

化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ず**HBの黒鉛筆**を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等に気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。裏面にも何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄をマーク例に従ってぬりつぶしなさい。
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet} \overset{b}{\circ} \overset{c}{\circ}$ のようにマークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。×をつけても消したことはない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とし、すべての解答を無効とする。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● × ○

1 問1～問8に答えなさい。

問1 物質 a～eのうち、常温・常圧で液体であるものをすべて選びなさい。

- a 臭素 b フッ素 c プロパン
d ヘキサン e ヨウ素

問2 分子やイオン a～eのうち、電子の総数が Ar と同じものを2つ選びなさい。

- a HCl b NH_4^+ c H_2O_2
d N_2 e OH^-

問3 結晶に関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 金属結晶は、結晶の中を自由電子が移動するため電気をよく導く。
b 共有結合の結晶は、非金属元素の原子で構成されている。
c 黒鉛は、共有結合の結晶であり電気を導かない。
d ドライアイスは、分子結晶であり昇華しやすい。
e 塩化ナトリウムは、イオン結晶であり固体の状態では電気を導く。

問4 物質 a～eのうち、1.0 g 中に含まれる酸素の質量が最も大きいものを1つ選びなさい。ただし、原子量は $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{N} = 14$, $\text{O} = 16$, $\text{Mg} = 24$, $\text{Si} = 28$, $\text{S} = 32$ とする。

- a 二酸化ケイ素 b 一酸化炭素 c 一酸化二窒素
d 二酸化硫黄 e 水酸化マグネシウム

問5 記述 a～e のうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 塩化水素は、アンモニアと反応して塩化アンモニウムの白煙を生じる。
- b フッ化水素は、フッ化カルシウムに熱水を加えると得られる。
- c 白金電極を用いて希硫酸を電気分解すると、陰極から水素が発生する。
- d 硫化水素は水に溶け、水溶液は弱い酸性を示す。
- e ナトリウムの単体は、常温の水と激しく反応して水素を発生し、水酸化物を生じる。

問6 記述 a～e のうち、一酸化炭素にあてはまらないが、二酸化炭素にあてはまるものを2つ選びなさい。

- a 無極性分子である。
- b 無色で無臭の気体である。
- c 還元性があり金属の製錬に利用される。
- d 石灰水に通じると白濁する。
- e ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると得られる。

問7 錯イオンの形と色の組合せ a～e のうち、正しいものを1つ選びなさい。

	錯イオン	形	色
a	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	直線形	深青色
b	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	折れ線形	無色
c	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	正方形	深青色
d	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	正四面体形	無色
e	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	正四面体形	深青色

問8 水溶液 a ~ e.のうち, 酸性条件下で硫化水素を通じても硫化物の沈殿を生じないが, 塩基性条件下では硫化物の沈殿を生じるものを2つ選びなさい。

- a Ca^{2+} を含む水溶液
- b Cu^{2+} を含む水溶液
- c Fe^{2+} を含む水溶液
- d Pb^{2+} を含む水溶液
- e Zn^{2+} を含む水溶液

2 問1～問3に答えなさい。

問1 水溶液ア～エに関する(1)～(3)に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数 K_a は 2.0×10^{-5} mol/L, アンモニアの電離定数 K_b は 2.0×10^{-5} mol/L, 水のイオン積 K_w は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とする。また, $\log_{10} 2 = 0.30$ とする。

ア 酢酸 1.0×10^{-1} mol と酢酸ナトリウム 1.0×10^{-1} mol を溶かした全量 1.0 L の水溶液

イ 酢酸ナトリウム 1.0×10^{-1} mol を溶かした全量 1.0 L の水溶液

ウ アンモニア 1.0×10^{-1} mol と塩化アンモニウム 1.0×10^{-1} mol を溶かした全量 1.0 L の水溶液

エ 塩化アンモニウム 1.0×10^{-1} mol を溶かした全量 1.0 L の水溶液

(1) 水溶液ア～エのうち, pHが7よりも小さいものはどれか。正しいものの組合せを a～f から選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a ア, イ | b ア, ウ | c ア, エ |
| d イ, ウ | e イ, エ | f ウ, エ |

(2) 水溶液ア～エのうち, 少量の酸や塩基を加えても pH の変化が起こりにくい水溶液(緩衝液)はどれか。正しいものの組合せを a～f から選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a ア, イ | b ア, ウ | c ア, エ |
| d イ, ウ | e イ, エ | f ウ, エ |

(3) 水溶液ウの pH はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a 4.3 | b 4.7 | c 5.3 |
| d 8.3 | e 8.7 | f 9.3 |

問2 実験Ⅰ～Ⅲに関する記述を読み、(1)～(4)に答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $S = 32$, $Ba = 137$ とする。また、標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体のモル体積は 22.4 L とする。

実験Ⅰ：質量パーセント濃度 98.0% 、密度 1.80 g/cm^3 の濃硫酸(A液)を水でうすめて、 $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ の希硫酸(B液)をつくった。

実験Ⅱ：濃度のわからない炭酸ナトリウム水溶液(C液) 30.0 mL をコニカルビーカーに入れ、指示薬としてメチルオレンジ溶液を加えてからB液で中和滴定したところ、終点までに 18.0 mL を要した。

実験Ⅲ： $4.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水酸化バリウム水溶液 100 mL に二酸化炭素を通じたところ、水溶液中の水酸化バリウムの一部が反応し、炭酸バリウムの白色沈殿が生じた。この沈殿をろ過して除き、ろ液の全量に指示薬としてプロモチモールブルー溶液を加えてからB液で中和滴定したところ、終点までに 20.0 mL を要した。

(1) B液 500 mL をつくるのに必要なA液は何 mL か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 1.39 | b 2.50 | c 2.78 |
| d 5.00 | e 5.56 | f 10.0 |

(2) C液のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a 1.20×10^{-2} | b 1.67×10^{-2} | c 6.00×10^{-2} |
| d 1.20×10^{-1} | e 1.67×10^{-1} | f 6.00×10^{-1} |

(3) 実験Ⅲで生じた炭酸バリウムの白色沈殿は何 g か。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a 1.97×10^{-3} | b 2.33×10^{-3} | c 3.94×10^{-3} |
| d 1.97×10^{-1} | e 2.33×10^{-1} | f 3.94×10^{-1} |

(4) 実験Ⅲで水酸化バリウムと反応した二酸化炭素は、標準状態で何 mL か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

a 1.12

b 2.24

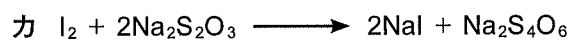
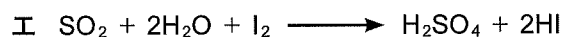
c 4.48

d 11.2

e 22.4

f 44.8

問3 反応式ア～カに関する(1)と(2)に答えなさい。



(1) 反応式ア～カのうち、下線の物質が酸化剤としてはたらいっているものはどれか。正しいものの組合せを a～f から選びなさい。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| a ア, ウ, オ | b ア, ウ, カ | c ア, エ, カ |
| d イ, ウ, オ | e イ, エ, オ | f イ, エ, カ |

(2) 反応式アとカの反応を利用して、次の実験を行った。

実験：濃度のわからない過酸化水素水 10.0 mL を入れたコニカルビーカーに、希硫酸と過剰のヨウ化カリウム水溶液を加えて、ヨウ素を生成させた。この水溶液を、 1.00×10^{-1} mol/L のチオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で滴定したところ、終点までに 30.0 mL を要した。なお、この滴定の終点は、水溶液が終点近くで淡黄色になったとき、指示薬としてデンプン水溶液を加え、生じた青色が脱色したときとした。

この過酸化水素水のモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a 1.50×10^{-2} | b 3.00×10^{-2} | c 6.00×10^{-2} |
| d 1.50×10^{-1} | e 3.00×10^{-1} | f 6.00×10^{-1} |

(この頁は余白)

3 問1～問6に答えなさい。

問1 図1の蒸留装置を使って蒸留操作をするときの注意点a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

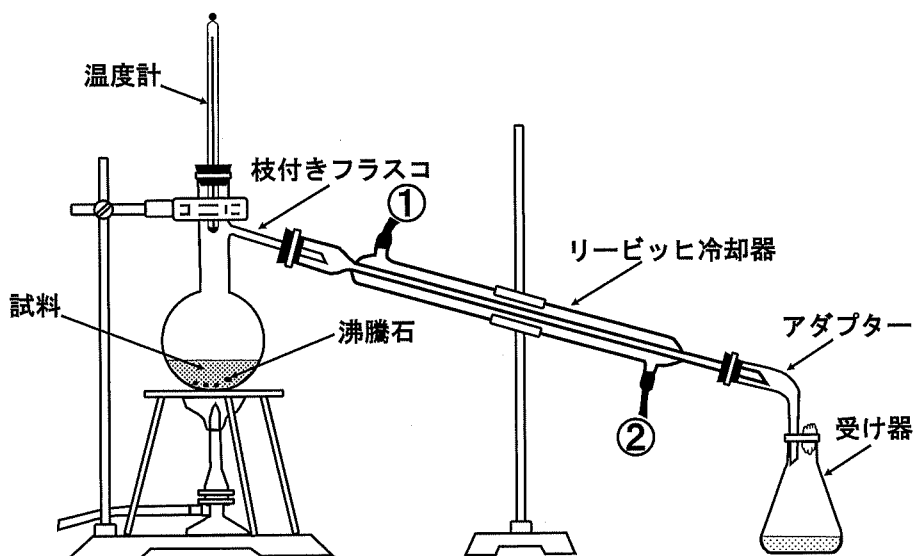
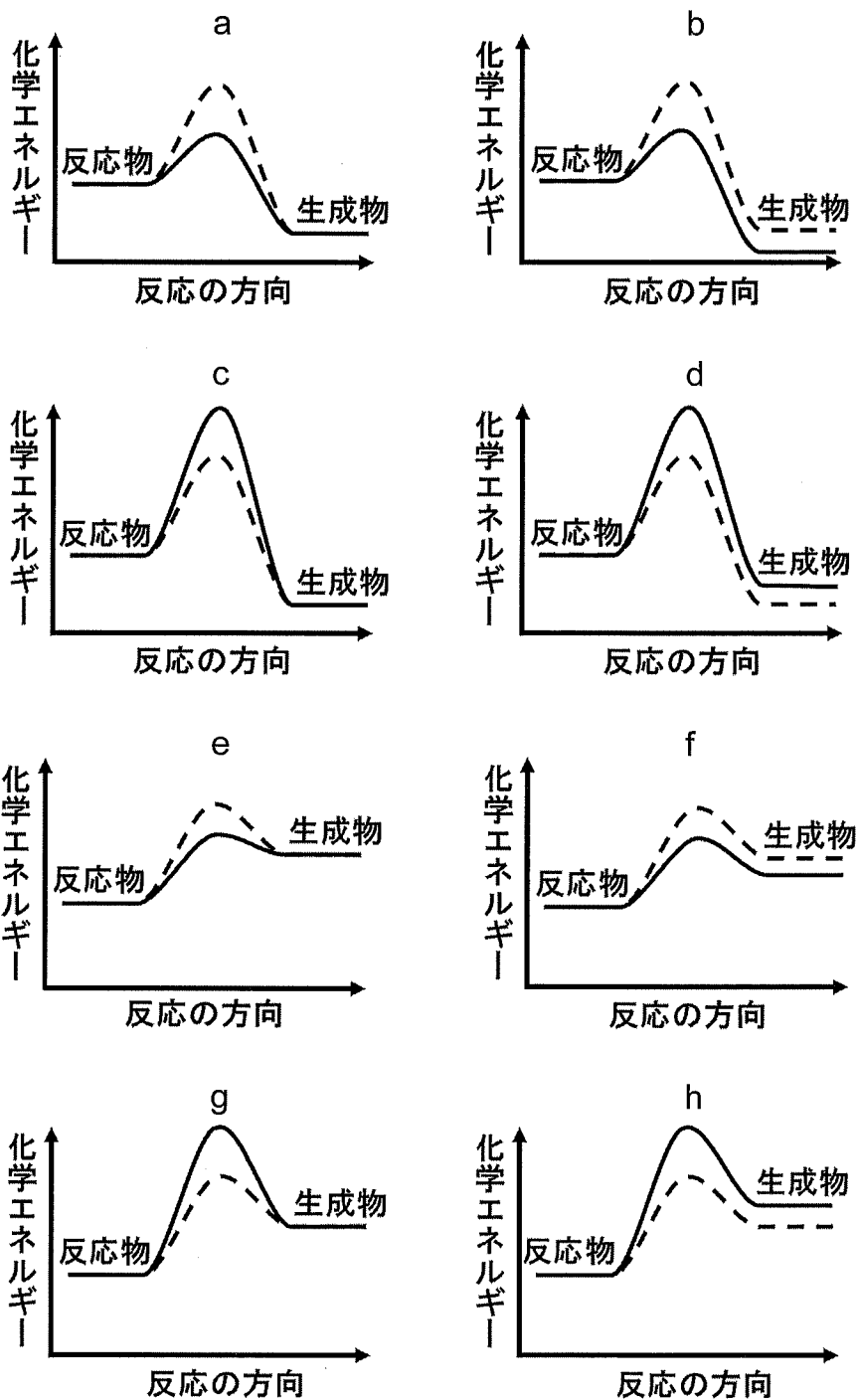


図1

- a 試料の液量は、枝付きフラスコの容量の半分以下にする。
- b 温度計の球部は、枝付きフラスコの枝の位置に合わせる。
- c 突沸を防ぐため、沸騰石を入れる。
- d リービッヒ冷却器の冷却水は、①から②の方向へ流す。
- e 受け器はゴム栓などで密栓しない。

問2 吸熱反応において、触媒があるとき(——)と、ないとき(----)の反応の方向とエネルギー変化を正しく表しているグラフをa~hから選びなさい。



問3 容積の変えられる密閉容器に1.0 Lの水とヘンリーの法則が成り立つ気体Aを入れて実験IとIIを行った。

実験I：容器内の温度を T [K]に保ち、気体Aの分圧を P_A [Pa]に保った(図2ア)。このとき、水に溶けている気体Aの物質量は n [mol]であり、水に溶けている気体Aを取り出して、温度 T [K]、圧力 P_A [Pa]としたときに気体Aが占める体積は V [L]であった。

実験II：図2アの状態から、容器内を T [K]に保ったまま、容器の容積を変えて容器内の気体Aの分圧が $0.75P_A$ [Pa]になるように保った(図2イ)。

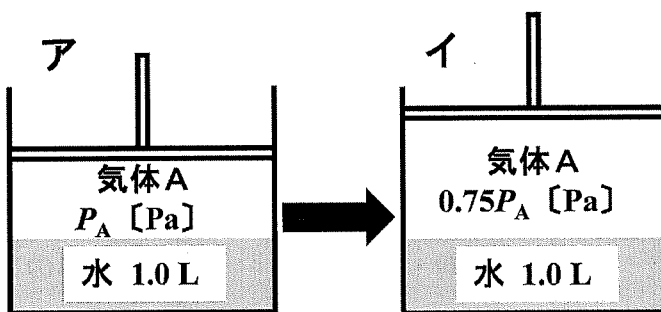


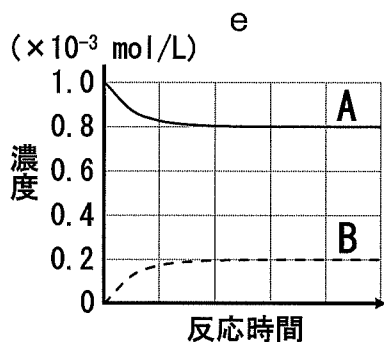
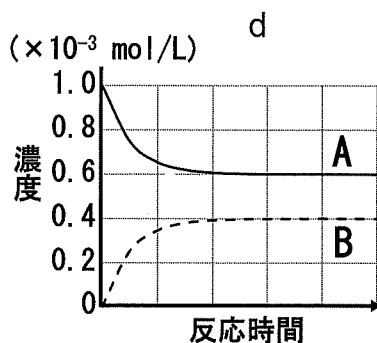
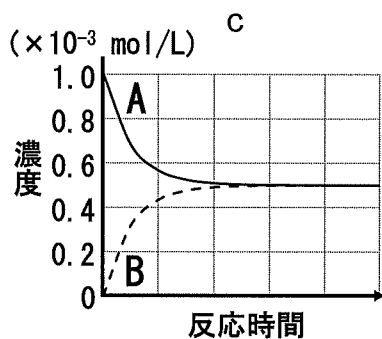
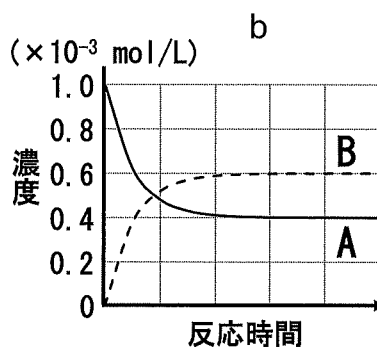
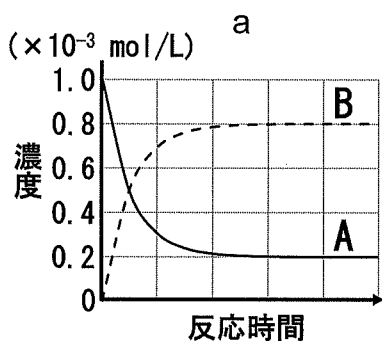
図2

実験IIにおいて、水に溶けている気体Aの物質量を X [mol]とし、水に溶けている気体Aを取り出して、温度 T [K]、圧力 $0.75P_A$ [Pa]としたときに気体Aが占める体積を Y [L]とする。 X と Y について正しく表している組合せをa～fから選びなさい。

	X	Y
a	$0.75n$	$0.25V$
b	$0.75n$	$0.75V$
c	$0.75n$	V
d	n	$0.25V$
e	n	$0.75V$
f	n	V

問4 ある一定の温度のもとで、化合物Aを水に溶かすと化合物Bへと変化する。この反応は反応式 $A \rightleftharpoons B$ で表される可逆反応であり、十分な時間が経過すると平衡状態になる。この反応における正反応 ($A \rightarrow B$) の反応速度定数 (速度定数) を k_1 、逆反応 ($B \rightarrow A$) の反応速度定数 (速度定数) を k_2 としたとき、ある温度では $\frac{k_1}{k_2} = 1.5$ であった。

化合物Aと化合物Bの濃度の変化を正しく示しているグラフを a～e から選びなさい。ただし、反応開始時の化合物Aの濃度は $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であり、化合物Bは存在しなかったものとする。



問5 水と混じりあわず、また、水と反応しない有機化合物 Z と水を真空の密閉容器に入れて、ある一定の温度のもとで放置したところ、Z と水は気液平衡の状態になった。このとき Z と水の蒸気圧は、それぞれ 2.03×10^4 Pa, 8.12×10^4 Pa であった。Z と水の混合気体を回収後、冷却して液体とし、質量を測定すると、Z は 15.0 g, 水は 7.20 g であった。Z の分子量に最も近い数値を a ~ e から選びなさい。ただし、水の分子量は 18 とし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

- a 25.0 b 50.0 c 100
d 150 e 200

問6 不揮発性の溶質を水に溶かして、水溶液の凝固点を測定したところ、 -1.8°C であった。この水溶液の沸点上昇度は何 K か。最も近い数値を a ~ e から選びなさい。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$, モル沸点上昇は $0.52 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$, 凝固点は 0°C とする。

- a 0.17 b 0.25 c 0.51
d 1.0 e 1.5

4 問1～問7に答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $S = 32$ とする。

問1 分子式 $C_4H_6O_2$ でエステル結合をもつ環式化合物には、何種類の構造異性体があるか。a～eから選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。

a 3 b 4 c 5 d 6 e 7

問2 アルカンとシクロアルカンに関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 分枝状構造のアルカンの沸点は、同じ炭素数の直鎖状構造のアルカンの沸点より高い。
- b アルカンの分子間にはたらく引力は、主にファンデルワールス力である。
- c 直鎖状のアルカンの炭素原子間の結合は自由に回転できるが、シクロアルカンの炭素原子間の結合は自由に回転できない。
- d シクロヘキサンの環をつくる炭素の結合角 $C-C-C$ は、いずれも 120° である。
- e シクロプロパンの炭素原子間の結合にはひずみがあるため、環を開く反応が起こりやすい。

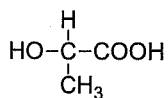
問3 芳香族化合物に関する記述 a～eのうち、正しいものを2つ選びなさい。

- a アニリンは弱い塩基性を示し、さらし粉水溶液に滴下すると液は赤紫色を呈する。
- b ニトロベンゼンは水より重い油状の液体で、酸性の水溶液には不溶であるが塩基性の水溶液に溶ける。
- c 安息香酸は昇華性のある無色の結晶で、冷水によく溶けて弱酸性を示す。
- d 塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を加熱すると、窒素とフェノールを生じる。
- e *o*-, *m*-, *p*-キシレンは、いずれも過マンガン酸カリウムで酸化したのち加熱すると無水フタル酸を生じる。

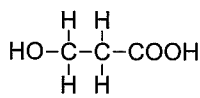
問4 カルボン酸とその関連化合物に関する記述 a～eのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a カルボン酸の沸点は、同程度の分子量をもつアルコールよりも高い。
- b カルボン酸のナトリウム塩は水に溶けやすいが、カルシウム塩は水に溶けにくい。
- c ギ酸は脂肪酸の中で最も強い酸性を示す。
- d 酢酸と無水酢酸はいずれも水に溶けやすい。
- e 1 mol の油脂を完全に加水分解すると、1 mol のグリセリンと 2 mol の脂肪酸が得られる。

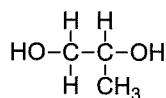
問5 化合物とその構造異性体の数の組合せ a～e のうち、誤っているものを1つ選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。



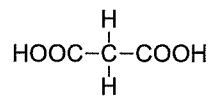
A



B



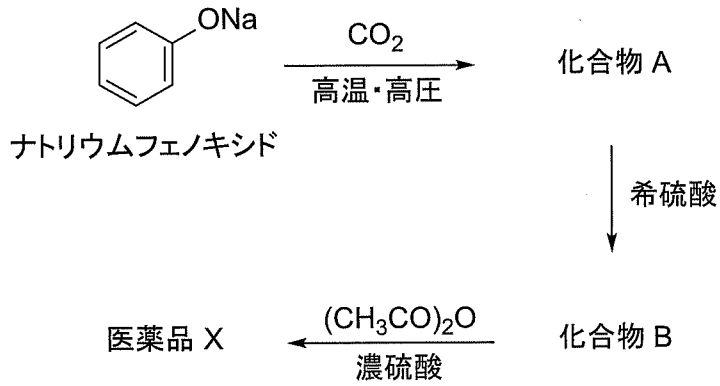
C



D

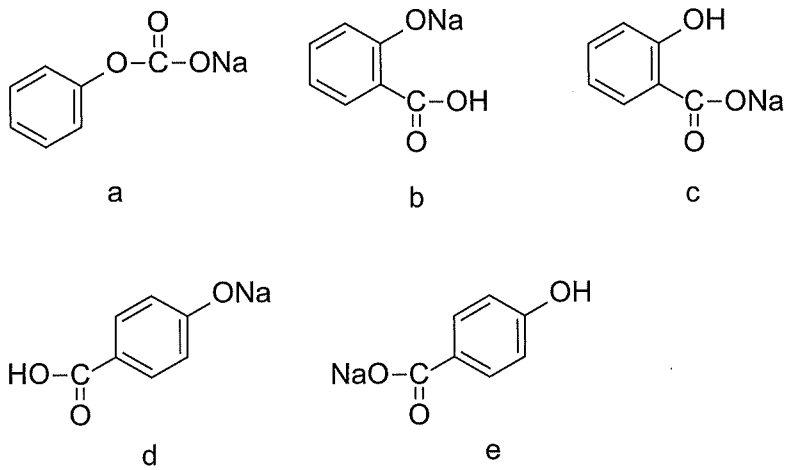
	化合物	構造異性体の数
a	1分子のAと1分子のBの脱水縮合により生じるエステル結合を1つもつ鎖状化合物	2種類
b	2分子のAと2分子のBの脱水縮合により生じるエステル結合を3つもつ鎖状化合物	6種類
c	2分子のAと2分子のBの脱水縮合により生じるエステル結合を4つもつ環状化合物	4種類
d	各1分子のA, C, Dの脱水縮合により生じるエステル結合を3つもつ環状化合物	2種類
e	各1分子のA, B, C, Dの脱水縮合により生じるエステル結合を4つもつ環状化合物	6種類

問6 図はナトリウムフェノキシドから医薬品 X (分子式 $C_9H_8O_4$) を合成する反応経路を示している。(1)～(3)に答えなさい。

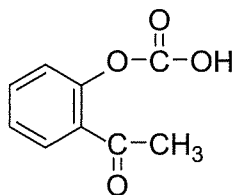


図

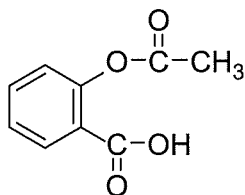
(1) 化合物 A の構造式として適切なものを a～e から 1 つ選びなさい。



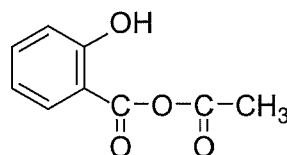
(2) 医薬品 X の構造式として適切なものを a ~ e から 1 つ選びなさい。



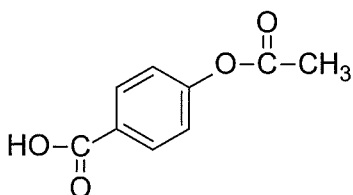
a



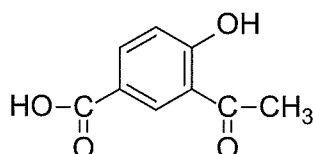
b



c



d



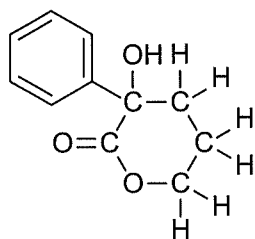
e

(3) 記述 a ~ e のうち、正しいものを 1 つ選びなさい。

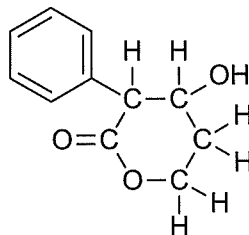
- a ナトリウムフェノキシドは、フェノールを炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解すると得られる。
- b 1 mol の化合物 B と 1 mol の無水酢酸が反応すると、1 mol の医薬品 X と 1 mol の酢酸が生成する。
- c 医薬品 X は、塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって赤紫色を呈する。
- d 医薬品 X は、ヨードホルム反応を示す。
- e 医薬品 X は、化学療法薬として用いられる。

問7 有機化合物Aの分子内脱水反応を行ったところ、有機化合物BとCが生成した。BとCはいずれも不斉炭素原子をもたない。Bを加水分解すると、不斉炭素原子をもつ化合物Dが得られた。Aの構造式として適切なものをa～hから1つ選びなさい。ただし、立体異性体については考えないものとする。

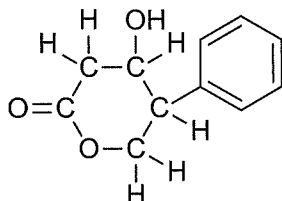
a



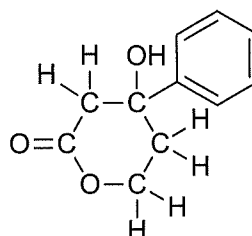
b



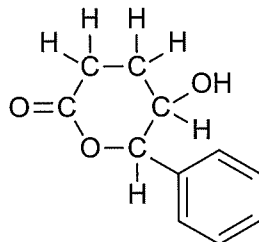
c



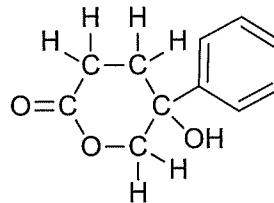
d



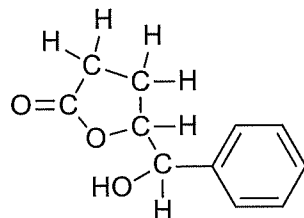
e



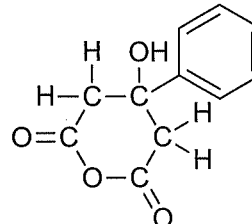
f



g



h



(この頁は余白)

5 問1～問3に答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$ とする。

問1 単糖と二糖に関する記述 a～fのうち、誤っているものを2つ選びなさい。

- a 加水分解によってそれ以上簡単な糖を生じないものを単糖といい、1分子の糖から加水分解により2分子の単糖を生じるものを二糖という。
- b DNAとRNAの構成糖は、いずれもペントース(五炭糖)のリボースである。
- c マルトース、セロビオース、トレハロース1分子をそれぞれ希硫酸と加熱して加水分解すると、いずれも2分子のグルコースを生じる。
- d 単糖と二糖はいずれもヨウ素デンプン反応を示さない。
- e ホルミル基(アルデヒド基)をもつガラクトースは還元性を示し、ホルミル基をもたないフルクトースは還元性を示さない。
- f スクロースに濃硫酸を加えると、スクロース1分子から11分子の水が脱離し、炭化する。

問2 3種類のアミノ酸からなる鎖状のトリペプチドAを元素分析したところ、成分元素の質量百分率として窒素を12.7%含んでいた。Aにナトリウムを加えて加熱・融解したのち、生成物を水に溶かして酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。また、Aを加水分解して得られたアミノ酸をpH6の水溶液中で電気泳動すると、そのうちの1つは陰極側に移動した。Aを構成するアミノ酸をa～fから3つ選びなさい。

- a グリシン(分子量75)
- b アラニン(分子量89)
- c リシン(分子量146)
- d グルタミン酸(分子量147)
- e メチオニン(分子量149)
- f チロシン(分子量181)

問3 平均分子量 6.78×10^4 のナイロン 66 1分子には、アミド結合がいくつ含まれるか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、アジピン酸の分子量は 146、ヘキサメチレンジアミンの分子量は 116 とする。

a 259

b 278

c 300

d 518

e 556

f 600

