

デザイン工学部A方式Ⅱ日程・理工学部A方式Ⅱ日程
生命科学部A方式Ⅱ日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～18
生 物	20～31

〈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(環境応用化学科・応用植物科学科)を志望する受験生のみ選択できる。デザイン工学部(建築学科), 理工学部(電気電子工学科・経営システム工学科・創生科学科)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. 必要であれば、対数は下記の値を用いよ。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 5 = 0.70, \log_{10} 7 = 0.85$$

4. 必要であれば、原子量は下記の値を用いよ。

元素	H	C	N	O
原子量	1.00	12.0	14.0	16.0

元素	Na	Br	Ag	Ce
原子量	23.0	80.0	108	140

5. 必要であれば、気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、ファラデー定数 $F = 9.70 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、アボガドロ定数 $N_A = 6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$ を用いよ。

〔I〕 次の文章を読んで、以下の設問に答えよ。

常温大気圧下で気体として存在する分子は圧縮・冷却などにより、液体や固体に変化する。液体や固体への変化は分子の性質に依存しており、気体の状態方程式を用いることにより、定量的に議論することができる。一般的に、圧力 P 、体積 V 、絶対温度 T で、物質質量 n の気体に関する状態方程式は以下の(1)式で示される。

$$PV = nRT \quad (1)$$

(1)式に厳密に従う理想気体では、分子自身の体積や分子間力の影響を無視できるため、 P が一定の条件で、 T の値を していくと気体の体積 V は限りなくゼロに近づく。しかし、実在気体では V がゼロになる前に有限の体積をもつ液体や固体になる。つまり、実在気体では P が一定の条件で、 T の値を

(イ) すると分子間力の影響が相対的に強くなって実際の気体の体積 V の値は理想気体よりも (ウ) なる。また、 T が一定の条件で P を (エ) すると分子自身の体積の影響が大きくなって、理想気体と比べて気体の体積が大きくなるなどの理由により、(1)式に従わなくなる。

実在気体に適用できる状態方程式として、(2)式に示すファンデルワールスの状態方程式がある。

$$\left(p + a \frac{n^2}{v^2}\right)(v - nb) = nRT \quad (2)$$

ここで、 p 、 v は実在気体の圧力、体積を示す。これは、ファンデルワールス定数 a および b を用いて、 a により気体分子に働く分子間力の大きさを、 b により分子自身の体積をそれぞれ表すことにより、(1)式を補正したものとなっている。実在気体においても十分に (オ) であれば、理想気体とみなして扱うことができる。

そこで、表1のようにファンデルワールス定数 a 、 b が与えられているヘリウムと二酸化炭素について実在気体と理想気体とを比較してみる。1.00 mol の理想気体を、27.0 °C で 1.00 L に圧縮するには (カ) Pa の圧力が必要となる。一方、(2)式によれば、1.00 mol のヘリウムおよび二酸化炭素を 27.0 °C で 1.00 L に圧縮した場合、分子自身の体積の影響として、それぞれ (キ) mL と (ク) mL の補正が必要となる。しかし、これらの体積に関する補正が無視できるとした場合、1.00 mol のそれぞれの気体を 1.00 L に圧縮するのに必要な圧力の割合は、理想気体の場合に必要 (カ) Pa に対して、ヘリウムで (ケ) %、二酸化炭素で (コ) % となる。それ故、これらの条件下では、ヘリウムは理想気体として扱うことができるのに対し、二酸化炭素は分子間力が強く実在気体として取り扱う必要があることがわかる。

表1 ファンデルワールス定数 a 、 b

分子	a [Pa·L ² /mol ²]	b [L/mol]
ヘリウム	3.47×10^3	2.38×10^{-2}
二酸化炭素	3.66×10^5	4.28×10^{-2}

化学

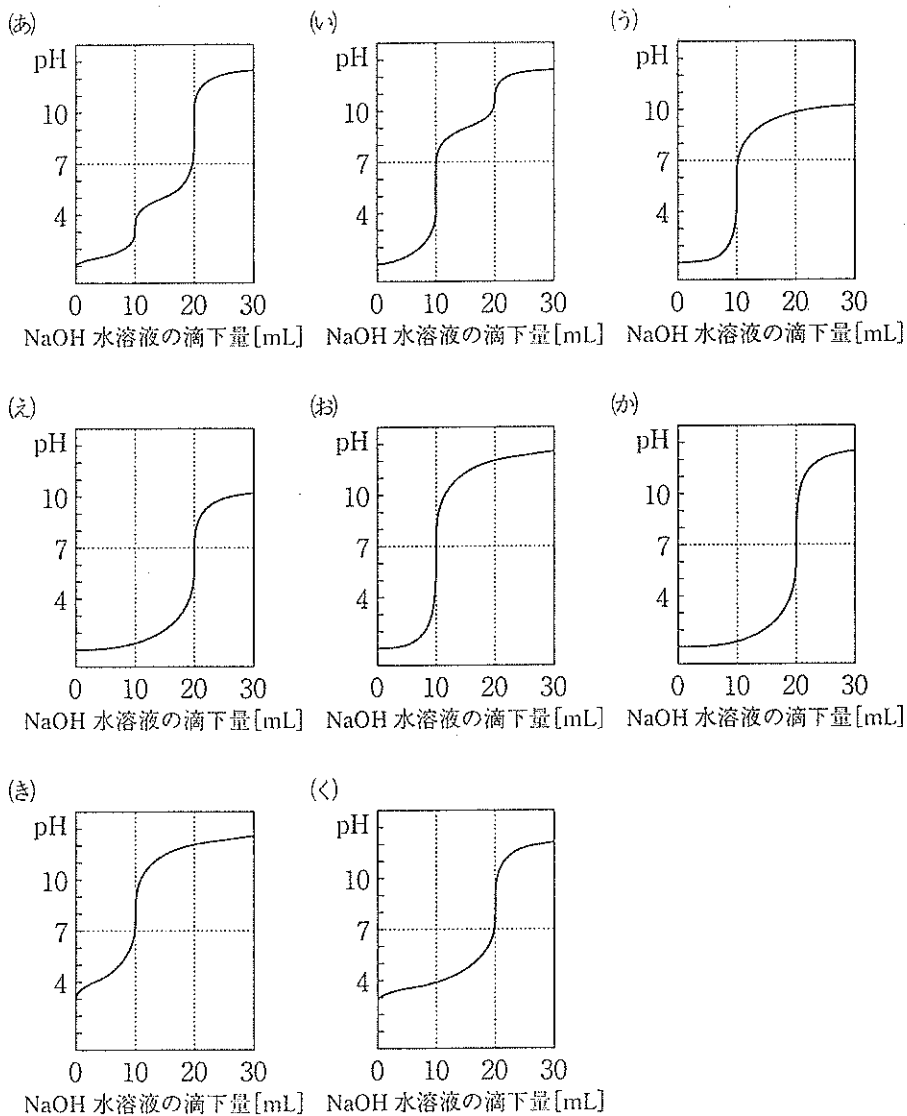
1. 空欄(ア)~(エ)に入る適切な語句を以下の中から選び、記号で記せ。
A：小さく， B：等しく， C：大きく
2. 空欄(オ)に入る語句の組み合わせとして適切なものを以下の中から選び、記号で記せ。
D：低温・低圧， E：高温・低圧， F：低温・高圧， G：高温・高圧
3. 空欄(カ)の値を，有効数字2桁で求めよ。
4. 空欄(キ)，(ク)の値を，有効数字2桁でそれぞれ求めよ。
5. 空欄(ケ)，(コ)の値を，有効数字2桁でそれぞれ求めよ。

〔Ⅱ〕 中和滴定に関して、以下の設問に答えよ。

1. 0.100 mol/L の塩酸 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下した場合の中和滴定曲線を、A 欄の(あ)~(く)の選択肢から 1 つ選び、記号で記せ。
2. 設問 1. の中和滴定に使用できる指示薬として適切なものを B 欄の(ア)~(カ)の選択肢からすべて選び、記号で記せ。
3. 0.100 mol/L の塩酸 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 9.60 mL 滴下した時の水素イオン濃度を有効数字 2 桁で求め、さらに pH を小数点第 1 位まで求めよ。
4. 0.200 mol/L の酢酸 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下した場合の中和滴定曲線を A 欄の(あ)~(く)の選択肢から 1 つ選び、記号で記せ。
5. 設問 4. の中和滴定に使用できる指示薬として適切なものを B 欄の(ア)~(カ)の選択肢からすべて選び、記号で記せ。
6. 0.200 mol/L の酢酸 10.0 mL に 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 15.0 mL 滴下した時の水素イオン濃度を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、生成した酢酸ナトリウムは 100 % 電離し、中和されずに残った過剰分の酢酸の電離は無視できるものとして計算せよ。なお、酢酸の電離定数は $K_a = 2.80 \times 10^{-5}$ mol/L とする。
7. 炭酸ナトリウム水溶液に塩酸を加えると、2 段階の中和を起こす。それぞれの段階における中和の化学反応式を記せ。
8. 炭酸ナトリウム 15.9 g と炭酸水素ナトリウム 10.5 g を蒸留水に溶かして、1.00 L とした。そのうち 20.0 mL をコニカルビーカーに移し、適切な指示薬を用いて、0.200 mol/L の塩酸で滴定した。第 2 中和点までに加えた塩酸の量 [mL] を有効数字 2 桁で求めよ。

化学

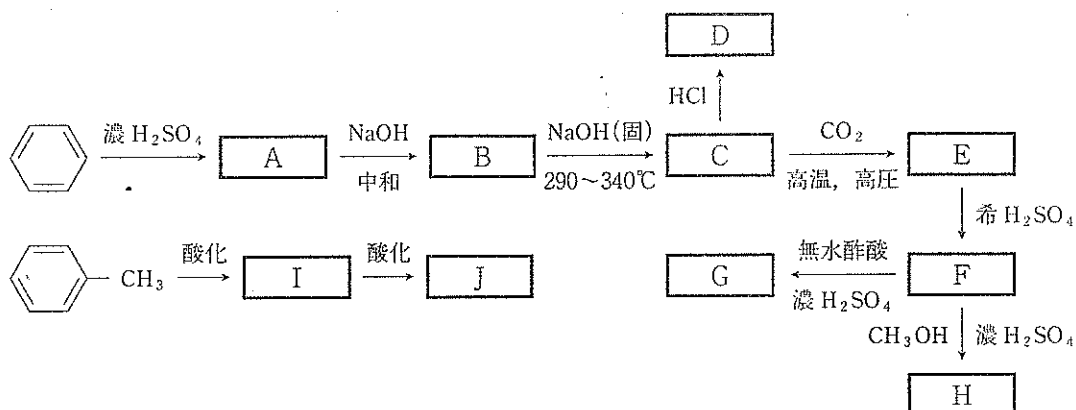
A欄



B欄

- (ア) フェーリング液, (イ) フェノールフタレイン, (ウ) メチルオレンジ,
 (エ) 硝酸銀水溶液, (オ) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液, (カ) 過酸化水素水

〔Ⅲ〕 次の反応経路图中的化合物について、以下の設問に答えよ。



1. 化合物A, E, Iの構造式と名称をそれぞれ記せ。
2. 化合物FからGが生成する反応を化学反応式で記せ。
3. 化合物Fを水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させた。次に十分な量の二酸化炭素を通じた。 この下線(a), (b)の二つの反応をそれぞれ化学反応式で記せ。
4. 化合物A, D, F, G, H, I, Jのうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応し、特有の呈色反応を示す化合物の組み合わせとして最も適切なものを、次の①~⑩のうちから選び、番号で記せ。

① A, D, I	② D, F, H	③ F, G, J	④ F, G, H
⑤ D, I, J	⑥ D, J	⑦ F, J	⑧ G, H
⑨ A, D	⑩ D, I		
5. 化合物A, D, F, H, I, Jのうち、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると気体を発生する化合物の組み合わせとして最も適切なものを、次の①~⑩のうちから選び、番号で記せ。

① A, D, I	② D, F, H	③ D, F, J	④ F, H, J
⑤ A, F, J	⑥ A, D	⑦ A, J	⑧ F, J
⑨ I, J	⑩ F, H		

化学

6. 次の①～⑥の記述のうち誤りを含むものを2つ選び、番号で記せ。
- ① 化合物Dは、無水酢酸と反応してエステルを生成する。
 - ② 酸の強さは、 $A > J > \text{炭酸} > D$ の順である。
 - ③ 化合物Dに混酸を加えて加熱すると、最終的にベンゼン環の *o*-、*p*-の位置が全てニトロ化される。
 - ④ 化合物FからHが生成する反応は付加反応である。
 - ⑤ 化合物Gは消炎鎮痛剤として用いられる。
 - ⑥ 化合物D、Jは水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。
7. 化合物D 4.70 g に臭素水を反応させると、白色沈殿が生じた。この生成物の構造式を記せ。また、この反応が完全に進行したとすると、生成した化合物の質量は何 g か、有効数字2桁で求めよ。

〔IV〕 次の文章を読んで、以下の設問に答えよ。

水素を利用した発電法である燃料電池(図1)は、水素(燃料)と酸素(酸化剤)の反応による エネルギーを、 エネルギーに変換する装置として近年使用されてきた。図1中、 極では、水素が水素イオン H^+ と電子に分かれる反応が起こり、 極では、酸素が電子及び H^+ と反応して水が生成する。燃料電池は水素を燃料としているため、化石燃料を用いた発電と異なり、発電時に温室効果ガスである二酸化炭素を発生しない。すでに、家庭用の発電システム、自動車など身近な利用も進んでいる。

水素は、アンモニア、塩化水素、 メタノールなどの原料として多量に使用されている。工業的に利用する水素は、天然ガスやナフサの改質プロセスによって製造するのが、一般的である。家庭用の燃料電池でも、 家庭に届く都市ガス(天然ガス)中の主成分 を用いて、水素を自家製造している。将来的には化石燃料を用いずに水素を得る方法に移行していくことが望まれている。

燃料電池の普及へのもう一つの課題として、水素の貯蔵・運搬技術があげられる。水素は最も軽い気体であり、空気中で拡散するので大規模にためて運ぶのが難しい。高圧でガスボンベに充填すると、膨大な本数のガスボンベが必要となるので、水素の安定な貯蔵・運搬技術の開発が望まれている。その解決法の一つとして、 水素をトルエンと反応させ、液体のメチルシクロヘキサンに変え、使用時には触媒で水素を取り出す方法が開発された。この方法では、標準状態の水素ガスの $\frac{1}{(A)}$ の体積で、同じ物質の水素を貯蔵・運搬することが可能になる。

図1に示した水素-酸素燃料電池では、その中をイオンが移動する として高濃度のリン酸水溶液を使用する。 としては、他にも、固体の高分子膜、酸化物膜等も用いられる。固体酸化物としては、螢石(CaF_2)と同じ結晶構造を持つ、酸化ジルコニウム(ZrO_2)、酸化セリウム(CeO_2)が用いられる。図2に示した酸化セリウムの結晶構造では、陽イオンである 個のセリウムは、単位格子である立方体の各頂点と各面の中心に位置しており、 格子を形成している。また、陰イオンは 個の陽イオンに取り囲まれている。

化学

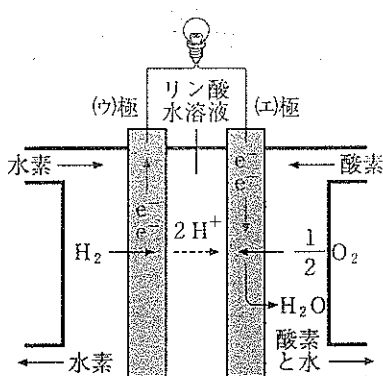


図 1

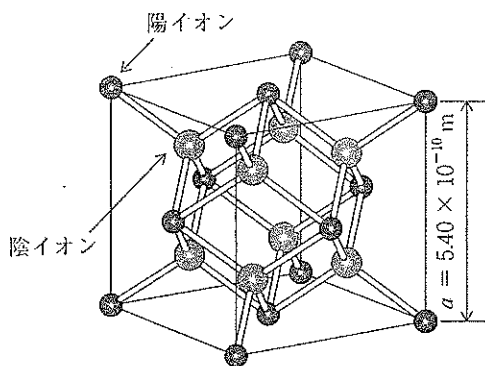


図 2

1. (ア)~(カ)に適切な語句を、(あ)には化合物名を、(B)および(C)に適切な数字を記せ。
2. 下線部(a)について、標準状態の水素ガス 500 L を流して得られた電気量を使用し、白金を電極とした硝酸銀水溶液の電気分解を行ったときに析出する銀の質量 [kg] を有効数字 2 桁で求めよ。なお、水素ガスは理想気体として取り扱う。
3. 下線部(b)について、水素を原料とするメタノールの工業的合成法の化学反応式を記せ。
4. 下線部(c)について、(あ)を原料として水素を合成する化学反応式を記せ。
5. 下線部(d)の反応を化学反応式で記せ。
6. (A)に適切な数字を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、メチルシクロヘキサンの密度は 0.770 g/cm^3 とする。
7. 図 2 に示した酸化セリウムの単位格子中にあるセリウムイオンと酸化物イオンの数を記せ。
8. 酸化セリウムの密度 [g/cm^3] を有効数字 2 桁で求めよ。ここで、単位格子は立方体であり、辺の長さは、 $a = 5.40 \times 10^{-10} \text{ m}$ とする。

(白 紙)