

理 科

理科は 物理 化学 生物 のうち 2 科目を選択受験のこと。

物理 …… 1 頁 化学 ……15 頁 生物 ……37 頁

解答はマークシート及び解答用紙に記入すること。

[注 意 事 項]

1. 監督者の指示があるまでは、この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは、コンピュータで処理するので、折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに、氏名・受験番号を記入し、科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

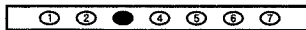
受験番号のマーク例(3015の場合)

受 験 番 号			
3	0	1	5
千位	百位	十位	一位
○	●	○	○
①	①	●	①
②	②	②	②
●	③	③	③
④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨

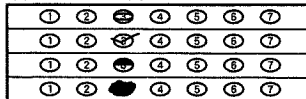
4. マークシートにマークするときは、HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には、消しゴムで丁寧に消し、消し^{ていねい}くずを完全に^{ていねい}取り除いたうえで、新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い、正しくマークすること。

(例えば3と答えたいとき)

正しいマーク例



誤ったマーク例



- をする
- ✓をする
- 完全にマークしない
- 枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが、科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答用紙は所定の位置に記入すること。

化 学

I

第1問 次の各問いに答えよ。必要であれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Mg = 24.3, Cl = 35.5, Fe = 56.0
とする。〔解答番号 ~ 〕

問 1 定温定圧で、2 l の気体 A と 1 l の気体 B がすべて反応して気体分子 C が 2 l できた。気体分子 A, B はそれぞれ 2 原子で構成されていた。このとき、気体分子 C を構成する原子の数を次の①~⑤の中から一つ選べ。

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

問 2 ある金属酸化物を 8.06 g とり、完全に塩化物にしたら、塩化物 19.06 g を得た。金属の価数に変化は無かった。この金属塩化物中の金属の質量(g) に最も近い値を次の①~⑤の中から一つ選べ。 g

- ① 3.20 ② 4.86 ③ 9.86
④ 11.96 ⑤ 14.20

問 3 マグネシウム粉末、鉄粉末、銀粉末の混合物 2.0 g を充分量の希硫酸に加えた。この時発生した水素は 0℃, 1 atm (1.013×10^5 Pa) で 960 ml であり、残った金属粉の質量は 0.40 g であった。始めに存在したマグネシウム粉末の質量(g) は次の①~⑥のいずれが最も近いか。 g

- ① 0.23 ② 0.31 ③ 0.61
④ 0.75 ⑤ 1.23 ⑥ 1.50

問 4 炭素は主に ^{12}C と ^{13}C からなり、その原子量は 12.011 である。 ^{12}C の相対質量は 12.000 である。 ^{12}C と ^{13}C の存在比を求めよ。ただし、 ^{13}C の相対質量は質量数に等しいとする。最も近い値を①～⑧の中から一つ選べ。

4

- ① 80 : 10 ② 85 : 10 ③ 90 : 10 ④ 100 : 10
 ⑤ 105 : 10 ⑥ 110 : 10 ⑦ 115 : 10 ⑧ 1000 : 10

問 5 炭素の結晶ダイヤモンドでは、1つの原子を正六面体の中心に置いたとき、他の4つの原子は図1に示される位置を占めることになる。図2はダイヤモンドの単位格子であるが、図1の正六面体の8倍の体積を有している。ただし、格子の表面の見える部分の原子のみを示している。単位格子を底面に平行な断面で四等分し、底面と上面を含め、その断面を図3に示した。

(a) 単位格子中に含まれる原子数を求めるため、まず、各原子を単位格子中に属する割合ごとにまとめ、該当する原子数を表にした。正しい組み合わせを①～⑥の中から一つ選べ。

5

単位格子中に属する割合	原 子 数					
1	2	2	4	4	8	8
1/2	8	8	6	6	6	6
1/4	4	4	4	0	0	0
1/8	4	8	8	8	8	4
	①	②	③	④	⑤	⑥

(b) 単位格子中に含まれる原子数はいくつになるか。①～⑧の中から一つ選べ。 6

- ① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8
 ⑤ 10 ⑥ 12 ⑦ 14 ⑧ 16

(c) 図2の単位格子の一辺の長さを $L(\text{cm})$ 、ダイヤモンドの密度を $D(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、炭素の原子量を M 、アボガドロ定数を $N(\text{/mol})$ とすれば、単位格子中に含まれる原子数は L, D, M, N を用いてどのように表せるか。

①～⑧の中から一つ選べ。 7

- ① $\frac{DMN}{L^3}$ ② $\frac{N}{DL^3M}$ ③ $\frac{MN}{DL^3}$ ④ $\frac{M}{DL^3N}$
 ⑤ $\frac{L^3M}{ND}$ ⑥ $\frac{DL^3M}{N}$ ⑦ $\frac{DL^3}{MN}$ ⑧ $\frac{DL^3N}{M}$

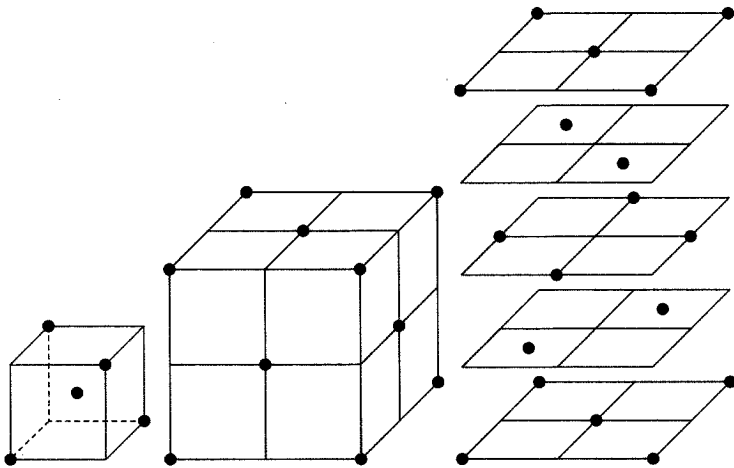


図1

図2

図3

問 6 元素 X は原子番号が酸素より 1 小さい。元素 Y は陽子の数が元素 X より 1 つ少ない。元素 Z は周期表で元素 X と同じ周期上にあり、最外殻に 7 個の電子を持っている。元素 Q は Z よりも原子番号が 2 大きい。元素 R は Z よりも原子番号が 1 大きい元素と同族であり、元素 Q と同じ周期上にある。

次の各問い(a)~(c)に答えよ。

(a) 単体が 2 原子分子で、常温で気体のものの組み合わせで正しいものを

①~⑥の中から一つ選べ。

- ① X と Y ② Y と Z ③ X と Z
④ Z と Q ⑤ X と Q ⑥ Q と R

(b) 元素 X の水素化合物 XH_n で n の値はいくつか。①~⑥の中から一つ選

べ。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(c) 元素 Y と Z からなる化合物 Y_mZ_n で、 m と n の組み合わせで正しいもの

を①~⑥の中から一つ選べ。

- ① $m = 1, n = 2$ ② $m = 1, n = 3$ ③ $m = 1, n = 4$
④ $m = 1, n = 6$ ⑤ $m = 2, n = 3$ ⑥ $m = 2, n = 5$

第2問 次の各問いに答えよ。〔解答番号 ～ 〕

問1 気体に関する次の文章を読み、問い(a)～(c)に答えよ。

気体の体積は圧力および温度によって変化する。イギリスのボイルは一定温度での気体の体積と圧力の間の法則を発見した。また、フランスのシャルルは圧力が一定の時、^A温度の変化による^B体積変化についての法則を見いだした。この2つの法則を一つの式に組み合わせたものをボイル・シャルルの法則といい、これに の法則を加えてまとめた式を気体の状態方程式という。

上に述べた気体の法則は気体の種類によらずだいたい当てはまるが、実際の気体(実在気体)では厳密には適用されない。実在気体の一定温度での圧力と体積の関係は気体の状態方程式から求められる関係とは少しずれている。^C気体の状態方程式が完全に成り立つ気体を理想気体と呼んでいる。

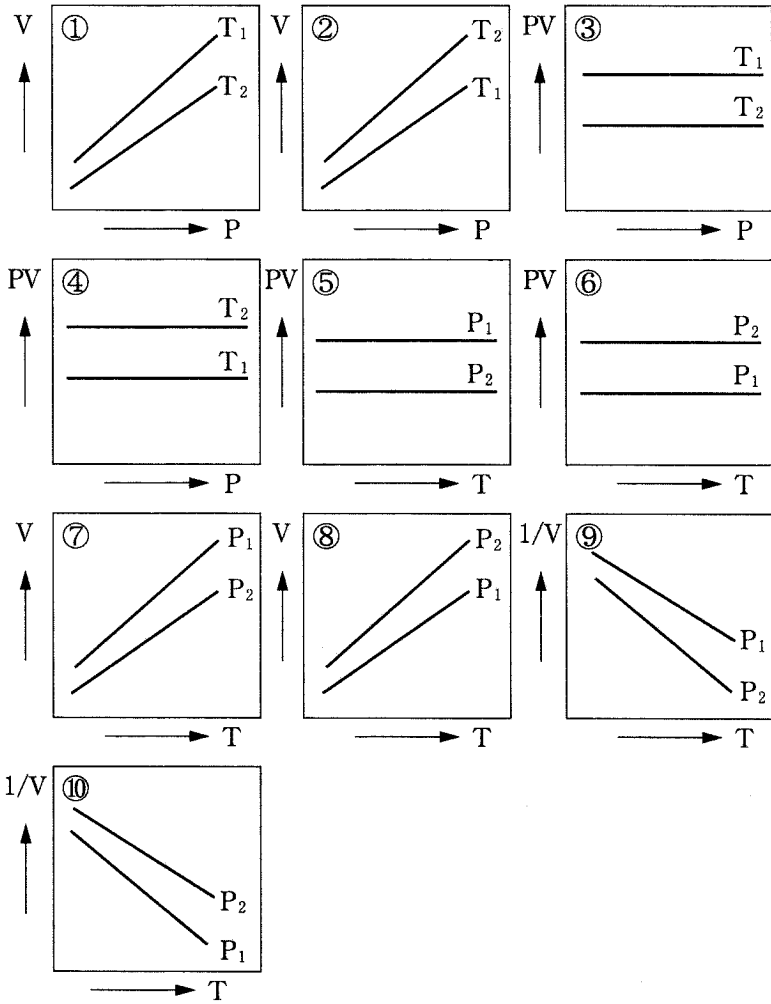
(a) 文中の空欄に当てはまる語句でもっとも適当なものを一つ選べ。

- ① ドルトン ② 質量保存 ③ 定比例
④ 倍数比例 ⑤ アボガドロ

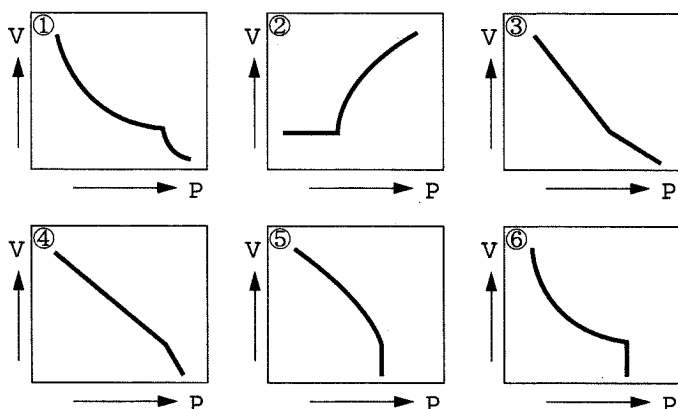
(b) 文中の下線Aをあらわしている最も適切なグラフを解答群①～⑩から一つ選べ。ただし、グラフ中のPは圧力、Vは体積、Tは温度であり、また、 $T_1 < T_2$ および $P_1 < P_2$ とする。

(c) 文中の下線 B をあらわしている最も適切なグラフを解答群①～⑩から一つ選べ。 3

【解答群】



- (d) 内部の体積を変えられるようにピストンを付けた密閉容器中に揮発性液体を入れ、容器の温度を一定に保ちながら、ピストンを液体表面の位置に合わせて、そこからピストンを容器内の体積が増加するようにゆっくりと動かした。この時、容器内の液体は途中で消失した。揮発した気体を理想気体とした時、容器内の体積 V と圧力 P の関係を表しているもっとも適切なグラフを①～⑥の中から一つ選べ。 4

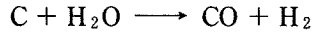


- (e) 文中の下線 C の様になる原因を述べている最も適切な文章を①～⑩の中から二つ選べ。解答の順番は問わない。 5 6

- ① 絶対零度で気体の体積が 0 になるため。
- ② 温度が低くなると、気体分子の運動が遅くなるため。
- ③ 圧力が高くなると、気体分子そのものが押しつぶされて体積が 0 になるため。
- ④ 気体分子自身が体積を持っていて、絶対零度でも体積は 0 にならないため。
- ⑤ 圧力が低くなると、気体分子が運動する空間が増えて気体分子の運動が速くなるため。
- ⑥ 圧力が高くなると、気体分子同士がぶつかる反発力で気体分子の運動が速くなるため。
- ⑦ 温度が高くなると、気体分子自身のもつ体積が小さくなるため。
- ⑧ 気体分子間に分子間力が働くため。

- ⑨ 気体分子が容器の壁にぶつかって跳ね返るため。
- ⑩ 気体分子が容器の壁に吸着するため。

問 2 高温で炭素に水蒸気を反応させると次のように CO, CO₂ および H₂ ガスが発生する。



1.5 mol の水蒸気を十分量の炭素に反応させたところ、反応後の混合気体中の各成分の物質量の百分率は(mol %)は表のようになった。

ガス	組成(mol %)
CO	20 %
CO ₂	5 %
H ₂	30 %
H ₂ O	45 %

次の各問い(a)~(c)に答えよ。ただし、気体は全て理想気体とする。

(a) 炭素と反応した水蒸気は加えた水蒸気の物質量の何%(mol %)か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選べ。 %

- ① 15 ② 30 ③ 40 ④ 45 ⑤ 60 ⑥ 90

(b) 生成した一酸化炭素は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選べ。 mol

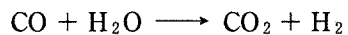
- ① 0.05 ② 0.1 ③ 0.15 ④ 0.2 ⑤ 0.3 ⑥ 0.4

(c) 生成した水素は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選べ。

mol

- ① 0.2 ② 0.3 ③ 0.4 ④ 0.6 ⑤ 0.8 ⑥ 1.0

- (d) 反応後の気体混合物に十分量の水蒸気を加え、高温で触媒を用いて反応を進めると、次のような反応が起きる。

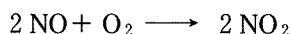
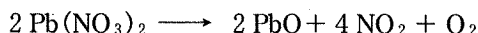


この反応を完結させると、混合ガス中の CO_2 は何 mol になるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選べ。 mol

- ① 0.5 ② 0.6 ③ 0.7 ④ 0.8 ⑤ 0.9 ⑥ 1.0

第3問 次の各問いに答えよ。〔解答番号 ～ 〕

問1 硝酸鉛(Ⅱ)と亜硝酸鉛(Ⅱ)の混合物が W グラムある。この混合物を加熱したとき起きる反応はつぎのように表すことができる。Pb(NO₃)₂ の式量を M_1 、Pb(NO₂)₂ の式量を M_2 として次の問い(a)、(b)に答えよ。



(a) この混合物を加熱したとき O₂ が G mol 得られたとすれば、混合物中に含まれる硝酸鉛(Ⅱ)の質量は何グラムか。 M_1 、 M_2 、 G 、 W の内で必要なものを用いて表した正しい式を①～⑧の中から一つ選べ。 グラム

① $\frac{W - 2M_2G}{M_1 + M_2}$

② $\frac{W + 2M_1G}{M_1 + M_2}$

③ $\frac{2M_1M_2G + M_1W}{M_1 + M_2}$

④ $\frac{2M_1M_2G - M_1W}{2M_1 + M_2}$

⑤ $\frac{2M_1G}{M_1 + M_2}$

⑥ $\frac{M_1W}{M_1 + M_2}$

⑦ $\frac{M_1W - 2M_2G}{(M_1 + M_2)M_2}$

⑧ $\frac{M_1W - 2M_2G}{(M_1 + M_2)M_1}$

(b) この混合物を加熱したとき O₂ も NO も得られなかったとすれば、得られた NO₂ の物質量はいくらか。 M_1 、 M_2 、 G 、 W の内で必要なものを用いて表した正しい式を①～⑧の中から一つ選べ。 mol

① $\frac{4W}{M_1 + M_2}$

② $\frac{2W}{M_1 + M_2}$

③ $\frac{WM_1 - M_2G}{(M_1 + M_2)M_1}$

④ $\frac{WM_1 - M_2G}{(M_1 + M_2)M_2}$

⑤ $\frac{M_1W}{M_1 + M_2}$

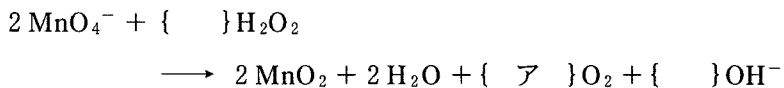
⑥ $\frac{2M_1W}{M_1 + M_2}$

⑦ $\frac{M_1W}{(M_1 + M_2)M_2}$

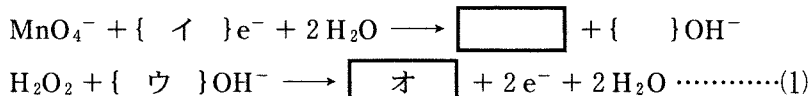
⑧ $\frac{M_2W}{(M_1 + M_2)M_1}$

問 2 空欄を含む次の文を読み下記の問い(a)~(c)に答えよ。文中{ }には係数が、には化学式が入るものとする。

過酸化水素は塩基性溶液中で過マンガン酸イオンと次のように反応する。

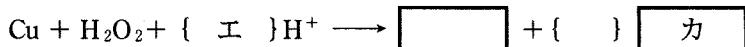


この反応では MnO_4^- と H_2O_2 はそれぞれ次のように反応している。

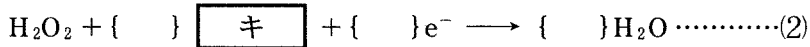


すなわち過酸化水素は還元剤としてはたらいっている。

希硫酸に銅粉と過酸化水素水を加えて加熱すると、溶液の色はうすい青色となる。この変化は次のように示される。



ここでは過酸化水素は酸化剤としてはたらいっている。すなわち



非常にゆっくりした変化ではあるが、過酸化水素はそれ自体で次のように分解してゆく。



反応式(3)は(1)、(2)を組み合わせることによって得られる。また、触媒を添加することにより速やかに進行させることができる。

(a) 係数ア～エはそれぞれどれに相当するか。①～⑧の中から対応するものを一つずつ選べ。同じ係数を何度用いてもよい。 ～

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5
⑤ 6 ⑥ 7 ⑦ 8 ⑧ 9

(b) オ～クに相当する化学式は何か。①～⑧の中から対応するものを一つずつ選べ。同じ化学式を何度用いてもよい。 ～

- ① H^+ ② OH^- ③ H_2 ④ O_2
⑤ H_2O ⑥ H_2O_2 ⑦ MnO_2 ⑧ Cu^{2+}

(c) 反応(3)は発熱反応である。1 mol の H_2O_2 が分解する際に放出される熱量はいくらか。最も近い値を①～⑧の中から一つ選べ。ただし、 H_2O (液)、 H_2O_2 (液) の生成熱はそれぞれ 286 kJ/mol, 190 kJ/mol とする。また、 H_2O_2 (液) の水への溶解熱は考えなくてよい。 kJ

- ① 24 ② 48 ③ 96 ④ 143
⑤ 192 ⑥ 238 ⑦ 381 ⑧ 476

問 3 次の(a)~(c)について、ある条件の下で変化する量を x , y とするとき、 x , y の関係を示す図として適当なものを①~⑫の中から一つ選べ。ただし、図はすべて横軸が x , 縦軸が y を表している。

(a) 定温、定圧の下で起こる発熱反応 $A \rightarrow B$ について、

x : 反応開始からある時刻までに生成した B の物質質量

y : 反応開始からその時刻までに発生した反応熱の総量

12

(b) 定温、定圧の下で起こる反応 $A \rightarrow B$ について、

x : 反応開始から経過した時間

y : その間に生成した B の物質質量

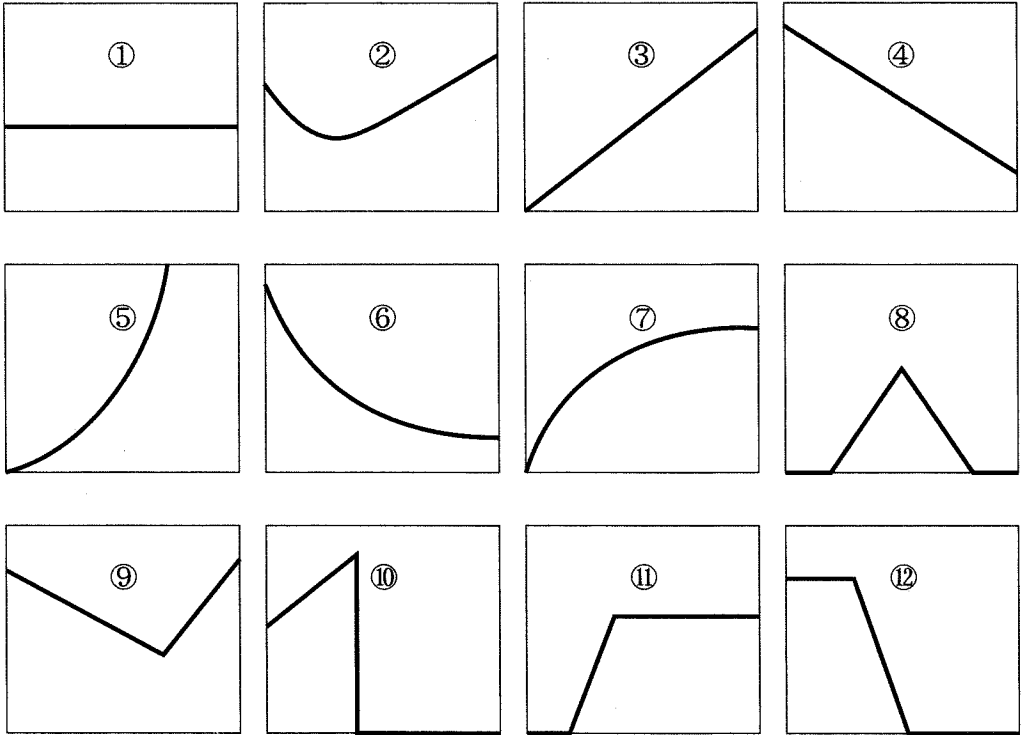
13

(c) 濃度 0.2 mol/l の硝酸亜鉛水溶液 1 ml に、濃度 0.2 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液 5 ml を加えて得られた透明な溶液がある。この溶液に濃度 0.2 mol/l の塩酸 6 ml を少しずつ加えてゆく。

x : 塩酸の添加量

y : 生成する沈殿の量

14



第4問 次の各問いに答えよ。〔解答番号 ~ 〕

問 1 次の文を読み以下の問い(a)~(d)に答えよ。

芳香族化合物 A, B, C, D, E はいずれも分子式 $C_8H_{10}O$ でありヒドロキシ基($-OH$)またはエーテル結合($R-O-R'$)をもつ。これらの中で、化合物 A のみがベンゼンの三置換体である。B, C, D, E はベンゼンの一置換体または 2 置換体である。化合物 B およびその酸化生成物はヨードホルム反応を示した。化合物 C は弱い酸化剤でおだやかに酸化したところ、銀鏡反応をおこす化合物 F を生じた。化合物 F を強い酸化剤である過マンガン酸カリウムの酸性水溶液に加え煮沸すると、化合物 G が生じる。化合物 G は加熱により H_2O がとれて酸無水物となった。化合物 A~E の中で、E のみがナトリウムと反応しなかった。化合物 A, D は塩化鉄(III)水溶液を加えると、いずれも青紫~赤紫色の呈色反応を示した。次の各問い(a)~(d)に答えよ。なお、ここで用いられた試薬と、ベンゼンの置換基のうち炭素を含む置換基中の官能基との反応は、アルキル基に結合した官能基の場合と同じであることが知られている。

(a) 化合物 A は、置換基の位置の違いによる異性体が全部でいくつ存在するか。①~⑤の中から一つ選べ。

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

(b) エーテル結合を持つ化合物はどれか。①~⑤の中から一つ選べ。

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ E

(c) 化合物 G に関連する記述として正しいものを次の①～⑤の中から一つ
 選べ。 3

- ① 化合物 G やその酸無水物は、*o*-キシレンの酸化により作ることができる。
- ② 化合物 G と酢酸を用いエステルを生成すると、生じたエステルの炭素数は 10 となる。
- ③ 化合物 G とエチレングリコールとの縮重合により、高分子化合物のポリエチレンテレフタレートが生じる。
- ④ 化合物 G はベンゼンとプロピレン(プロパン)を、触媒を用いて反応させて得ることができる。
- ⑤ 化合物 G の置換基の位置の違いによる異性体は、G 以外に 3 種存在する。

(d) 化合物 B～E をベンゼンの一置換体と二置換体で分類した。次の①～⑥
 の中から正しいものを一つ選べ。 4

	化合物 B	化合物 C	化合物 D	化合物 E
①	一置換体	一置換体	二置換体	二置換体
②	一置換体	二置換体	一置換体	一置換体
③	一置換体	二置換体	二置換体	一置換体
④	二置換体	一置換体	一置換体	二置換体
⑤	二置換体	二置換体	一置換体	一置換体
⑥	二置換体	二置換体	一置換体	二置換体

問 2 ベンゼン、アニリン、フェノール、ベンゼンスルホン酸の混合物がある。

各成分を分離するために以下の実験をおこなった。次の各問い(a), (b)に答えよ。

実験 混合物に操作 A をおこなった後、エーテルを加えよく振ってから充分静置し、水層とエーテル層に分けた。この水層に操作 B をおこなった後、エーテルを加え振り混ぜ、静置後、エーテル層より W を得た。また、水層から X の塩を得た。はじめのエーテル層について操作 C をおこなった後、よく振ってから充分静置後、水層から Y の塩を得た。エーテル層には Z が残った。

(a) 実験中の操作 A～C のそれぞれに、以下に示した操作(1)～(3)のいずれかを選んで①～⑥に示した。最もふさわしい操作の組み合わせを一つ選べ。

ただし、同じ操作を複数回用いないこととする。 5

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液を充分加える。
- (2) 希塩酸を充分加える。
- (3) 二酸化炭素を溶液に通す。

	操作 A	操作 B	操作 C
①	(1)	(2)	(3)
②	(1)	(3)	(2)
③	(2)	(1)	(3)
④	(2)	(3)	(1)
⑤	(3)	(2)	(1)
⑥	(3)	(1)	(2)

- (b) W, X, Y, Zはそれぞれの化合物に相当するか。最もふさわしい組み合わせを次の①～⑤の中から一つ選べ。 6

	W	X	Y	Z
①	アニリン	ベンゼンスルホン酸	フェノール	ベンゼン
②	フェノール	ベンゼンスルホン酸	アニリン	ベンゼン
③	ベンゼンスルホン酸	アニリン	フェノール	ベンゼン
④	ベンゼン	アニリン	ベンゼンスルホン酸	フェノール
⑤	アニリン	ベンゼン	ベンゼンスルホン酸	フェノール

- 問 3 次の各問い(a)～(c)の答えとして最もふさわしいものを①～⑤の中から一つ選べ。

- (a) 次の物質のうち、フェーリング液を還元するものはどれか。 7

- ① グリセリン ② アミロース ③ スクロース(ショ糖)
④ マルトース(麦芽糖) ⑤ セルロース

- (b) セルロースを酵素で加水分解すると、 β -グルコース($C_6H_{12}O_6$)が二分子結合したセロピオースを生じる。分子量 59,958 であるセルロースを酵素で分解したときに得られるセロピオースの分子数はいくつか。 8

- ① 167 ② 175 ③ 185 ④ 196 ⑤ 333

- (c) アミロペクチンと構成分子全体のつながり方が類似している化合物は次のいずれか。ただし、構成分子間の結合様式は問わない。 9

- ① セルロース ② グリコーゲン ③ タンパク質
④ アミロース ⑤ 6,6-ナイロン

II 日本では国民の約 95 % 以上の人々が水道の恩恵を受けている。水道は河川水、地下水、湖沼水などの原水を浄水して各家庭に供給されている。浄水処理の重要な行程の一つに消毒処理があるが、現在では塩素による消毒が広く用いられている。

次の各問いに答えよ。原子量は必要なら $H = 1.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $S = 32.0$, $Cl = 35.5$, $I = 127$ とせよ。

問 1. 塩素は工業的には電気分解により製造される。

(a) 電気分解で塩素を製造するのに必要な原料は何か。化学式で答えよ。

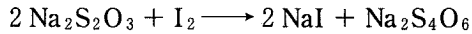
(b) 塩素が発生する電極の反対の極で得られる 2 種類の物質は何か。化学式で答えよ。

問 2. 電気分解以外で塩素を発生させる方法を 1 つ記述せよ。解答は反応式だけを書けばよい。

問 3. 塩素は水に少し溶けて、塩酸および次亜塩素酸が生じる。生じた次亜塩素酸はさらに解離して次亜塩素酸イオンが生じる。次亜塩素酸は次亜塩素酸イオンに比べて殺菌作用が数段強いが、両者の存在比は水溶液の pH によって異なる。次亜塩素酸の電離定数 $K_a = 2.5 \times 10^{-8} \text{ mol/l}$ として、pH が 7 の時の次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの存在比を求めよ。次亜塩素酸の物質量の割合 (mol %) で答えよ。また、解答欄に計算過程も記せ。

問 4. 塩素水中に溶けている塩素濃度を求めるため、次のような実験を行った。

塩素水 50 ml をとり、これに十分量の希硫酸とヨウ化カリウムを加えた。この溶液にデンプン水溶液を加えておき、チオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) の 0.200 mol/l 水溶液で滴定したところ、終点は 25.0 ml であった。チオ硫酸ナトリウムはヨウ素と次のように反応する。



- (a) 終点での溶液の色の変化を 20 字以内で記せ。
- (b) 塩素水 50 ml 中の塩素の質量は何 g か。答えは少数第 3 位まで記せ。