

平成 28 年度

[理 科]

問 題 用 紙

試験時間	120分
問題用紙	物理 1 ~ 8頁
	化学 9 ~ 20頁
	生物 21 ~ 31頁

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 机上には、受験票と筆記用具および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。
6. 筆記用具は鉛筆、シャープペンシル、消しゴムのみとする。
(コンパス、定規等は使用できない。)
7. 止むを得ず下敷を使用する場合は、監督者の許可を得ること。
8. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
9. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
10. この問題用紙の余白は草稿等に自由に用いてよい。
11. 耳栓の使用はできない。
12. 携帯電話等の電源は必ず切り、鞆の中にしまうこと。
13. 質問、用便、中途退室など用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
14. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
15. 退室時は、試験問題および解答用紙を裏返しにすること。
16. 試験終了後、この問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

化 学

必要があれば、以下の数値を用いよ。

原子量 H : 1.00 C : 12.0 O : 16.0

気体定数 $8.30 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

$0^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$

[I] 文章を読んで、問いに答えよ。なお、ベンゼンの凝固点は 5.53°C であり、モル凝固点降下は $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg} / \text{mol}$ である。また、溶液はすべて希薄溶液とみなせることとし、安息香酸 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ のベンゼン溶液の密度は濃度にかかわらず等しいものとする。

4.80 g の不飽和炭化水素 X をベンゼン 100 g に溶かした溶液 1 がある。これをかき混ぜながらゆっくりと冷却したところ、図に示すように、冷却開始とともに溶液の温度は急速に低下したが、C 点を境に一気に上昇した後、D 点から徐々に低下した。E 点から F 点の間では温度は一定に保たれ、F 点以降再び低下した。溶液 1 の凝固点は 3.61°C であった。

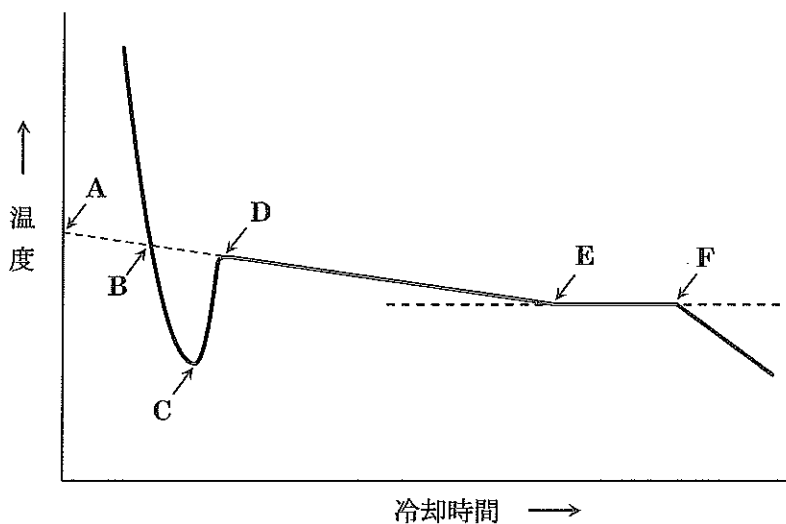
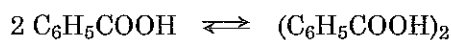


図 溶液 1 の冷却曲線

また、1.71 g の安息香酸をベンゼン 100 g に溶かした溶液 2 の凝固点は 5.12°C であった。このときの凝固点降下度は、安息香酸の濃度から予想されるより小さかった。これは、ベンゼン中で

安息香酸が電離せず、2個の安息香酸分子が会合した二量体を形成するためである。この会合は可逆的であり、次式で示される。ただし、温度による平衡の移動は無視できるものとする。



問1 溶液1で溶液中に結晶が析出し始めるのは、図中のA~Fのうちどの点か。

問2 溶液1の凝固点は、図中のA~Eのうちどの点の温度か。

問3 図の冷却曲線に関する(あ)~(か)の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) この冷却曲線は、純粋なベンゼンの冷却曲線より低温度側に現れる。
- (い) 溶液を急激に冷却するほど、C点の温度は低くなる。
- (う) はじめに析出する結晶は純粋なベンゼンの結晶である。
- (え) D点からE点の間ではベンゼンの結晶と炭化水素Xの結晶が析出する。
- (お) D点からE点の間では溶液が熱を吸収している。
- (か) E点からF点の間で溶液の組成は一定である。

問4 不飽和炭化水素Xはベンゼン中で電離も会合もしない。Xの分子式を書け。

問5 安息香酸に関する(あ)~(お)の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 分子間の水素結合によって二量体を形成する。
- (い) 水溶液中で、電離して安息香酸イオンとなるため、二量体を形成しにくい。
- (う) ベンゼン中と同様にアルコール中で二量体になりやすい。
- (え) ベンゼン中で電離しないのは、ベンゼン分子がイオンに溶媒和しにくいからである。
- (お) 水酸化ナトリウム水溶液によく溶けるが、炭酸水素ナトリウム水溶液には溶けにくい。

問 6 溶液 2 に存在する二量体の質量モル濃度〔mol/kg〕を有効数字 2 桁で求めよ。

問 7 4.88 g の安息香酸をベンゼン 1.00 kg に溶かしたとき、この溶液中で二量体に会合している安息香酸の物質量は安息香酸の全物質量の何%か。小数第 1 位を四捨五入して求めよ。

(計 算 用 紙)

[II] 表1には海水に含まれる主なイオンが書かれている。海水にはこれら以外の溶質は含まれないものとして問いに答えよ。ただし、水溶液中のイオンは、沈殿が形成される時以外は完全解離の状態が存在し、そのモル濃度は温度によって変化しないと仮定せよ。

表1 海水に含まれる主なイオンの濃度 [mol/L]

X^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	Z^{2-}	Cl^-
0.06	0.01	0.48	?	?	0.57

問1 Z^{2-} は多原子イオンで、塩化バリウム水溶液によって白色沈殿を生成する。この沈殿は濃塩酸と煮沸しても溶けない。 Z^{2-} イオンの名称を答えよ。

問2 X^{2+} は2族の金属イオンで、 Z^{2-} との塩は水に溶ける。また、 X の水酸化物は酸には溶けるが水およびアルカリには溶けにくい。 X^{2+} イオンの名称を答えよ。

問3 0.290 mol/L の塩化ナトリウム水溶液 50.0 mL と海水 100 mL をそれぞれ別のビーカーにとり、これら2つのビーカーを大きな容器の中に並べて置いた。大きな容器にふたをして密閉し、室温において平衡になるまで静かに放置したところ、塩化ナトリウム溶液の体積は 20.0 mL だけ減少し、海水の体積は 20.0 mL だけ増加していた。最初の海水に含まれていた陽イオンと陰イオンのモル濃度の和を有効数字3桁で答えよ。ただし、これらの溶液に対して、希薄溶液で成り立つ法則がそのまま適用できると仮定せよ。

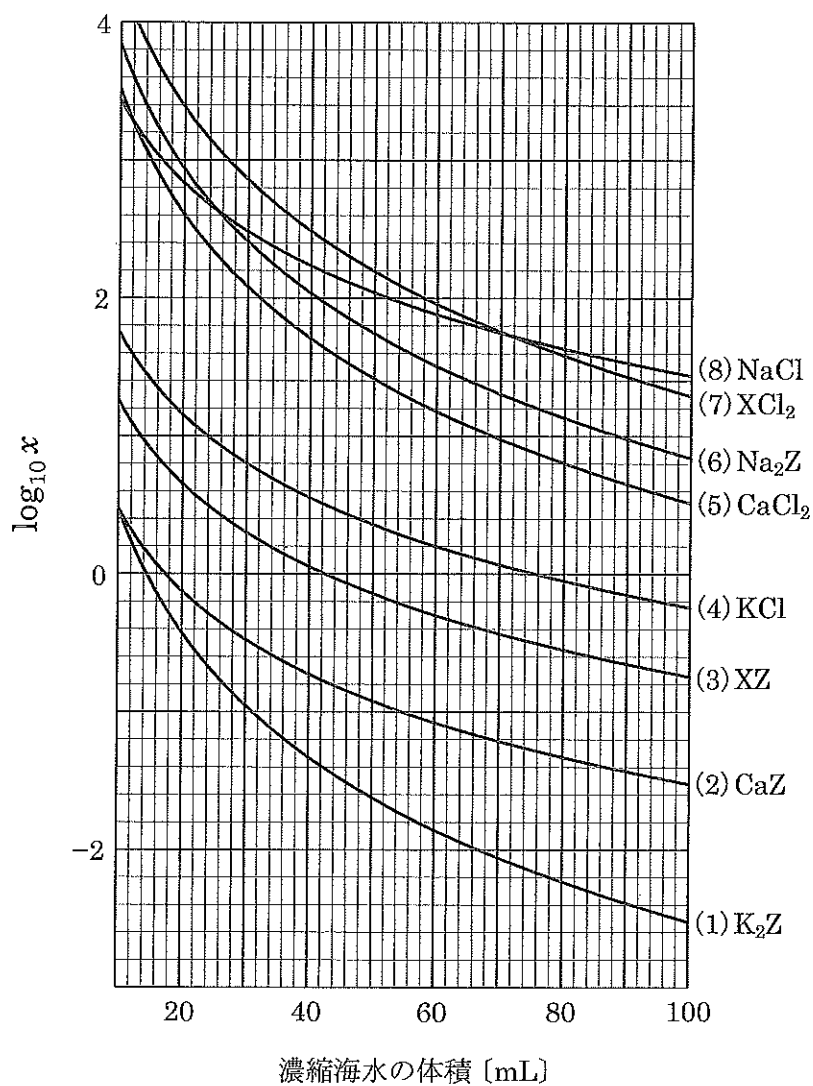
問4 表1に書かれたモル濃度をもとに、 K^+ と Z^{2-} イオンのモル濃度 [mol/L] をそれぞれ答えよ。

問5 海水から沈殿する可能性のある塩は8種類である。表2には、100℃の水溶液中におけるこの8種類の塩の溶解度積 K_{sp} の常用対数値が示されている。また、図には1Lの海水を100℃で100 mL以下に濃縮した際の体積と、以下で定義する変数 x の常用対数値との関係が、各々の塩についてグラフで示されている。変数 x は、 a を陽イオン、 b を陰イオンとするとき、 ab 型の塩では積 $[a][b]$ の値、 a_2b 型の塩では積 $[a]^2[b]$ の値、 ab_2 型の塩では積 $[a][b]^2$ の値をとるものとする。ただし、 $[a]$ および $[b]$ は、濃縮によってどのような塩も沈殿しないと仮定した場合の、濃縮海水中のイオン a および b のモル濃度である。

表と図をもとに、海水を100°Cで濃縮したときに最初に沈殿する塩と2番目に沈殿する塩を、図または表2に示された(1)~(8)の塩の番号で答えよ。なお、溶解度積は本来、難溶性の塩に対して定義される量であるが、可溶性の塩に対しても同様に定義できると仮定せよ。

表2 モル濃度で定義された溶解度積 K_{sp} の常用対数値 (100°C)

	(1) K_2Z	(2) CaZ	(3) XZ	(4) KCl	(5) $CaCl_2$	(6) Na_2Z	(7) XCl_2	(8) $NaCl$
$\log_{10} K_{sp}$	0.421	-4.62	1.24	1.76	3.47	1.42	2.66	1.65



図

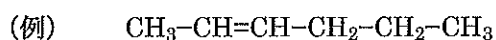
[III] 文章を読んで、問いに答えよ。

側鎖をもたない鎖状の炭化水素 A, B は、常温・常圧の下で気体として存在する。同一物質量の A と B の燃焼にはそれぞれ同じ量の酸素を必要とする。A と B が同じ物質量ずつ含まれる混合気体を、77°C で 7.0 L の容器に封入したところ、 4.15×10^4 Pa の圧力を示した。また、この混合気体は 0.50 mol の酸素を消費して完全に燃焼した。さらに、臭素水の入った試験管 2 本を用意し、それぞれの試験管に A と B を別々に通じたところ、B を通じた試験管のみ臭素水の色が消えた。なお、B は銅(I)イオンを触媒とした炭化水素 C の二量化によっても得られた。

問 1 この混合気体の全物質量 [mol] を求めよ。

問 2 炭化水素 A および B の分子式を答えよ。

問 3 炭化水素 A および B の構造式を例にならって書け。



問 4 1 mol の炭化水素 B に対し、最大で何 mol の臭素を付加できるか。

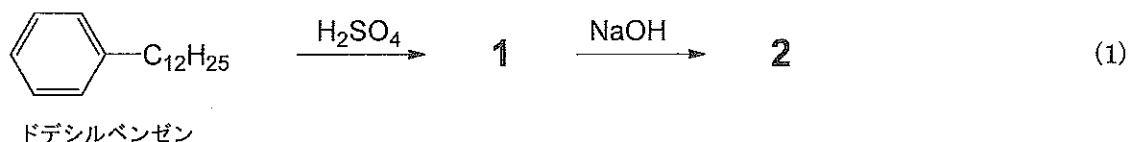
問 5 炭化水素 C の名称を答えよ。

問 6 炭化水素 C に、アンモニア性硝酸銀水溶液を作用させると生じる白色沈殿の名称を答えよ。

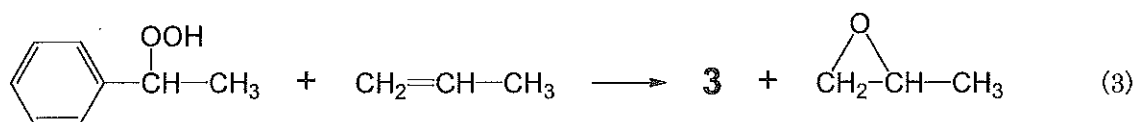
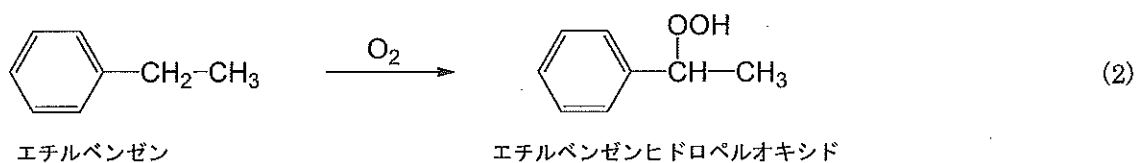
(計 算 用 紙)

[IV] 文章を読んで、問いに答えよ。

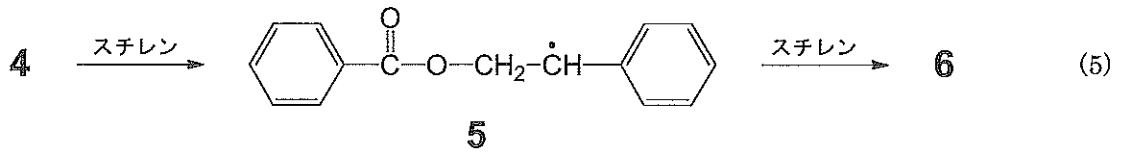
ドデシルベンゼンに反応式(1)のような反応を行うと、化合物1を経て合成洗剤である化合物2が生成する。セッケンの水溶液は弱塩基性を示すため、**ア**を含む繊維である羊毛や絹の洗浄に適さないが、化合物2の水溶液は**イ**であるためこれらの洗浄が可能である。また、(a)セッケンは硬水中で用いると洗浄力が落ちるが、化合物2は海水や硬水中でも高い洗浄力を有する。



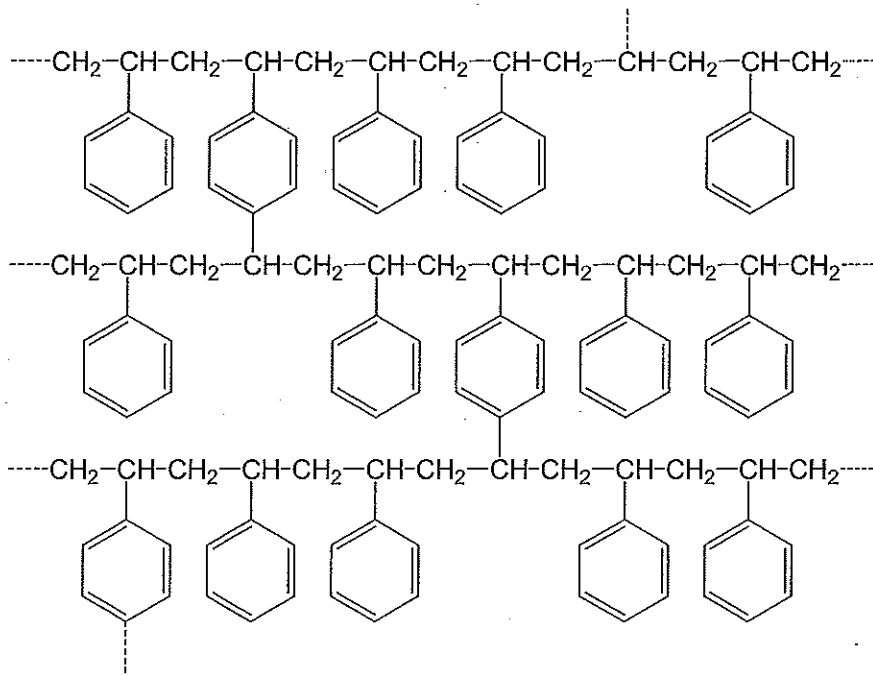
合成樹脂の原料であるスチレンの製造法の1つに、以下のような方法がある。エチルベンゼンから反応式(2)のようにエチルベンゼンヒドロペルオキシドを合成し、さらに反応式(3)のように化合物3を合成し、この化合物3から**ウ**反応によりスチレンを合成する方法である。



スチレンを空气中に放置しておくと、酸素により容易に**エ**してしまうが、効率よくポリスチレンを合成するには、**エ**を開始させるものが必要である。たとえば、過酸化ベンゾイルは反応式(4)のように熱により酸素と酸素の間の共有結合が切れ、4のようなラジカルが生成する。ラジカルは**オ**(構造式中の \cdot)を有するため、化学的に不安定で、反応性が高い。反応式(5)のようにラジカル4にスチレンが付加するとラジカル5が生成し、さらにラジカル5にスチレンが付加するとラジカル6が生成する。このような反応をくり返すことによってポリスチレンが生成する。



ポリスチレンに反応式(1)と同じような反応を行うと、ポリスチレンに官能基をつけることができる。しかし、鎖状のポリスチレンにこのような官能基をつけると、水溶性の高分子になってしまう。そこで、図に示すような網目状の構造をあらかじめ作っておき、これに反応式(1)と同じような反応を行うと水に溶けない樹脂にすることができる。



図

問 1 ア ~ オ にあてはまる単語を書け。

問 2 下線部(a)の理由を答えよ。

問 3 化合物 2, 3 の構造式を書け。

問 4 ラジカル 6 の構造式を 4, 5 の構造式にならって書け。

問 5 あるポリスチレン 3.00 g を 1.00 L のシクロヘキサンに溶かした。この溶液の浸透圧を 27°C で測定したところ、 2.49×10^2 Pa であった。このポリスチレンは平均して何分子のスチレンが重合したものであるか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ポリスチレンの末端の構造は無視してよいものとする。

問 6 図のような網目状の構造を作るために、スチレンとともに原料として用いる化合物の構造式を書け。

問 7 図のような網目状の高分子に反応式(1)と同じような反応を行い、粒子状の樹脂 A を得た。十分な量の樹脂 A をカラム（下にコックのついたガラス管）につめ、カラムの上から十分な量の塩酸を流した。続いて純水でよく洗浄し、カラムの下から流れ出てきた溶液が中性になったのを確認した。このカラムの下に三角フラスコを置き、ある場所からとってきた地下水 20.0 mL を樹脂 A に流し、さらに純水で完全に洗い、流れ出てきた溶液をすべて集めた。この溶液を、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和したところ、水酸化ナトリウム水溶液は 11.1 mL 必要であった。この地下水中の陽イオンの総濃度が 4.35×10^{-2} mol/L であるとき、1 価の陽イオンの総濃度は 2 価の陽イオンの総濃度の何倍であるか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、この地下水中の陽イオンは 1 価と 2 価のみであるとする。

(計 算 用 紙)