

平成29年度入試
個別学力試験問題(前期日程)

化 学

学部・学科	問 題
総合理工学部(物質科学科)	[1], [2], [3], [4], [5]
総合理工学部(物質科学科を除く) 生物資源科学部	[1], [2], [3], [6]

注 意

- 志望学部・学科により、問題、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
- 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 問題紙は9ページです。
- 解答用紙は、総合理工学部物質科学科受験生は5枚、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は4枚です。指示があつてから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
- 総合理工学部物質科学科受験生は[1], [2], [3], [4], [5]の問題を、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は[1], [2], [3], [6]の問題を解答してください。
- 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
- 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
- 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

- 1 次の文を読み、問い合わせに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0 を、ファラデー定数として F = 9.65×10^4 C/mol を用いよ。

アルミニウムは、亜鉛、スズ、鉛などと同様に、酸性および強塩基性の水溶液と反応して、気体である ア を発生させる。このような性質を示す金属元素を、 イ 元素という。アルミニウムは、 ウ が大きいため、塩化アルミニウム水溶液を電気分解してもアルミニウムの単体を析出させることができない。そのため、アルミニウムの単体は、鉱石の エ を精製して得られる純粋な オ (アルミナ)を、炭素電極を用いて、冰晶石とともに約 1000 °C で カ 電解することによって製造される。アルミニウムに少量の銅、マグネシウムなどを加えた合金は、 キ とよばれ、軽くて強度が高いため、航空機などに利用されている。

硫酸カリウムと硫酸アルミニウムの高濃度の混合水溶液を冷却すると、ミョウバンの結晶が得られ、その化学式は、 A · 12 H₂O で表される。ミョウバンのように、2種類以上の塩が一定の割合で組み合わせられた形式で表すことができ、それぞれの成分イオンがそのまま存在する塩を ク という。

問 1 ア ~ ク に適當な語句または物質名を入れよ。

問 2 下線部(a)と関連して、塩化アルミニウム水溶液を電気分解したとき、陰極で進行する反応を、電子(e⁻)を用いたイオン反応式で書け。

問 3 オ を塩酸および水酸化ナトリウム水溶液に溶解させたときの反応を、それぞれ化学反応式で書け。

問 4 下線部(b)において、1.00 kg のアルミニウムの単体を製造するために必要な電気量(C)を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 5 A に適當な化学式を入れよ。

問 6 下線部(c)で得られたミョウバンを溶かした水溶液に塩化バリウムの水溶液を加えると、沈殿が生成した。この反応をイオン反応式で書け。

【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

2

次の文を読み、問い合わせよ。

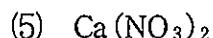
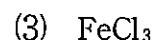
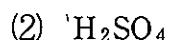
濃度が不明の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液がある。この混
(a) 合水溶液 10.0 mL にフェノールフタレンを少量加え、0.100 mol/L の塩酸で中和滴定を行ったところ、15.0 mL で溶液の色が赤色から無色に変化した。さら
に、メチルオレンジを少量加え、0.100 mol/L の塩酸で中和滴定を続けたとこ
(b) ろ、10.0 mL で溶液の色が黄色から赤色に変化した。なお、炭酸ナトリウム水溶液の中和反応は二段階で進行し、第一中和点の pH は 8.5 程度、第二中和点の pH は 3.5 程度である。

問 1 下線部(a)で進行する中和反応を、化学反応式で書け。

問 2 下線部(b)で進行する中和反応を、化学反応式で書け。

問 3 はじめの混合水溶液の水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムのモル濃度 (mol/L) を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 4 はじめの混合水溶液に、次の(1)~(5)の水溶液を加えた。このとき、沈殿が生じるものを二つ選び、番号で答えよ。また、選んだものについて、主に生じる沈殿の化学式をそれぞれ書け。



【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

- 3 次のⅠ, Ⅱの文を読み, 問いに答えよ。

I 過酸化水素は、水溶液中で(1)式のように分解し、水と酸素を生成する。



問 1 (1)式の反応を、温度一定の条件下、過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ を変えて行い、過酸化水素が分解する速度 v を測定したところ、下表の結果が得られた。

表 過酸化水素の濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ と過酸化水素が分解する速度 v との関係

$[\text{H}_2\text{O}_2]$ [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1.7	0.0014
3.4	0.0028
6.8	0.0056

この反応の速度式を、 v 、 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ および反応の速度定数 k を用いて表せ。さらに、速度定数 k の値を、有効数字2桁で単位とともに求めよ。また、それぞれの計算の過程も示せ。

問 2 (1)式の反応の条件を(A), (B)のように変化させ、他の条件は変えずに実験を行うと、 v はどのように変化すると考えられるか、次の(ア)～(ウ)から選び、記号で答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

(A) 反応温度を上げる

(B) 触媒を加える

(ア) 大きくなる

(イ) 変化しない

(ウ) 小さくなる

II 水素と窒素からアンモニアを合成する反応は可逆反応であり、反応式は(2)式で表される。



密閉した同じ容積の容器AとBに、それぞれ $a\text{ mol}$ の窒素と $a\text{ mol}$ の水素および $b\text{ mol}$ のある触媒を入れ、容器Aの温度を T_1 、容器Bの温度を T_2 に保ったところ、(2)式の反応が進行し、平衡状態に達した。このとき、反応時間とアンモニアの物質量との関係を求めたところ、下図の結果が得られた。なお、点線は、それぞれの平衡状態におけるアンモニアの物質量を表している。

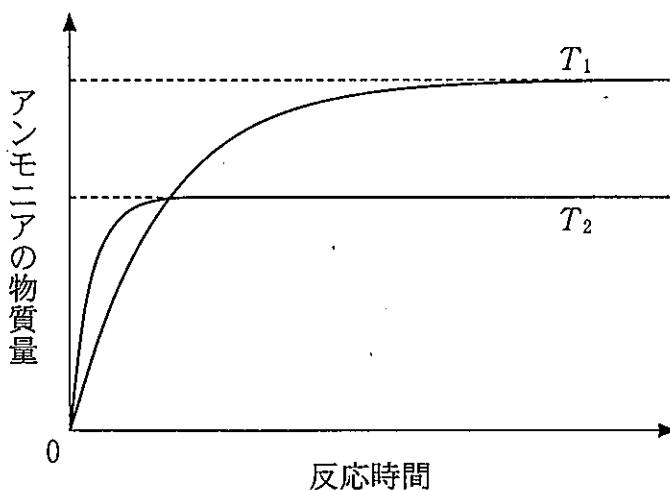


図 (2)式の反応の反応時間とアンモニアの物質量との関係

問 3 T_1 と T_2 で、温度が高いのはどちらであると考えられるか、答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

問 4 (2)式の反応は、発熱反応、吸熱反応のどちらであると考えられるか、答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

問 5 密閉した容積 1.0 L の容器に、2.0 mol の窒素と 7.0 mol の水素を触媒とともにに入れ、ある温度に保ったところ、(2)式の反応が進行し、平衡状態に達した。このとき、容器内には 2.0 mol のアンモニアが生成した。この平衡状態における濃度平衡定数 K_c を、有効数字 2 術で単位とともに求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、生成したアンモニアはすべて気体であるものとする。

【選択問題】 この問題は総合理工学部物質科学科受験生が解答すること。

4 次の文を読み、問い合わせに答えよ。ただし、必要であれば、気体定数として

$$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$$
 を用いよ。

気体の圧力を P 、体積を V 、温度を T 、物質量を n とすると、気体の状態方程式が厳密にあてはまる気体(理想気体)では、 $Z = \frac{PV}{nRT}$ の値は図1、2のようにあらゆる圧力や温度で1となる。これに対して、実際に存在する気体(実在気体)では、 Z の値は圧力や温度により変化し、1からずれる。これは、理想気体では

ア と イ が存在しないと仮定しているが、実在気体では

ア も イ も存在するためである。例えば、図1のメタンでは、圧力を高くしていくと、約 $150 \times 10^5 \text{ Pa}$ までは Z の値は減少する。これは、

ア によって気体が外部に及ぼす圧力が減少するためである。さらに圧力が高くなると、 Z の値は増加するが、これは、イ があることにより気体分子が自由に動ける体積が減少する効果が現れたためである。

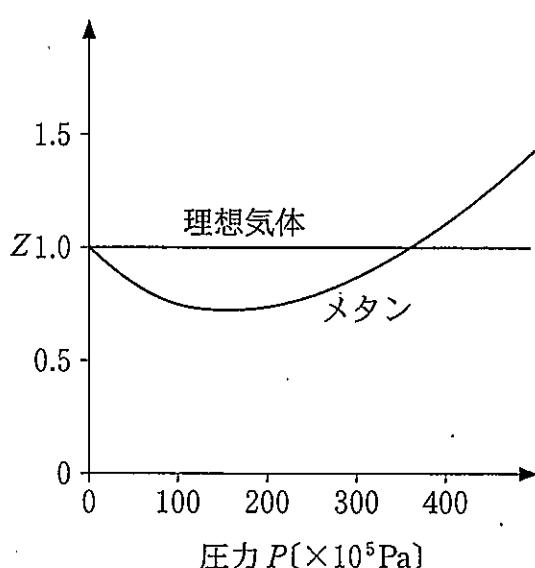


図1 273 KにおけるZの値と圧力 P との関係

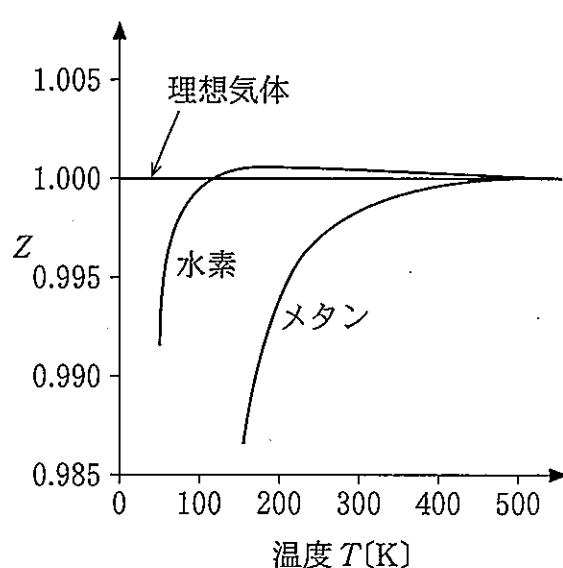


図2 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるZの値と温度 T との関係

問 1 ア , イ に適當な語句を入れよ。

問 2 図 2 のように、温度が低くなると、水素やメタンの Z の値は減少する。この理由を説明せよ。

問 3 図 2 のように、温度を下げたときに Z の値が減少し始める温度は、水素に比べメタンの方が高い。この理由を説明せよ。

問 4 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 20°C で、容積 360 mL の丸底フラスコに、液体の物質 A を 3.0 g 入れ、小さな穴を開けたアルミホイルでふたをした。このフラスコを 87°C に加熱すると、A はすべて気体に変化してフラスコ内を満たし、さらに一部は穴を通って外部に出た。その後、フラスコを 20°C に冷却すると、フラスコ内の A はすべて液体に戻り、その質量を測定すると、 1.0 g であった。この結果から、気体の A を理想気体とみなし、A の分子量を有効数字 2 査で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

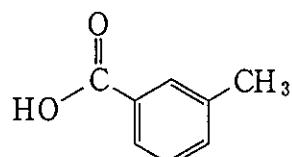
問 5 問 4 の実験に用いた物質 A について、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 87°C における Z の値を求めたところ、1より小さいことがわかった。この結果から、A の本来の分子量は、問 4 で理想気体とみなして求めた分子量と比べてどのようにあると考えられるか、次の(1)~(3)から選び、番号で答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

- (1) 大きい (2) 同じ (3) 小さい

【選択問題】 この問題は総合理工学部物質科学科受験生が解答すること。

- 5 次の I, II の文を読み、問い合わせに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として H = 1.0, C = 12, O = 16, Br = 80 を用いよ。また、構造式は下の例にならって書け。

[例]



I 炭素原子間の三重結合 $C \equiv C$ を一つもつ鎖式の炭化水素を [ア] といふ。この $C \equiv C$ の長さは、炭素原子間の二重結合 $C=C$ と比べると [イ]。最も簡単な [ア] であるアセチレン(エチレン)を実験室で得るには、炭化カルシウムと水を反応させるとよい。^(a) アセチレンは [ウ] 反応を起こすなど、エチレン(エテン)とよく似た化学的性質をもつ。アセチレンの [ウ] 反応の例として、ハロゲンとの反応や酢酸亜鉛を触媒に用いた酢酸ビニルの生成がある。また、適当な触媒を用いてアセチレンを反応させると、[エ] によりポリアセチレンが得られる。この単位構造には、[オ] 形と [カ] 形の 2 種類の立体構造がある。

問 1 [ア] ~ [カ] に適當な語句を入れよ。

問 2 下線部(a)の反応を化学反応式で書け。また、アセチレン分子はどのような立体構造をとっているか説明せよ。

問 3 下線部(a)の実験で生成したアセチレンを捕集するには、どの方法が最も適當と考えられるか、次の(1)~(5)から選び、番号で答えよ。また、そのように考えた理由を説明せよ。

- (1) ろ過 (2) 蒸留 (3) 下方置換
(4) 上方置換 (5) 水上置換

問 4 アセチレンのベンゼン溶液 10 mL に 1.0 mol/L の臭素のベンゼン溶液を加えると、4.0 mL でそれまで消えていた臭素の色が残りはじめた。このアセチレン溶液のモル濃度(mol/L)と生成物の質量(g)を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、反応は速やかに完全に進んだものとする。

II 酢酸ビニルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させたところ、均一な溶液になった。この溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えておだやかに
^(b)
加熱したところ、黄色い沈殿が生じた。

問 5 酢酸ビニルと水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で書け。ただし、有機化合物は構造式で示すこと。

問 6 次の化合物(1)~(7)の中で、下線部(b)の操作を行ったときに同様の黄色い沈殿を生じるものすべて選び、番号で答えよ。また、どのような構造をもつ化合物でこの反応が進行するか、説明せよ。

- (1) フェノール (2) メタノール (3) エタノール (4) エチレン
(5) アセトン (6) ギ酸 (7) ホルムアルデヒド

【選択問題】 この問題は総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生が解答すること。

- 6 次の文を読み、問い合わせに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0 を用いよ。

デンプンは、多数のグルコース($C_6H_{12}O_6$)が脱水縮合し、ア結合で連なった構造をもつ天然高分子化合物である。ア結合は、酵素やイを加えて加熱すると加水分解される。スクロースが加水分解されると、グルコースとフルクトースの等量混合物となり、これをウとよぶ。糖の中には還元性を示すものがある。このような糖の水溶液を試験管に入れ、フェーリング液を加えて加熱するとエの沈殿が生じ、また、このような糖の水溶液にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると器壁に銀が析出する。

問 1 ア～ウに適當な語句を、エに適當な化学式を入れよ。

問 2 下線部の反応は、一般に何とよばれるか、その名称を答えよ。

問 3 次の二糖類(1)～(4)の中で、水溶液が還元性を示すものをすべて選び、番号で答えよ。また、それらの糖が還元性を示す原因となっている官能基の名称を答えよ。

- (1) マルトース (2) ラクトース (3) セロビオース (4) スクロース

問 4 デンプンを加水分解するときの反応を、化学反応式で書け。さらに、デンプン 50.0 g を完全に加水分解すると、グルコースが何 g 得られるか、有効数字 3 衔で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 5 グルコースがアルコール発酵するときの反応を、化学反応式で書け。さらに、グルコース 60.0 g を完全にアルコール発酵させると、エタノールが何 g 得られるか、有効数字 3 衔で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

問 6 遺伝情報の伝達に重要な役割を果たす核酸は、糖の構造の違いから DNA と RNA に分けられる。DNA と RNA を構成する糖の名称をそれぞれ答えよ。