化学基礎・化学

問題は第４問まであります

必要であれば，次の値を用いよ。また，指示がない場合，気体は理想気体として扱ってよい。

原子量：　H＝1.0，C＝12.0，O＝16.0，Na＝23.0，Al＝27.0，P＝31.0，S＝32.0，
Cl＝35.5，Ca＝40.0，Cu＝63.5，Sn＝119

（解答上の注意）

１．数値を答える場合は，次の指示に従うこと。

・解答欄が 60.61×10^{62}，0.6364，6566，6768 の形式の場合には，数値は四捨五入して，有効数字２桁で求めよ。

・解答欄が 70.7172×10^{73}，747576，777879 の形式の場合には，数値は四捨五入して，有効数字３桁で求めよ。

なお，67，77は 10 の位を，60，65，68，70，74，78は１の位を，61，63，66，71，75，79は小数第１位を，64，72，76は小数第２位を，62，73は底 10 に対する指数の１の位を表すものとする。

また，特に指示がない場合は，同じ選択肢を重複して使用してもよい。

２．化学式を答える場合は，次の指示に従うこと。

・化学式が $C_4H_{10}O$ のとき，C$_{80}$H$_{81}$$_{82}O_{83}$ の形式の場合には，解答は以下のようになる。

80＝④，81＝①，82＝⑩，83＝①

第１問　次の設問に答えよ。

問１　分子について述べた次の文(a)～(c)のうち，正しいものとして適切なものを，下の選択肢①～⑦のうちから一つ選べ。　**解答番号 1**

(a)　水分子の形は直線形である。
(b)　一般に極性分子でできた物質は，極性分子からなる液体に溶けやすい。
(c)　無極性分子は，分子内のすべての結合に極性がない。

① (a)のみ　② (b)のみ　③ (c)のみ　④ (a)と(b)
⑤ (a)と(c)　⑥ (b)と(c)　⑦ (a)と(b)と(c)

問２　硫酸銅(Ⅱ)の水に対する溶解度〔g/100 g 水〕は 60℃で 40，20℃で 20 である。60℃の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液 70 g を 20℃に冷却したときに析出する硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶の質量〔g〕として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。なお，析出する硫酸銅(Ⅱ)はすべて五水和物であるものとする。　**解答番号 2**

① 10 g　② 12 g　③ 14 g
④ 16 g　⑤ 18 g　⑥ 20 g

問３　リン酸カルシウムのリン酸イオンの一部が水酸化物イオンに置き換わった水酸化リン酸カルシウムは，人工骨や人工関節に用いられるファインセラミックスの材料になることが知られている。水酸化リン酸カルシウムの組成式を $Ca_{\boxed{3}}(PO_4)_{\boxed{4}}OH$ (式量 502) とするとき，**3**，**4** に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑨のうちからそれぞれ一つ選べ。

解答番号 3，4

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

問４　酸素は 1.0×10^{5} Pa のもとで 1.0 L の水に対して，4℃では 2.0×10^{-3} mol，40℃では 1.0×10^{-3} mol 溶ける。40℃, 2.0×10^{5} Pa のもとで 2.0 L の水に溶ける酸素の物質量は 4℃, 1.0×10^{5} Pa のもとで 1.0 L の水に溶ける物質量の何倍か。その値として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号 5**

① 0.25 倍　② 0.50 倍　③ 1.0 倍　④ 2.0 倍　⑤ 4.0 倍　⑥ 6.0 倍

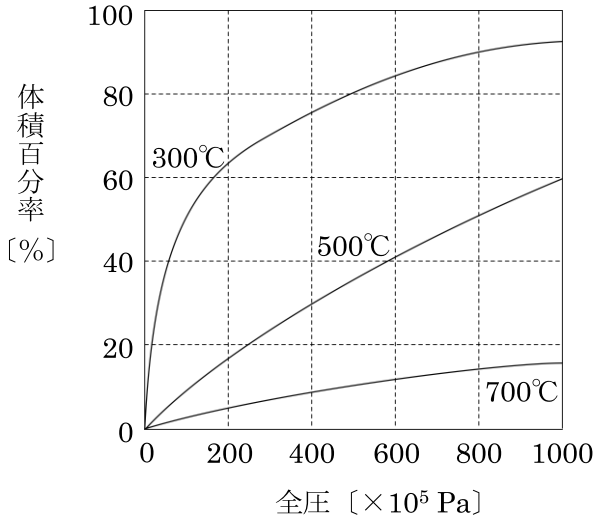
問５　硫酸に関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号6

① 濃硫酸は吸湿性や脱水作用を示す。
② 濃硫酸は不揮発性の酸である。
③ 濃硫酸を希釈する際は，多量の水に濃硫酸を少しずつ加える。
④ 銅と熱した濃硫酸が反応すると，二酸化硫黄が発生する。
⑤ 接触法で硫酸を製造する際，触媒に酸化バナジウム(V)を用いる工程がある。
⑥ 接触法で硫酸を製造する際，すべての反応が完全に進行したとき，硫黄 1 mol から硫酸 2 mol が生じる。

問６　化学平衡に関する次の文中の［ア］，［イ］に入る語句や式の組合せとして適切なものを，下の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号**7

次の図は，aA(気)＋bB(気) $\rightleftarrows$ cC(気)（a，b，c は係数）の反応について示したグラフである。縦軸は平衡時の C の体積百分率（%）を示し，横軸は反応中の全圧を示している。



図

グラフから，この反応の正反応は［ア］反応であり，反応式の係数 a，b，c には［イ］という関係が成立する。

	ア	イ
①	発熱	$a+b>c$
②	発熱	$a+b=c$
③	発熱	$a+b<c$
④	吸熱	$a+b>c$
⑤	吸熱	$a+b=c$
⑥	吸熱	$a+b<c$

問７　安息香酸，トルエン，ニトロベンゼン，アニリンのすべてを少量ずつ含むジエチルエーテル溶液を分液ろうとに入れた。これに塩酸を加えて，よく振ったのち静かに置いたところ，水層 A とエーテル層 A に分離した。水層 A を抜き取り，分液ろうとに残ったエーテル層 A に新たに水酸化ナトリウム水溶液を加えて，よく振ったのち静かに置いたところ，水層 B とエーテル層 B に分離した。エーテル層 B に主成分として溶けている化合物がもつ官能基の名称として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号8**

① カルボキシ基とメチル基　　② カルボキシ基とニトロ基
③ カルボキシ基とアミノ基　　④ メチル基とニトロ基
⑤ メチル基とアミノ基　　⑥ ニトロ基とアミノ基

問８　油脂や脂肪酸に関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　**解答番号9**

① 油脂はグリセリンと高級脂肪酸のエステルである。
② 飽和高級脂肪酸を多く含んだ，室温で固体の油脂を脂肪という。
③ 油脂の融点は，炭素間二重結合 C＝C が多いほど低くなる。
④ パルミチン酸やステアリン酸は飽和脂肪酸である。
⑤ 炭素間二重結合 C＝C が多い油脂ほど，酸化されにくい。
⑥ 不飽和脂肪酸を多く含む脂肪油は，触媒を用いて水素を付加すると固化する。このようにしてできた油脂を硬化油という。

第２問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

シュウ酸 $H_2C_2O_4$ は 2 価の酸であり，(a)水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定するときに使用される。また，シュウ酸は還元作用をもっており，(b)硫酸で酸性とした水溶液中で過マンガン酸カリウムと反応して二酸化炭素が発生する。

シュウ酸イオン $C_2O_4^{2-}$ はアルカリ土類金属のイオンと強く結合し，水に難溶な塩を形成する。特にカルシウムイオンとの塩であるシュウ酸カルシウム CaC_2O_4 の水に対する溶解度は非常に小さく，(c)尿中に存在するシュウ酸カルシウムは尿路結石の主成分の一つである。

問１　下線部(a)について，水酸化ナトリウム水溶液の濃度をシュウ酸標準液を用いて決定する実験に関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。

解答番号 10

① 水酸化ナトリウムは潮解性を示し，大気中の水分を吸収するので，正確な質量をはかり取ることが困難である。そのため，水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する際にはシュウ酸標準液を用いた滴定が必要となる。

② シュウ酸標準液を調製するために用いるメスフラスコは純水でぬれたまま用いてよい。

③ シュウ酸標準液をはかり取る際は，純水でぬれたままのホールピペットを用いる。

④ ビュレットは，使用する水溶液を用いて内部を数回すすいでから使用する。

⑤ 指示薬にフェノールフタレインを用いて水酸化ナトリウム水溶液を滴下し，コニカルビーカー内の水溶液の色が薄い赤色となり，軽く振り混ぜても色が消えなくなった時点で滴下をやめる。

⑥ シュウ酸標準液との滴定を複数回繰り返し，滴下量の平均値を用いて水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する。

問２　下線部(b)について，次の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) この反応の前後での，シュウ酸中の炭素原子１つあたりの酸化数の変化として適切なものを，次の選択肢①～⑦のうちから一つ選べ。　**解答番号** 11

① 4 減少　② 2 減少　③ 1 減少　④ 変化しない
⑤ 1 増加　⑥ 2 増加　⑦ 4 増加

(ⅱ) シュウ酸二水和物 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ の 5.04 g を水に溶かし全量を 100 mL とした。ここから正確に 20.0 mL をはかり取り硫酸を加えて酸性にした。この水溶液に濃度不明の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ，32.0 mL 滴下したところで終点をむかえた。この過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は 12.13$\times 10^{-14}$ mol/L である。12～14に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号** 12～14

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問３　下線部(c)について，尿路結石が生成しやすい条件に関する次の文中の［ ア ］～［ ウ ］に入る語句の組合せとして適切なものを，下の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。

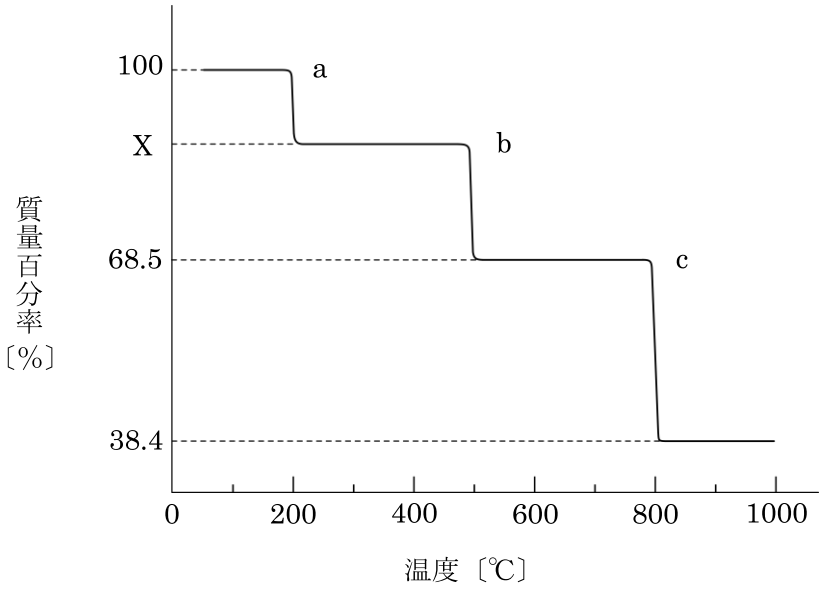
解答番号 15

尿の pH が［ ア ］性側にかたよると，尿中のシュウ酸イオン濃度[$C_2O_4^{2-}$]〔mol/L〕が［ イ ］し，カルシウムイオン濃度[Ca^{2+}]〔mol/L〕とシュウ酸イオン濃度の積[Ca^{2+}][$C_2O_4^{2-}$]の値が溶解度積 $K_{sp(CaC_2O_4)}$の値より［ ウ ］なるため，シュウ酸カルシウムを主成分とする尿路結石が生じやすくなる。

	ア	イ	ウ
①	酸	増加	大きく
②	酸	増加	小さく
③	酸	減少	大きく
④	酸	減少	小さく
⑤	塩基	増加	大きく
⑥	塩基	増加	小さく
⑦	塩基	減少	大きく
⑧	塩基	減少	小さく

問４　次の文章を読み，下の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。

固体試料を一定の昇温速度で加熱し，その試料の質量変化を測定する分析方法がある。試料として，シュウ酸カルシウム一水和物 $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ を用いてこの分析を行ったところ，次のグラフが得られた。なお，グラフは横軸に温度，縦軸に加えたシュウ酸カルシウム一水和物の質量に対する残存した固体の質量百分率をとっている。また，各反応は完全に進行したものとする。



図

(ⅰ) 一段階目の反応（反応 a）では，次の分解反応が起こった。

$$CaC_2O_4 \cdot H_2O \longrightarrow CaC_2O_4 + H_2O$$

グラフ中の X の値は 16 17 . 18 となる。16 ～ 18 に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号 16 ～ 18**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

（ii）二段階目の反応（反応 b）で発生した気体の化学式と，三段階目の反応（反応 c）が終了したときに残存した固体の名称の組合せとして適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。 **解答番号 19**

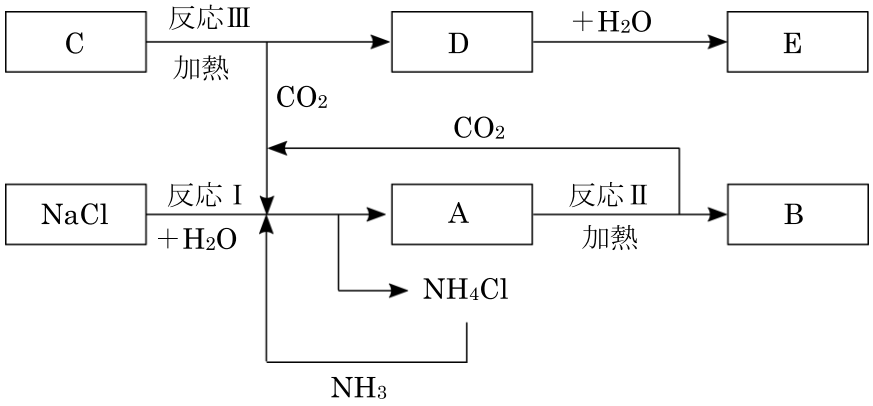
	反応 b で発生した気体	反応 c で残存した固体
①	O_2	生石灰
②	O_2	消石灰
③	O_2	石灰石
④	CO	生石灰
⑤	CO	消石灰
⑥	CO	石灰石
⑦	CO_2	生石灰
⑧	CO_2	消石灰
⑨	CO_2	石灰石

（下　書　き　用　紙）

化学基礎・化学の試験問題は次に続く。

第３問　次の設問に答えよ。

問１　次の図は，アンモニアソーダ法の反応経路を表している。下の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。



図

(ⅰ) 図中のA～Eの物質に関する文として誤っているものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。　解答番号 20

① Aは重曹とよばれ，医薬品などに利用されている。その水溶液は塩基性を示す。
② 水酸化ナトリウム水溶液に二酸化炭素を吸収させると，Bが生じる。
③ Cは，天然には石灰石や大理石として存在している。
④ Eの水溶液に二酸化炭素を吹き込むと，Cの沈殿が生じる。
⑤ Dをコークスで還元して生じる物質に水を加えて生じる気体は臭素水を脱色する。
⑥ Eと希硫酸の反応でできる塩の二水和物は，レントゲンの造影剤に用いられる。

（ⅱ）アンモニアソーダ法について述べた次の文(a)～(c)の正誤の組合せとして適切なものを，下の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。 **解答番号** 21

(a) 反応Ⅰでは，塩化ナトリウムの飽和水溶液に二酸化炭素を通じた後にアンモニアを吸収させる。

(b) 反応Ⅱで発生する二酸化炭素は100%回収され，反応Ⅰで消費されて，不足分の二酸化炭素を反応Ⅲで発生するもので補うものとする。このとき，反応Ⅰで消費される二酸化炭素のうち，反応Ⅲによって発生する二酸化炭素の割合は，50%である。

(c) 原料の塩化ナトリウム 11.7 kg から，理論上得ることができる炭酸ナトリウム無水塩の質量は，21.2 kg である。

	(a)	(b)	(c)
①	正	誤	誤
②	誤	正	誤
③	誤	誤	正
④	正	正	誤
⑤	正	誤	正
⑥	誤	正	正
⑦	正	正	正
⑧	誤	誤	誤

問２　アルミニウムに関する次の問(ⅰ),(ⅱ)に答えよ。

(ⅰ) アルミニウムについて述べた次の文(a)～(c)の正誤の組合せとして適切なものを，下の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号 22**

(a) アルミニウムに銅やマグネシウムを混ぜた合金をアルマイトといい，軽量で機械的に強い性質をもつ。
(b) 酸化アルミニウムは，ルビーやサファイアの主成分である。
(c) ミョウバンは錯塩であり，水溶液は塩基性を示す。

	(a)	(b)	(c)
①	正	誤	誤
②	誤	正	誤
③	誤	誤	正
④	正	正	誤
⑤	正	誤	正
⑥	誤	正	正
⑦	正	正	正
⑧	誤	誤	誤

(ⅱ) アルミニウムは原料鉱石のボーキサイトから精製したアルミナを，炭素電極を用いて溶融塩電解することで得られる。このとき，陽極からは 2 種類の気体が発生する。3.4×10^2 kg のボーキサイトから得られたアルミナの質量は，ボーキサイトの質量の半分であった。得られたアルミナの全量を用いて溶融塩電解を行ったところ，陽極の炭素電極が 48 kg 減少した。このとき，陽極で発生する気体の物質量比として適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，ボーキサイト中のアルミナはすべてアルミニウムとして取り出され，減少した炭素の質量はすべて気体の生成に用いられたものとする。また，物質量比は，(分子量の小さい気体の物質量) : (分子量の大きい気体の物質量) で答えよ。　**解答番号 23**

① 1 : 1　② 1 : 2　③ 1 : 3　④ 2 : 1
⑤ 2 : 3　⑥ 3 : 1　⑦ 3 : 2　⑧ 4 : 1

問３　次の文章を読み，下の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。

スズは，周期表の第５周期に属する［ア］族の元素で，単体は銀白色のやわらかい金属である。また，酸とも強塩基とも反応する。鉄の表面にスズをメッキしたものが［イ］であり，鉄の酸化を防止する目的がある。塩化スズ(Ⅱ)は水によく溶け，［ウ］作用を示す。スズの合金には，銀や銅と混合した［エ］などがある。［エ］には，以前は鉛が用いられていたが，安全性に配慮して鉛は用いられなくなった。

(ⅰ) 文中の［ア］～［エ］に入る数字や語句の組合せとして適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　**解答番号 24**

	［ア］	［イ］	［ウ］	［エ］
①	14	ブリキ	還元	はんだ
②	14	ブリキ	還元	青銅
③	14	トタン	酸化	はんだ
④	14	トタン	酸化	白銅
⑤	15	ブリキ	還元	はんだ
⑥	15	ブリキ	還元	青銅
⑦	15	トタン	酸化	白銅
⑧	15	トタン	酸化	青銅

(ⅱ) 不純物を含む塩化スズ(Ⅱ)5.0 g を水に溶かして 100 mL の試料水溶液をつくった。これから 10 mL をはかり取り，これを硫酸で酸性にした 5.0×10^{-2} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ，終点までに 16 mL を要した。この物質中の塩化スズ(Ⅱ)の質量パーセント〔%〕として適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。なお，不純物の中に過マンガン酸カリウムと反応する物質は含まれていなかったものとする。

解答番号 25

① 43%　② 48%　③ 53%　④ 62%
⑤ 68%　⑥ 71%　⑦ 76%　⑧ 83%

第４問　次の文章を読み，下の設問に答えよ。

脂肪族化合物 A と芳香族化合物 B の縮合重合によって合成されるポリエチレンテレフタラートは，飲料ボトルや衣類に多用されている。また，芳香族化合物 C の付加重合によって合成されるポリスチレンは，食器用容器や発泡剤を用いて気泡を含ませた断熱保温材（発泡スチロール）として多用されている。いずれも，鎖状構造の［ア］性をもつ高分子化合物である。

また，フェノールとホルムアルデヒドとの［イ］反応で合成されるフェノール樹脂や，無水マレイン酸と化合物 A が重合してできた鎖状の高分子化合物に，化合物 C を反応開始剤とともに加えることで得られる高分子化合物Ｘは三次元の網目構造をもつ樹脂で［ウ］性をもつ。

このように，合成高分子化合物は，その用途に合わせてさまざまなものがつくられている。これらの化合物の用途の多くは，容器などの構造材だが，これまでの合成高分子化合物にはない機能を備えた機能性高分子化合物もさまざまな用途で用いられている。代表的な機能性高分子化合物としては，自然界で比較的分解されやすい(a)生分解性樹脂や，水溶液中のイオンを，同じ符号の電荷をもつ他のイオンに交換することができる(b)イオン交換樹脂がある。

問１　文中の［ア］～［ウ］に入る語句の組合せとして適切なものを，次の選択肢①～⑧のうちから一つ選べ。　解答番号 26

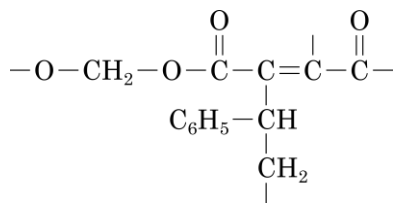
	［ア］	［イ］	［ウ］
①	熱可塑	付加重合	熱硬化
②	熱可塑	付加重合	熱可塑
③	熱可塑	付加縮合	熱硬化
④	熱可塑	付加縮合	熱可塑
⑤	熱硬化	付加重合	熱硬化
⑥	熱硬化	付加重合	熱可塑
⑦	熱硬化	付加縮合	熱硬化
⑧	熱硬化	付加縮合	熱可塑

問２　ポリエチレンテレフタラートやポリスチレンはそれぞれの単量体が結合部位を２ヶ所ずつしかもたないため鎖状構造であるのに対し，尿素とホルムアルデヒドから合成される尿素樹脂の単量体は結合部位が多いため，三次元の網目構造をとる。尿素が１分子中にもつアミノ基の数および，尿素 1 分子と結合できるホルムアルデヒドの最大数はそれぞれいくつか。その組合せとして適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。　　**解答番号 27**

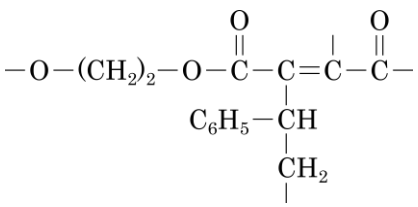
	アミノ基の数	尿素１分子と結合できるホルムアルデヒドの最大数
①	1	3
②	1	4
③	1	6
④	2	3
⑤	2	4
⑥	2	6
⑦	3	3
⑧	3	4
⑨	3	6

問３　高分子化合物Ｘの繰り返し部分の構造として適切なものを，次の選択肢①～⑨のうちから一つ選べ。　　解答番号 28

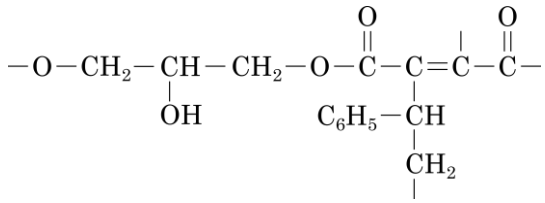
①



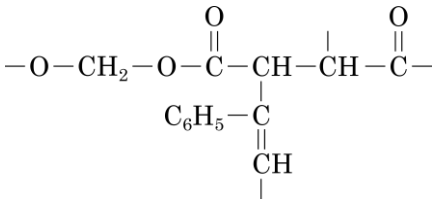
②



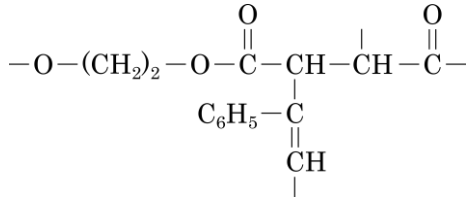
③



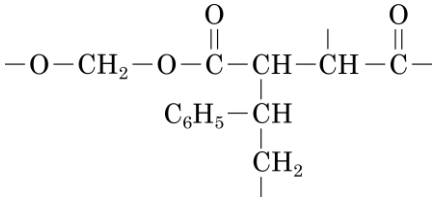
④



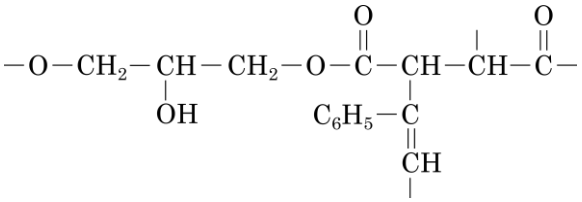
⑤



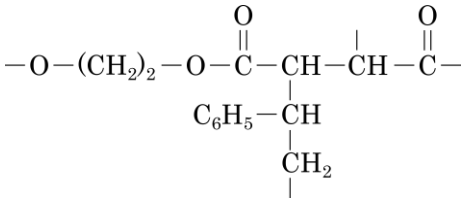
⑥



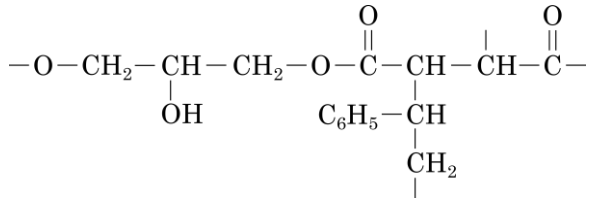
⑦



⑧



⑨



問４　下線部(a)について，グリコール酸 $HOCH_2COOH$ と乳酸 $HOCH(CH_3)COOH$ の共重合で合成される高分子化合物は，生体内や環境中で分解され，最終的には二酸化炭素と水になる。次の問(ⅰ)，(ⅱ)に答えよ。ただし，高分子化合物の末端の構造は無視してもよい。

(ⅰ) グリコール酸と乳酸が物質量比 2：1 で共重合した高分子化合物の平均分子量が 9.4×10^5 であるとき，高分子化合物 1 分子中のメチレン基（－CH_2－）の数の平均は 29.30 $\times10^{31}$ 個となる。29～31 に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号 29～31**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

(ⅱ) (ⅰ)の組成の高分子化合物 9.4 g が微生物のはたらきで水と二酸化炭素に完全に分解されたとき，生成する水の質量は 32.33 g となる。32，33 に入る適切な数字を，次の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。　**解答番号 32，33**

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⑩ 0

問５　下線部(b)について，陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂を混合して詰めたカラム（筒状のガラス管）に 0.10 mol/L の塩化カルシウム水溶液 10 mL を注ぎ，そのあと純水でよく洗ってすべての流出液をまとめて正確に 100 mL にした。流出液を白金線に付けてガスバーナーの外炎の中に入れても，炎色反応は示さなかった。また，この溶液の pH を測定したところ，イオン交換が不十分であったため，pH3.00 であった。陽イオン交換樹脂には官能基として－SO_3H が含まれ，陰イオン交換樹脂には官能基として－$N^+(CH_3)_3OH^-$が含まれるとすると，イオン交換した官能基の物質量比(－SO_3H の物質量)：(－$N^+(CH_3)_3OH^-$の物質量)として適切なものを，次の選択肢①～⑥のうちから一つ選べ。なお，陽イオン交換樹脂によって，1 mol の Ca^{2+} は 2 mol の H^+ に交換されるものとする。　**解答番号 34**

① 2：1　② 10：9　③ 20：19
④ 19：20　⑤ 9：10　⑥ 1：2