

(4) 化合物 D に関して、以下の実験 a~c を行った。正しい結果を①~⑨より選べ。ただし、同じ選択肢を複数回使用してよい。

実験 a. アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めた。

ク

実験 b. さらし粉溶液を加えた。

ケ

実験 c. 金属ナトリウムと反応させた。

コ

- ① 銀が析出した。
- ② カルシウムが析出した。
- ③ 青色を呈した。
- ④ 赤紫色を呈した。
- ⑤ 赤色沈殿が生じた。
- ⑥ 水素が発生した。
- ⑦ 酸素が発生した。
- ⑧ アンモニアが発生した。
- ⑨ 反応しなかった。

(5) 化合物 E と F に関して、それぞれに塩化鉄(III)水溶液を加えると、化合物 E には反応が見られなかったが、化合物 F の溶液は赤紫色を呈した。化合物 E と化合物 F はそれぞれ何か。①~⑥より選べ。

化合物 E

化合物 F

- ① アニリン
- ② 安息香酸
- ③ o-クレゾール
- ④ サリチル酸
- ⑤ スチレン
- ⑥ フェニルアラニン

(6) 操作 1 の塩酸の代わりに水酸化ナトリウム水溶液を用いた場合、水層①に分離されるものを①~⑥よりすべて選べ。

- ① アニリン
- ② 安息香酸
- ③ o-クレゾール
- ④ サリチル酸
- ⑤ スチレン
- ⑥ フェニルアラニン

問 2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

分子内の炭素原子間に二重結合を2つ持つ鎖式不飽和炭化水素をアルカジエン(ジエン系炭化水素)と呼ぶ。アルカジエンの1つである1,3-ブタジエン($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$)は、2分子のアセチレンの重合で得られるビニルアセチレン($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$)に、特別な触媒を用いて水素を付加させて得られる。この1,3-ブタジエンを単量体として、適当な触媒のもとで付加重合させると、図2に示したような高分子化合物であるポリブタジエンが得られる。この重合体は別名ブタジエンゴムといわれ、天然ゴムに似た弾性を持つ合成ゴムである。

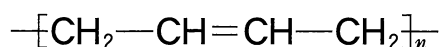


図2

ゴムノキの樹皮に傷をつけると、そこから と呼ばれる乳白色で粘性のある樹液が得られる。 はゴムに含まれる炭化水素のコロイド溶液であり、これにギ酸や酢酸などのカルボン酸を加えて させてできたものを生ゴム(天然ゴム)という。天然ゴムに と呼ばれる操作をすることで、ゴムは鎖状構造から立体網目状構造になり適当な硬さと弾力を持つようになる。

(1) に入る最も適当なものはどれか。①~⑩より1つ選べ。

- | | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| ① アマルガム | ② アリザリン | ③ インジゴ | ④ エポナイト |
| ⑤ カーバイド | ⑥ コチニール | ⑦ パラフィン | ⑧ ベークライト |
| ⑨ ラテックス | ⑩ ワセリン | | |

(2) に入る最も適当なものはどれか。①~⑥より1つ選べ。

- | | | |
|------|----------|-------|
| ① 塩析 | ② 凝固(凝析) | ③ 結晶化 |
| ④ 潮解 | ⑤ 透析 | ⑥ 融解 |

(3) に入る最も適当な操作はどれか。①~⑨より1つ選べ。

- | | | |
|---------|--------|-------|
| ① 加温 | ② 加湿 | ③ 加硫 |
| ④ 過冷却 | ⑤ 還元 | ⑥ けん化 |
| ⑦ スルホン化 | ⑧ ニトロ化 | ⑨ 乳化 |

以下の問いでは、高分子鎖の両末端の構造は考慮しないものとして計算せよ。

- (4) 天然ゴムを熱分解すると、二重結合を2つ持つ分子、イソプレン(C₅H₈)が得られる。ある天然ゴムを調べたところ、その平均分子量は 1.87×10^5 で、単量体はイソプレンのみであった。このゴムの平均重合度を求めよ。

$$\boxed{\text{チ}} \cdot \boxed{\text{ツ}} \boxed{\text{テ}} \times 10^{\boxed{\text{ト}}}$$

- (5) 文中の反応により、1,3-ブタジエンを単量体として、ブタジエンゴムを273 g 合成したい。これに必要なアセチレンの27 °C、 1.013×10^5 Paにおける体積を求めよ。ただし、アセチレンは理想気体とし、0 °C、 1.013×10^5 Paにおける理想気体のモル体積は22.5 L/molとして計算せよ。

$$\boxed{\text{ナ}} \cdot \boxed{\text{ニ}} \times 10^{\boxed{\text{ヌ}}} \text{ L}$$

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。〔解答欄 ~ 〕

カルシウムは地殻中に存在する元素のうち5番目に多い元素である。セメントやセッコウ、乾燥剤など、身近なカルシウム化合物は多い。カルシウムは2族に属し、アルカリ土類金属とも呼ばれている。

- (1) カルシウムの単体は、工業的に、熔融塩電解(または融解塩電解)により生産される。熔融塩電解が用いられるのは、カルシウムのどのような性質によるか。①~⑥より1つ選べ。

- ① 単体の融点が高い。
- ② 単体の融点が高い。
- ③ イオン化傾向が大きい。
- ④ イオン化傾向が小さい。
- ⑤ 化合物の水への溶解度が高い。
- ⑥ 化合物の水への溶解度が低い。

- (2) カルシウム以外にも、いくつかの金属で単体の生産に熔融塩電解(融解塩電解)が用いられる。この方法で単体が生産される金属を①~⑥より3つ選べ。

- | | | |
|------|------|------|
| ① Ag | ② Al | ③ Cu |
| ④ Mg | ⑤ Na | ⑥ Pt |

- (3) マグネシウムは、カルシウムと同じ2族の元素である。両者に共通する性質を①~⑧より全て選べ。

- ① 炎色反応を示す。
- ② 塩化物は潮解性をもつ。
- ③ 硫酸塩は水に難溶である。
- ④ 単体には強い酸化力がある。
- ⑤ 炭酸塩は水に難溶である。
- ⑥ 単体は常温の水と反応する。
- ⑦ 水酸化物は水への溶解度が大きい。
- ⑧ イオンは硫化水素と反応して黒色沈殿を生じる。

- (4) 塩化カルシウムの水溶液に、以下の(a)~(c)の水溶液を加えたとき生じる変化を、①~⑤より1つずつ選べ。同じ選択肢を複数回使用してよい。

- (a) 硫酸ナトリウム

エ

- (b) 炭酸ナトリウム

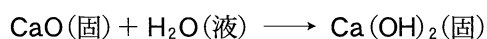
オ

- (c) 硝酸ナトリウム

カ

- ① 気体を発生する。
- ② 白色沈殿を生じる。
- ③ ゲル状の沈殿を生じる。
- ④ 淡緑色の水溶液になる。
- ⑤ 変化はみられない。

- (5) 以下の反応は発熱反応である。



この反応に伴って発生する熱を用いて、100 gの水を10 K上昇させるためには、何gの酸化カルシウムが必要か。ただし、反応により生じた熱は全て水の温度上昇に使われたとする。また、酸化カルシウム、水(液体)、水酸化カルシウムの生成熱は、それぞれ、635.1 kJ/mol, 285.8 kJ/mol, 985.2 kJ/mol, 水の比熱は4.18 J/(g・K)として考えよ。

キ

 .

ク

ケ

 g

- (6) 塩化カルシウムや酸化カルシウムは気体の乾燥剤として利用される。以下に気体を発生させる操作①~⑥を示した。各々の操作で発生する気体を乾燥させたい。塩化カルシウムが使えない気体を発生するものはどれか。また、酸化カルシウムが使えないものはどれか。全て選べ。同じ選択肢を複数回使用してもよい。

塩化カルシウムが使えない

コ

酸化カルシウムが使えない

サ

- ① 濃硝酸に銅を加える。
- ② 希硫酸に亜鉛を加える。
- ③ さらし粉に塩酸を加える。
- ④ ギ酸に濃硫酸を加えて加熱する。
- ⑤ 塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を加えて加熱する。
- ⑥ 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する。

IV 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。〔解答欄 ~ 〕

a mol の化合物 X と b mol の化合物 Y が反応し、1 mol の化合物 Z が生成する溶液反応がある。Z の生成速度をこの反応の速度 (v) として、以下のように測定した。

まず、10 mmol/L の Y の存在下、X の濃度を変えて反応速度を測定した。その結果を図 3 に示す。つぎに、5.0 mmol/L の X の存在下、Y の濃度を変えて反応速度を測定した。その結果を図 4 に示す。反応速度は反応開始の極めて短い時間で測定したものである。逆反応はないとして考えよ。

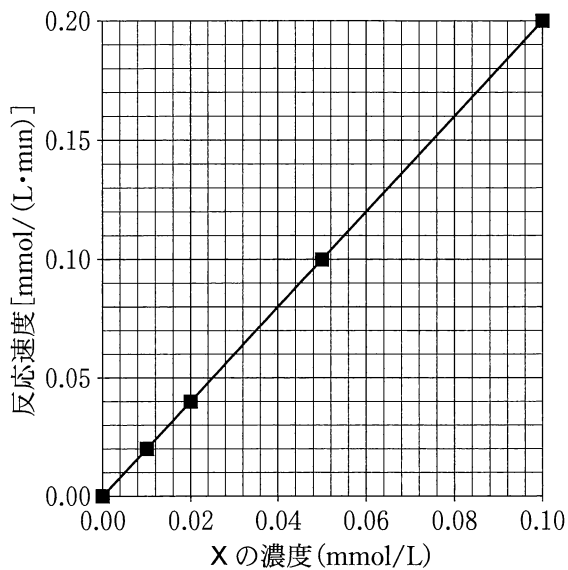


図 3

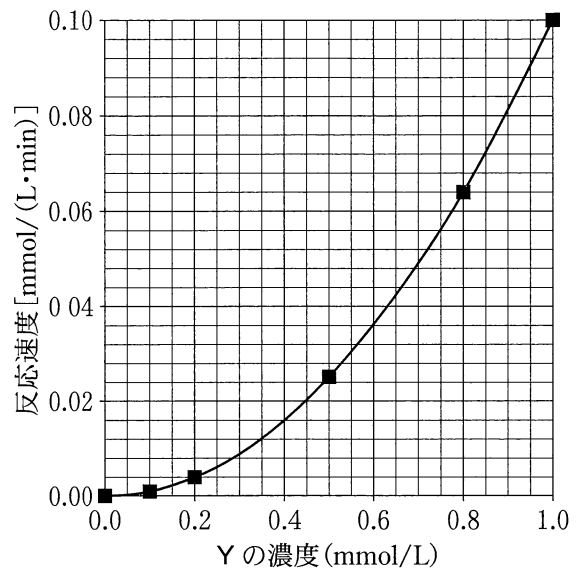


図 4

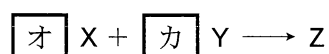
(1) この実験結果から、この反応の速度式を①~⑨より選べ。ただし、k は反応速度定数とする。

- ① $v = k[X]$
- ② $v = k[Y]$
- ③ $v = k[X]^2$
- ④ $v = k[Y]^2$
- ⑤ $v = k[X][Y]$
- ⑥ $v = k[X][Y]^2$
- ⑦ $v = k[X]^2[Y]$
- ⑧ $v = k[X][Y]^4$
- ⑨ $v = k[X]^4[Y]$

(2) $[X] = 4.0 \text{ mmol/L}$, $[Y] = 8.0 \text{ mmol/L}$ の時, Z の生成速度を求めよ。

$$\boxed{\text{イ}} \cdot \boxed{\text{ウ}} \times 10^{\boxed{\text{エ}}} \text{ mmol/(L}\cdot\text{min)}$$

(3) 一般に, 速度式は実験によって決められるもので, 反応式の係数とは無関係である。これは, 反応式では単純に見える化学反応でも, 実際は多くの反応からなる多段階反応である場合が多いからである。多段階反応を構成する一つの反応を素反応という。素反応の場合のみ, その反応式の係数から速度式を導くことができる。(1)の反応が素反応の場合, 以下の反応式の $\boxed{\text{オ}}$, $\boxed{\text{カ}}$ に適切な整数値を入れよ。



(4) 溶液反応の反応速度定数を大きくする操作を, ①~⑦より全て選べ。ただし, 圧力は一定とする。 $\boxed{\text{キ}}$

- ① 触媒を添加する。
- ② 反応溶液の温度を下げる。
- ③ 反応溶液の温度を上げる。
- ④ 反応物の初濃度を減らす。
- ⑤ 反応物の初濃度を増やす。
- ⑥ 生成物が蓄積しないように反応溶液から取り除く。
- ⑦ 生成物と同じ化合物を反応開始時に反応溶液に添加しておく。