

# 2019 年度 入学 試験 問題

## 理 科

(試験時間 10:30~12:10 100分)

1. 解答用紙は、記述解答用紙（「物理」・「化学」・「生物」の3種類）のみです。
2. 問題は、Ⅰ～Ⅸ（「物理」：Ⅰ～Ⅲ，「化学」：Ⅳ～Ⅵ，「生物」：Ⅶ～Ⅸ）の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科，電気電子情報通信工学科，応用化学科，経営システム工学科，情報工学科，生命科学科，人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科，物理学科，都市環境学科受験者は，「生物」を選択解答できません。選択した問題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を記入してください。（○の記入がない場合は採点の対象となりませんので注意してください。）

なお，4題以上○を記入した場合は，理科の解答はすべて無効となります。

また，「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合，後者の学科においては，「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

|   |     |   |
|---|-----|---|
| I | 選 択 | ○ |
|---|-----|---|

3. 解答は，必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となります。
4. 解答は，HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し，訂正する場合は，プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には，「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。（「物理」，「化学」，「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号，氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後，「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。）

IV 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。

(50点)

原子量：H = 1.00, I = 127

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

図1に示すように、内容積がともに1.00 Lの2つの容器①と②が導管で連結された反応器を考える。導管の中央にあるバルブが閉じた状態で、容器①には  $4.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  の  $\text{H}_2$  が、容器②には  $4.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  の  $\text{I}_2$  が、それぞれ入れてある。この反応器を用いた実験について、以下の問いに答えなさい。気体はすべて理想気体であると仮定して、解答の数値は有効数字2桁で答えなさい。

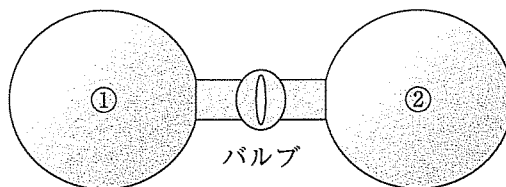
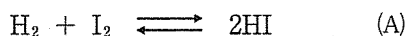


図1 反応器

問い

- (1) バルブを閉じたまま、反応器全体を 300 K に保った。このときの容器①内の圧力 [Pa] を求めなさい。
- (2) バルブを閉じたまま反応器全体を加熱し 410 K に保った。時間が十分長く経過し、容器②内の圧力が一定になったとき、その圧力を測定したら  $2.50 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。このときの容器②内に存在する気体の  $\text{I}_2$  の質量 [g] を求めなさい。ただし、固体の  $\text{I}_2$  の体積は十分小さく無視できるものとする。

- (3) 次に反応器全体を 450 K まで加熱し、バルブを開き触媒存在下で  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  を反応させると、 $\text{I}_2$  はすべて気化し、下の化学反応式で示される反応(A)が速やかに進んで平衡に達した。450 K におけるこの反応の平衡定数は 49.0 であった。このときの連結された容器①と②全体の中に存在する  $\text{H}_2$ 、 $\text{I}_2$ 、 $\text{HI}$  それぞれの物質質量 [mol] を求めなさい。なお、この導管内の体積と触媒の体積は無視できるものとし、バルブを開くと両容器①と②の中の気体は速やかに完全に混合すると仮定する。



- (4) (3)の条件における連結された容器内の圧力 [Pa] を求めなさい。
- (5) (3)の実験につづき、このときの連結された容器①と②に  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  をそれぞれ  $1.11 \times 10^{-2}$  mol をさらに加え、バルブを開けたまま、450 K で平衡になるまで保った。連結された容器①と②全体の中に存在する  $\text{H}_2$ 、 $\text{I}_2$ 、 $\text{HI}$  それぞれの物質質量 [mol] を求めなさい。
- (6) この反応の常圧における平衡定数は温度の上昇に伴い減少する。この反応の反応熱について、正しいものは①～③のうちどれか。以下の解答群から 1 つ選びなさい。

[解答群]

- ① 発熱反応      ② 吸熱反応      ③ 発熱反応でも吸熱反応でもない

V 次の文章を読み、解答欄の指示に従って、空欄  ～  にあてはまる数値、語句、化学式（係数を含む）、またはイオン反応式（電子を含む）を書きなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。（50点）

原子量：Zn = 65.4

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4$  C/mol

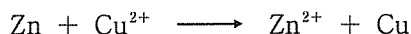
電池は、酸化還元反応を利用して電気エネルギーを取り出す装置である。電池では、各電極上で電極自身もしくは溶液中のイオンや分子が酸化または還元される。それぞれの電極上で起こる酸化還元反応は、電子の移動を含めたイオン反応式で記述される。そして、両極のイオン反応式を組み合わせると、電子を含まない電池の全反応式を書くことができる。ここでは、片方の電極として亜鉛を用いた3種類の電池について考えてみる。

- (1) ダニエル電池は、図1のように硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液の間を素焼き板で仕切り、硫酸亜鉛水溶液には亜鉛板、硫酸銅(Ⅱ)水溶液には銅板を入れて、2つの金属板を導線でつないだ電池である。すなわち、

正極：

負極：

の反応がそれぞれの電極上で起こり、反応の進行とともに両液を仕切る素焼き板を通して  イオンは銅電極側に、 イオンは亜鉛電極側に移動して電荷のバランスを保つ。そして、電池の全反応は、電子を含まない以下のイオン反応式で表せる。



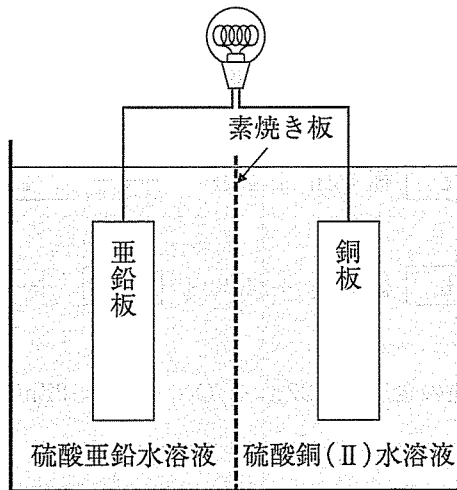


図1 ダニエル電池の概略図

(2) 空気亜鉛電池は補聴器などに使われてきた電池であり、図2のような構造になっている。1つの電極は、細孔から取り込んだ空気中の酸素を、反応させるための触媒を含む多孔性炭素である。他方の電極は亜鉛板を用いており、水酸化カリウム水溶液を染み込ませたセパレーターにより2つの電極は隔てられている。

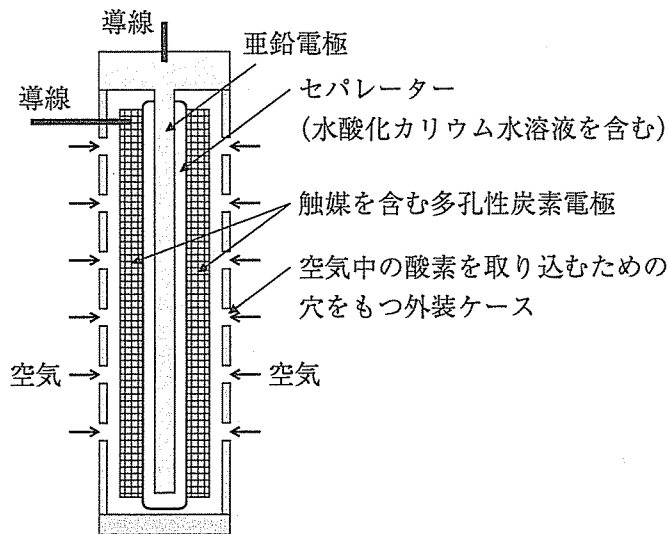
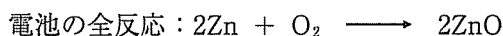
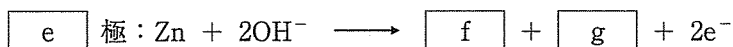
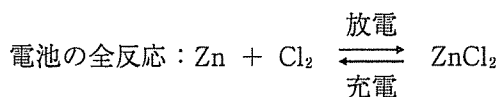


図2 空気亜鉛電池の概略図。外装ケースに空気中の酸素を取り込むための穴がある

それぞれの電極上で起こる反応および全反応は、簡略すると次のようにまとめることができる。



- (3) 図3に示す亜鉛塩素電池は、亜鉛板と塩素ガスを使用し、塩化亜鉛水溶液を電解液として用いた電池である。亜鉛板での電極反応と、多孔性炭素電極上での塩素ガスとの反応が組み合わされている。電池の全反応は、簡単な次の化学反応式で表すことができ、矢印の方向に従って、充電あるいは放電できる。ただし、充電時の水素発生は無視できる。



この電池は2本の電極（亜鉛板および多孔性炭素）、電解槽、塩素貯蔵タンクおよび送液ポンプと貯蔵タンクへの送液管を開閉するバルブとから構成されている。この電池を動作させるためには、ポンプを用いて塩化亜鉛水溶液を亜鉛板と炭素電極の間を循環させて、電極表面に溶液が滞留しないようにする。初めに充電するときには、図3の貯蔵タンクを冷却し、貯蔵タンク下のバルブは閉じておき、炭素電極上で発生する塩素を貯蔵タンクに蓄える。このときには、電池の全反応は左方向に進行し、塩化亜鉛水溶液の濃度は  $\boxed{k}$  する。放電するときには、塩素を含む貯蔵タンクを温めて、塩素水溶液をポンプで炭素電極に送液する。このとき、全反応は右方向に進行して、酸化還元反応が起こり、電気エネルギーを取り出すことができる。この亜鉛塩素電池は充電・放電を繰り返し行えるので、 $\boxed{l}$  電池の一種である。

(a) この電池の全反応から考えて、放電時には正極、負極ではそれぞれどのような反応が起こっているか、電子を含むイオン反応式を書きなさい。

正極：

負極：

(b) この亜鉛塩素電池に 2.0 A の電流で 30 分間充電したときに、充電後の亜鉛板の質量は  だけ  する。ただし、塩素と水との反応などの副反応の影響はないものとする。また、解答の数値は有効数字 2 桁で答えなさい。

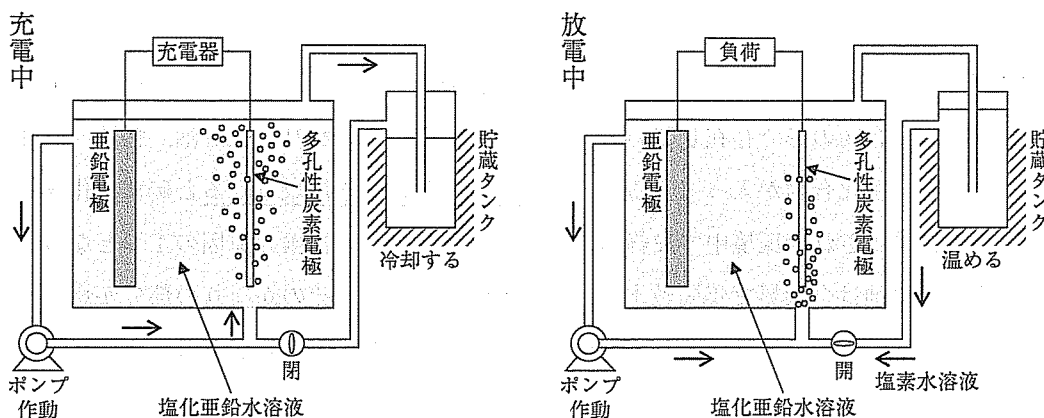


図3 亜鉛塩素電池の充電中（左側）および放電中（右側）のバルブの開閉状態を示した図。小さい泡は塩素ガスを表している

VI 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。  
また、構造式は図1の例にならって書きなさい。(50点)

原子量：H = 1.0, O = 16.0, S = 32.1

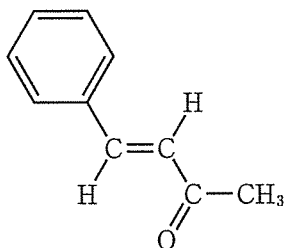


図1 構造式の例

原油には、質量パーセントで0.1～5%の硫黄が含まれており、その多くが硫黄を含む有機化合物の形で存在している。原油から作られるガソリンや灯油、軽油、重油などにも硫黄化合物が入ってくるため、それらをそのまま燃焼させると硫黄酸化物が環境中に排出され、環境中で最終的に硫酸に変化して、酸性雨の原因の1つとなってしまう。原油は全世界で年間数十億tもの生産量があり、そのかなりの部分が燃料として消費されるので、燃料として使用する前に硫黄分を十分に除去することは極めて重要である。

ガソリンなどの石油類の成分から硫黄を除去する重要な方法として、水素化脱硫がある。これは、触媒を用いて硫黄を含む有機化合物を水素と反応させ、硫黄分を硫化水素に変えて除去するものである。硫化水素は有毒な気体であるので、単体硫黄に変えて回収する。そして、この硫黄は硫黄資源として利用される。その主な用途として、硫酸の製造や天然ゴム(生ゴム)への添加があげられる。我が国では、石油から得られる硫黄で、工業的に必要な硫黄のほとんどすべてがまかなわれている。



問い

- (1) 下線部(ア)について、石油に含まれる硫黄化合物の1つとして、図2の化合物A ( $C_4H_4S$ ) が知られている。Aが完全燃焼するときの化学反応式を書きなさい。

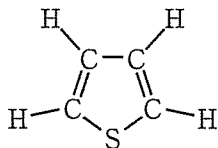


図2 化合物Aの構造式

- (2) 下線部(イ)について、年間  $4.0 \times 10^9$  tの原油が生産され、質量パーセントでその1.0%が硫黄であると仮定する。原油中の硫黄がすべて燃焼して環境中に放出され、硫酸に変化すると考えたとき、1年間に何tの硫酸が環境中に放出されることになるか。解答は有効数字2桁の数値で答えなさい。
- (3) 下線部(ウ)の水素化脱硫の際に、(1)の化合物Aからは硫化水素の他にブタンが生成することが知られている。生成物が硫化水素とブタンのみと仮定すると、1 molのAを水素化脱硫するのに何 molの水素分子が消費されるか。解答は整数値で答えなさい。
- (4) 下線部(エ)について、単体硫黄には斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などのさまざまな a がある。これらのうち、斜方硫黄や単斜硫黄の分子式は b である。aにあてはまる語句およびbにあてはまる分子式を答えなさい。
- (5) 下線部(オ)で製造された硫酸は、直鎖状の長鎖アルキル基 (Rで表す) をもつアルキルベンゼン ( $C_6H_5R$ ) や高級アルコール (ROH) と反応させ、水酸化ナトリウムで中和することによって、合成洗剤を製造するのに用いられる。これらの直鎖アルキルベンゼンや高級アルコールから得られる合成洗剤の示性式をRを用いてそれぞれ答えなさい。

(6) (5)の合成洗剤は、セッケン（高級脂肪酸のナトリウム塩；RCOONa）と比較してどのような差があるか。正しい記述をすべて選び、①～⑥の番号で答えなさい。

- ① セッケンと異なり、水溶液中ではミセルを作らない。
- ② セッケンと異なり、カルシウムイオンとの塩も水に溶けやすい。
- ③ セッケンと異なり、水の表面張力を低下させない。
- ④ セッケンと異なり、水溶液中で加水分解を起こさないで、中性を示す。
- ⑤ セッケンと異なり、水よりもベンゼンのような有機溶媒に溶けやすい。
- ⑥ セッケンと異なり、乳化作用は示さない。

(7) 天然ゴムは分子式  $C_5H_8$  のジエンが付加重合した構造をもつ。このジエンの構造式を書きなさい。

(8) 下線部(カ)について、天然ゴムに質量比で5～8%の硫黄を加えて加熱することにより、どのような効果があるか。正しい記述をすべて選び、①～⑤の番号で答えなさい。

- ① ゴムの耐久性や強度を高めることができる。
- ② ゴムの生分解性が向上する。
- ③ ゴムのリサイクルが行いやすくなる。
- ④ ゴムの弾性が大きくなる。
- ⑤ ゴムが有機溶媒に溶けやすくなる。

(計算用紙)

(設問は次のページにつづく)