

令和 4 (2022) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学、物理、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。  
(ただし出願時に選択した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目 (例えば化学、物理を選択した場合は生物) の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

必要な場合には、次の値を用いよ。原子量 H: 1.0, C: 12, O: 16 気体定数:  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$   
 ファラデー定数:  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

I コロイド粒子は直径が  $10^{-9} \text{ m}$  から  $10^{-7} \text{ m}$  程度の大きさの粒子である。コロイド粒子が他の物質中に均一に分散したものをコロイドという。コロイドでコロイド粒子を分散させているものを(ア)、また分散しているコロイド粒子を分散質という。(ア)と分散質の組合せにはさまざまなものがあるが、いずれもコロイド粒子どうしが集まって沈殿することなく安定に存在している。たとえば水酸化鉄(III)のコロイド粒子の表面は(イ)の電荷を帯びて互いに反発するため、コロイド粒子どうしが接近しにくくなっている。

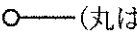
(ア)が液体であるコロイド溶液は特に(ウ)と呼ばれる。ゼラチンはタンパク質のコラーゲンを主成分とするものであるが、これを熱水に溶かして得られたコロイド溶液ではコラーゲンの1分子がコロイド粒子の大きさをもっている。このゼラチン水溶液を冷却すると、長いコラーゲン分子どうしが一部で結びついて網目状の構造を作るため、流動性を失ってゼリーとなる。このような状態のものを(ウ)に対して(エ)という。

セッケン水ではセッケンの分子が疎水性の部分の内側に、親水性部分を外側にして球状に集まった(オ)と呼ばれる集合体が1つのコロイド粒子となっている。これに対して、ムース状の細かなセッケンの泡は(ア)が液体、分散質が気体のコロイドである。

問1 (ア)~(オ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(1)、(3)のようなコロイドのことをそれぞれ何というか。

問3 ゼリーを温めるとゼラチン水溶液となり、冷却すると再びゼリーとなる。このことから下線部(2)のコラーゲン分子どうしを結びつける力として考えられるものを2つ挙げよ。

問4 細かなセッケンの泡では、気体と液体の界面においてセッケン分子はどのように存在するか。セッケン分子を模式的に  (丸は親水性の部分、棒は疎水性の部分を示す)のように表し、セッケン分子どうしの関係がわかるように解答欄の図に記入せよ。

問5 細かなセッケンの泡においてコロイド粒子どうしが接近しにくくなっているのはなぜか。説明せよ。

II 燃料として用いられる物質は時代によって移り変わる。例えば現在の京阪神地域には都市ガスとしてメタンを主成分としたガスが供給されているが、数十年前には、水性ガスと呼ばれるガスが供給されていた。このガスは、毒性の極めて高い可燃性の炭素化合物を含んでいた。以下の問いに答えよ。なお、燃焼によって生成する物質はすべて気体とし、化合物の燃焼熱・生成熱は表に示したとおりとする。

メタン(気体)の燃焼熱	803 kJ/mol
一酸化炭素(気体)の生成熱	111 kJ/mol
二酸化炭素(気体)の生成熱	394 kJ/mol
水蒸気(気体)の生成熱	242 kJ/mol

問1 水性ガスは炭素の単体に高温の水蒸気を作用させて作る。このときの化学反応式を示せ。

問2 都市ガスの成分を水性ガスからメタンに転換することにより、単位時間あたりに燃焼によって得られる熱量は何倍になるか。有効数字2桁で答えよ。ガス管の太さ、ならびに管内でのガスの圧力と単位時間あたりに送られるガスの体積は転換前後で同じであり、ガスの各成分は理想気体であるとする。なお、水性ガスは問1の反応が完全に進行して得られたものであり、水蒸気を含まないものとする。

問3 天然ガスの主成分であるメタンを燃料電池に利用するための研究も行われてきた。メタンと空気を用いる燃料電池を考えると、メタンが作用する電極は正極となるか負極となるか。理由とともに答えよ。

問4 燃焼により生じる二酸化炭素から作られる炭酸水素ナトリウムは、酸性溶液の中和に利用される。濃度不明の塩酸を炭酸水素ナトリウムで中和するとき、pHメーターやpH指示薬などを利用することなく、溶液の状態の観察によってpHが5~9の間になる中和完了を確認することができる。中和反応の進行中に観察されるどのような状態が、中和反応の完了後にどのような状態になるかを記せ。なお、炭酸水素ナトリウム水溶液のpHは約8である。

III 金属を湿った空气中に放置するとその一部が酸化されて、酸化物や水酸化物などに变化したさびを生じることがある。

鉄は様々な器具や建造物に使われているが、さびやすいのでそれを防ぐための処理が行われる。クロムやニッケルなどの合金である(ア)はさびにくく、流し台など様々な用途に用いられる。また、鉄を別の金属で覆うめっきでもさびを防止できる。鉄を(イ)でめっきしたものをブリキといい、(ウ)でめっきしたものをトタンという。(イ)は鉄よりも(エ)が小さく、(ウ)は鉄より(エ)が大きいため、ブリキの方がトタンより酸化されにくく、丈夫である。しかし、いったんブリキの表面に傷がついて鉄が露出すると、鉄が(イ)より先に酸化されてさびを生じる。一方、トタンは表面に傷がついて鉄が露出しても、(ウ)が鉄よりも先に酸化されるので鉄のさびが生じにくい。南部鉄瓶などにみられる黒さびは、鉄を強熱して生じた四酸化三鉄 $Fe_3O_4$ が鉄の表面を覆っているものであり、鉄器全体がさびるのを保護している。

よくみがいた鉄板上に、<sup>(1)</sup>ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウムとフェノールフタレインを含む塩化ナトリウム水溶液を滴下した。すると滴下した溶液の中央部がある色調に変化した。しばらくすると溶液の周辺部が薄い赤色になったことから、周辺部では空気中の酸素が反応したことがわかる。

<sup>(2)</sup>

問1 (ア)~(エ)に適切な語句を書け。

問2 下線部(1)の $Fe_3O_4$ の中には、形式的に酸化数+2と+3の鉄原子が存在すると考えることができる。その比を答えよ。

問3 下線部(2)の反応を電子を含むイオン反応式で示せ。

問4 トタンは鉄板を陰極に、(ウ)板を陽極に用い、(ウ)の塩化物の水溶液を電気分解することで作成できる。電流1.0Aで200秒電気分解したときに析出した(ウ)の質量を有効数字2桁で単位とともに答えよ。なお、(ウ)の原子量は65.4である。また、電流は全て(ウ)の析出に使われたものとする。

問5 ブリキとトタンの表面に傷を付けて鉄を露出させ、それぞれの傷の部分に、以下の溶液を滴下した。

溶液A：塩化ナトリウム水溶液にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウム水溶液を加えた溶液

溶液B：塩化ナトリウム水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えた溶液

それぞれどのようなようになったか。(あ)~(お)から選んで記号で答えよ。

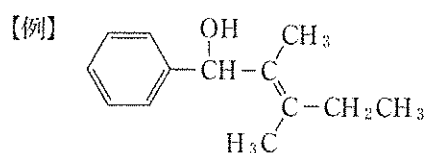
- (あ) 赤色に変化した                      (い) 黄褐色に変化した                      (う) 濃青色に変化した  
(え) 黒色に変化した                      (お) 変化しなかった

IV 同一の分子式で表される化合物A~Fがある。それぞれの沸点は表に示す通りである。

- (1) 112 mgの化合物Aを完全燃焼させたところ、二酸化炭素352 mg、水144 mgが得られた。
- (2) 56 mgの化合物Aを気化させたところ、0℃、 $1.013 \times 10^5$  Paで22.4 mLの体積を占めた。
- (3) 化合物A~Dは白金触媒の存在下で水素を付加させることができたが、化合物EとFは水素が付加しなかった。
- (4) 化合物Dに水分子を付加させると、第一級アルコールと第三級アルコールが生じた。
- (5) 化合物Eはメチル基を有していた。
- (6) 化合物A~Cは臭化水素と反応することで、いずれも化合物GとHを等量生成したが、化合物Aについてのみ、化合物GとH以外にわずかに化合物Iが得られた。なお、GとHは同じ沸点を有していた。

化合物	沸 点
A	- 6℃
B	1℃
C	4℃
D	- 7℃
E	12℃
F	13℃

設問に答えよ。なお、構造式は例にならって記せ。



問1 化合物Aの分子式を示せ。

問2 化合物Dおよび化合物Eの構造式を示せ。

問3 化合物A~Iのうち、互いに立体異性体である化合物の組が2つ存在する。それぞれの組について、化合物の記号を書き、立体異性体のうちの何という異性体であるかを答えよ。

問4 炭素と水素の電気陰性度にわずかな差があるため、炭化水素の構造によって分子全体の極性が異なる。類似した分子では分子全体の極性が大きい方が沸点が高くなることを考慮して、化合物Cの構造式を示せ。

問5 化合物Dに水分子が付加して生じる第三級アルコールの構造式を示せ。