

デザイン工学部A方式I日程・理工学部A方式I日程
生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～16
生 物	18～28

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 生物は生命科学部(生命機能学科)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(都市環境デザイン工学科・システムデザイン学科)、理工学部(機械工学科機械工学専修・応用情報工学科)を志望する受験生は選択できない。
4. 試験開始後の科目の変更は認めない。

(化 学)

- 注意 1. 解答は、すべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。
2. 計算問題では、必要な式や計算、説明も解答欄に記入せよ。
3. 記述問題では、化学式はマス目を自由に使ってよい。
4. 必要であれば、原子量は下記の値を用いよ。

元素	H	Li	C	N	O	F
原子量	1.00	6.94	12.0	14.0	16.0	19.0

元素	Na	P	S	Cl	Co	Pb
原子量	23.0	31.0	32.0	35.5	58.9	207

5. 必要であれば、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ を用いよ。

〔I〕 次の文章を読み、下記の設問に答えよ。

酸化還元反応により電気エネルギーを発生する装置が電池である。電池には、マンガン乾電池のように充電できない (ア) 電池と、充電により再利用が可能な (イ) 電池があり、(イ) 電池は蓄電池とも呼ばれる。(イ) 電池として古くから使用されてきたものに鉛蓄電池がある。鉛蓄電池は、正極活物質に (A)、負極活物質に (B)、電解液に (ウ) を用いている。放電時、正極においては (エ) 反応、負極においては (オ) 反応が起こり、^(a)電子の授受が行われる。鉛蓄電池は放電を続けると (カ) が消費されるときともに、両電極表面に (C) が蓄積されて電解液の (カ) 濃度は低くなり、電圧が徐々に低下する。この時、外部の直流電源の正極と負極をそれぞれ鉛蓄電池の正極と負極に接続し電流を流すと、放電の時とは逆向きの反応が起こり、両電極および電解液は元の状態に戻る。

近年広く利用されるようになった (イ) 電池にリチウムイオン電池がある。

リチウムイオン電池の正極活物質には (D) , 負極活物質にはリチウムを結晶間に取り込んだ黒鉛 LiC_6 , 電解液には有機化合物の溶媒に LiPF_6 などのリチウム塩を溶解させた溶液が用いられている。放電にともない、負極の黒鉛からリチウムイオンが放出され正極へ移動する。一方、充電時には、正極の (D) からリチウムイオンが放出されるとともに Co^{3+} が Co^{4+} に (オ) され、負極ではリチウムイオンが (エ) されるとともに黒鉛の結晶間に挿入される。リチウムイオン電池の起電力は、負極活物質として (E) を用いているマンガン乾電池の起電力に比べ高く、多くの電気を蓄えることができる。これは、マンガン乾電池の負極での変化よりもリチウムイオン電池の負極での変化が起りやすいためである。また、リチウムイオン電池は容易に小型化・軽量化が可能であり、低温で用いることができる等の利点がある。
(d)

1. (ア)~(カ)に適切な語句または化合物名を、(A)~(E)に適切な化学式を記せ。
2. 下線部(a), および(b)の反応を、電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。
3. 鉛蓄電池において、放電により負極の質量が 12.0 g 増加した。この時、正極、および(カ)の質量変化は何 g か。それぞれ有効数字2桁で求めよ。
4. 設問3において、この放電により流れた電気量は何 C (クーロン)か。有効数字2桁で求めよ。
5. 下線部(c)のマンガン乾電池について、放電時における負極での反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
6. 下線部(d)において、リチウムイオン電池を低温で用いることができる理由を20文字以内で記せ。

化学

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の設問に答えよ。

アセチレンは、化学工業の重要な基礎原料の一つであり、メタンの熱分解などにより合成される。実験室では炭化カルシウムに水を加えてつくる。アセチレンに酸素を十分に供給して完全燃焼させると、高温の炎を生じる。また、硫酸水銀(Ⅱ)を触媒として水を付加させると、不安定なアルコール(A)を生じるが、これはただちに化合物(B)に異性化する。また、適当な触媒を用いてアセチレンに塩化水素を付加させると、化合物(C)が生じる。

一方、エチレンも化学工業の重要な基礎原料の一つであり、工業的には原油中に含まれる ア の熱分解により合成される。実験室では化合物(D)と濃硫酸の混合物を約 170℃ に加熱して発生させる。エチレンに塩素分子を付加させてつくれる化合物を熱分解すると化合物(C)が生じる。化合物(C)を付加重合させると合成樹脂(E)がつくられる。

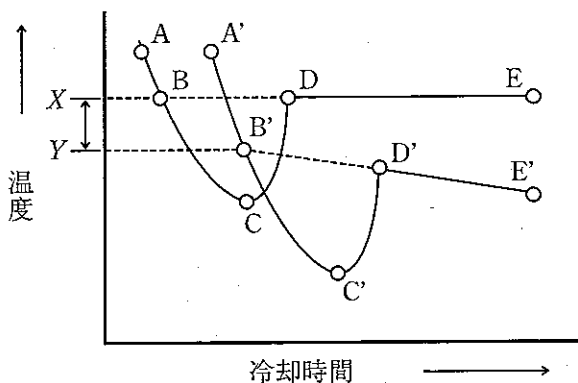
1. 下線部(a)の反応を化学反応式で記せ。
2. 下線部(b)の反応を化学反応式で記せ。
3. アルコール(A)の名称および構造式を記せ。
4. つぎの(1)~(4)のうち、化合物(B)の性質として適切なものには○を、不適切なものには×を記せ。
 - (1) フェーリング液を加えて加熱すると赤色沈殿を生じる。
 - (2) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫~赤紫を呈色する。
 - (3) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると黄色沈殿を生じる。
 - (4) アンモニア性硝酸銀溶液を加えて加熱すると銀が析出する。
5. 化合物(C)を構造式で記せ。
6. アに適切な語句を記せ。
7. 下線部(c)の反応において、発生するエチレンを捕集する方法として最も適切なものを以下の中からひとつ選び、記号で記せ。
 - (a) 上方置換
 - (い) 下方置換
 - (う) 水上置換

8. 下線部(d)において, エチレン 5.60 g と過不足なく反応する塩素分子は何 g か。有効数字 3 桁で求めよ。
9. 平均分子量が 2.50×10^4 である合成樹脂(E)の平均重合度を有効数字 2 桁で求めよ。

化学

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の設問に答えよ。

A. 純溶媒とその溶媒を用いたある溶液を同一条件で冷却したところ、図に示す純溶媒の冷却曲線 ABCDE、および溶液の冷却曲線 A'B'C'D'E' が得られた。



1. 純溶媒の冷却曲線において、凝固が始まる点を ABCDE からひとつ選び、記号で記せ。
2. 純溶媒の冷却曲線において、B から C に至る状態を何というか。適切な語句を記せ。
3. 図中の温度差 $(X - Y)$ を何というか。適切な語句を記せ。
4. 純溶媒の冷却曲線において、C から D への温度上昇が生じる理由を 15 文字以内で記せ。

B. 次の実験操作①～④を水温 20°C で行った。なお、水のモル凝固点降下を $K_f = 1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

- ① 塩化ナトリウム 58.5 g を純水に溶解し、さらに純水を加えて 1000 mL とした。
- ② 操作①で調製した水溶液の質量を測定したところ、 $1.040 \times 10^3 \text{ g}$ であった。
- ③ 操作①で使用した純水の質量を求め、この9倍量の純水を加えた。
- ④ 操作③で調製した水溶液の凝固点は、 -0.370°C であった。

1. 操作①で調製した水溶液の質量パーセント濃度[%]を有効数字3桁で求めよ。
2. 操作①で使用した純水の質量[g]を有効数字3桁で求めよ。
3. 操作①で調製した塩化ナトリウム水溶液の質量モル濃度[mol/kg]を有効数字3桁で求めよ。
4. 操作③で調製した水溶液の塩化ナトリウムの電離度を有効数字2桁で求めよ。

化学

〔IV〕 次の文章を読み、下記の設問に答えよ。

2020年の東京オリンピック・パラリンピックを迎えるにあたって、東京都は燃料電池車(FCV) 6千台、水素ステーション 35ヶ所、家庭用燃料電池 15万台などの具体的数値目標を掲げて水素社会を目指そうとしている。たとえば、従来使用されてきた化石燃料に替えて自動車などの燃料を水素にすることで、その反応生成物は水であることから、温室効果ガスである二酸化炭素の低減が可能と考えられている。

1. つぎの反応はすべて水素分子を生成する。適切な化学反応式を記せ。
 - (1) 赤熱したコークスと水蒸気の反応
 - (2) 高温の一酸化炭素と水蒸気の反応
 - (3) 水の電気分解反応
 - (4) アルミニウムと塩酸の反応
 - (5) アルミニウムと水酸化ナトリウムの混合物と水との反応
2. 容量 120 L の水素燃料タンクを搭載する FCV の走行距離が 650 km であるとき、水素 1.00 g あたりの走行距離は何 m か。また、このとき 650 km の走行中に生成する水は何 kg か。それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。ただし、タンク内の水素圧力は 7.00×10^7 Pa、温度は 27.0 °C とする。
3. 高温、金属触媒存在下、メタンと水の反応で二酸化炭素と水素分子が生じるとする。設問 2 の FCV で用いる水素をこの化学反応を用いて得る場合、650 km の走行に必要なメタンは何 kg か。また、この反応で生成する二酸化炭素は何 kg か。それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。
4. 都市ガスを用いた家庭用燃料電池では、高温、金属触媒存在下、メタンと水の反応で生じた水素を燃料電池に導き、電気エネルギーを得ると同時に反応で生成する熱エネルギーをお湯として回収する。ここで、1世帯が1日で 4.00×10^5 kJ のエネルギーを必要とすると仮定し、これをすべて都市ガスを用いた家庭用燃料電池で得る場合、必要なメタン、および生成する二酸化炭素は1世帯、1日あたりそれぞれ何 kg か。それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。ただし、メタンの燃焼熱は 891 kJ/mol とし、都市ガスは 100 % メタンであると仮定する。

(白 紙)

J