

化 学

学 部	学 科	配 点
理工学部	全 学 科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** と **2** の計 2 問です。
2. **1** と **2** のすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(4の1)から(4の4)までの計 4 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

[注意]

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Al : 27.0

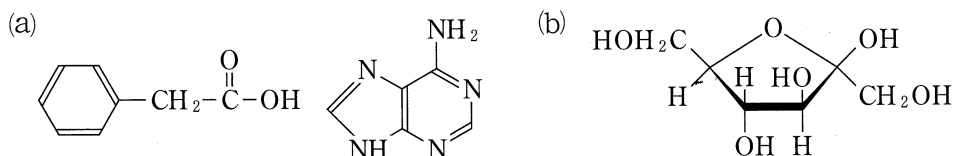
S : 32.0 Cl : 35.5 Fe : 55.8 Zn : 65.4 I : 126.9

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

2) 気体はすべて理想気体とし、標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) で 1 mol の気体の体積は 22.4 L とする。

3) 構造式は例にならって書け。

(例) 簡略化した構造式(a), 立体構造を明示した構造式(b)



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問11に答えよ。

[I] 化合物Aは、1個の不斉炭素原子をもつ分子式 $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{NO}_4$ のエステル化合物である。化合物Aを塩基性水溶液で加水分解し、次いで反応液にジエチルエーテルを加えてよくかき混ぜた後に分液ロートに入れて静置し、水層とエーテル層に分離した。水層を酸性にしたところ、水に溶けにくい粉末の化合物Bが得られた。一方、エーテル層からは分子量84、不飽和度2の化合物Cが得られた。

一方、トルエンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させて得られた生成物からパラ位に置換された化合物Dを分離し、化合物Dに過マンガン酸カリウム水溶液を作用させた後、酸性にすることで化合物Bを得ることができる。

化合物Bを、ニッケル触媒存在下で水素により還元すると、化合物Eが得られた。なお、化合物Bにスズと ア を作用させて還元し、さら

に塩基を加えることでも化合物 E を得ることができた。

化合物 C 8.4 g は、触媒存在下において 17 °C, 1.013×10^5 Pa で 2.4 L
① の水素と付加反応し、化合物 F を生じた。 化合物 C, 化合物 F はともにメ
チル基をもたず、また第一級アルコールでもなかった。なお、化合物 C は
不斉炭素原子を 1 個もつが、化合物 F には不斉炭素原子がなかった。

問 1. 化合物 B, D, E の構造式を, (例)の簡略化した構造式(a)にならって書
け。

問 2. 空欄

ア

 に入る物質の化学式を書け。

問 3. 化合物 C の分子式を書け。

問 4. 下線部①について, 化合物 C と反応した水素の物質質量[mol]を有効数字 2
桁^{けた}で求めよ。また, 計算過程も示せ。

問 5. 化合物 A の構造式を, (例)の簡略化した構造式(a)にならって書け。な
お, 不斉炭素原子には*印を付記せよ。

[II] 高分子化合物は、モノマーが繰り返し結合して生じる平均分子量約1万以上の化合物である。モノマーからポリマーが形成される反応(重合)には次のようなものがある。

ナイロン6は、モノマーである化合物Gを (イ) 重合することで得られる。ナイロン6などのポリアミドは、一般に分子間に多数の (ウ) 結合を形成するため強度や耐久性に優れる。

ポリ酢酸ビニルは、酢酸ビニルが (エ) 重合して得られるポリマーである。このポリ酢酸ビニルをけん化し、得られた高分子化合物Hをホルムアルデヒド水溶液で処理すると-OH基が-OCH₂-O-に変換されるが、部分的に-OH基が残った吸湿性に優れた繊維ビニロンが得られる。

天然高分子化合物であるデンプンは、化合物Iを最小構成単位とし、化合物Iが繰り返し (オ) 重合してできた多糖で、一般には直鎖状につながったらせん構造からなる化合物Jと、枝分かれ状につながったらせん構造からなる化合物Kが混在した構造となっている。

問 6. 空欄 (イ) ~空欄 (オ) に入る適切な語句を書け。

問 7. 化合物G, Iの構造式を書け。ただし、化合物Gは(例)の簡略化した構造式(a)にならって、化合物Iは(例)の立体構造を明示した構造式(b)にならって書くこと。

問 8. 高分子化合物H, 化合物J, Kの名称を書け。

問 9. 下線部②において、重合度9000の高分子化合物Hをホルムアルデヒド水溶液で処理したところ、-OH基の50.0%が残存したビニロンが得られた。ビニロンの分子量を有効数字3桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

問10. 化合物 I を構成単位にもつ二糖類には、マルトース、スクロース、トレハロースがある。以下の設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) マルトース、スクロース、トレハロースのうち、水に溶けて還元性を示すものを1つ答えよ。

(2) 上記の二糖類が水に溶けて還元性を示すか否かは、分子内に 構造と呼ばれる構造の有無によって決まる。空欄 に入る適切な語句を答えよ。

問11. 化合物 J 162 g を酵素反応により化合物 I まで完全に加水分解させ、得られた化合物 I をアルコール発酵させたところ、二酸化炭素が 66 g 生成した。化合物 J のアルコール発酵の過程で化合物 I のうちエタノールに変換した比率を有効数字2桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、アルコール発酵ではエタノールと二酸化炭素のみが生成したものとする。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問10に答えよ。

[I] アルミニウムは、周期表の13族に属する元素で、その原子は価電子を 個もち、 価の陽イオンになりやすい。アルミニウムの単体は、鉱石のボーキサイトから得られる酸化アルミニウムを、水晶石(Na_3AlF_6)とともに 電解してつくられる。アルミニウムは塩酸や水酸化ナトリウム水溶液と反応して、気体を生じながら溶ける。このように 酸の水溶液、塩基の水溶液のいずれとも反応する元素を 元素という。一方、アルミニウムの単体を濃硝酸に入れても、その表面にち密な を生じるため、それ以上は反応しなくなる。このような状態を という。また、アルミニウム単体の粉末と酸化鉄(III)の混合物を加熱すると、多量の熱を発生して鉄の単体と酸化アルミニウムを生じる。この反応は鉄道のレールの溶接などに利用される。

亜鉛は、周期表の12族に属する元素で、 個の価電子を有し、 価の陽イオンになりやすい。亜鉛の化学的性質は、アルミニウムに類似し、酸の水溶液、塩基の水溶液のいずれとも反応する 元素である。亜鉛の単体は、銀白色の金属で、乾電池の負極材料や黄銅など合金の成分として用いられる。また、亜鉛イオンを含む水溶液に、硫化水素を通じると 色の沈殿を生じる。

問 1. 空欄 ～空欄 に入る適切な語句または数字を書け。

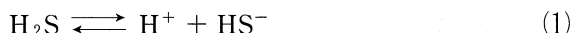
問 2. 下線部①について、アルミニウムと塩酸の反応の化学反応式を書け。

問 3. 下線部②について、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応の化学反応式を書け。また、この反応で生成する錯イオンの名称を書け。

問 4. 下線部③について、この反応の化学反応式と反応の名称を書け。

問 5. 下線部③について、0.810 g のアルミニウムと十分な量の酸化鉄(Ⅲ)を反応させるとき、生じる酸化アルミニウムの質量[g]を有効数字2桁^{けた}で求めよ。なお、計算過程も示せ。

問 6. 下線部④について、硫化水素を水に通じると、硫化水素は水に溶けて式(1)と式(2)のように二段階で電離する。このときの電離定数はそれぞれ K_1 、 K_2 とする。



式(1)と式(2)から、式(3)のようにも表され、この平衡定数 K_a は式(4)のように表される。



$$K_a = K_1 \times K_2 \quad (4)$$

亜鉛イオンの濃度が 1.00×10^{-4} mol/L の水溶液 100 mL に、ある温度で水素イオン濃度を 1.00×10^{-5} mol/L に保ちながら、硫化水素を通じると沈殿を生じた。^⑤

以下の設問(1)～設問(4)に答えよ。なお、必要なときは、次の値を用いよ。

水溶液の硫化水素のモル濃度 1.00×10^{-1} mol/L

式(3)の平衡定数 $K_a = 1.20 \times 10^{-21}$ (mol/L)²

沈殿の溶解度積 $K_{sp} = 2.40 \times 10^{-18}$ (mol/L)²

設問(1) 下線部⑤で生じた沈殿の名称を書け。

設問(2) 各物質のモル濃度を $[\text{H}_2\text{S}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{S}^{2-}]$ とし、式(3)の平衡定数 K_a を表す式を書け。

設問(3) 沈殿が生じたとき、水溶液中の亜鉛イオンならびに硫化物イオンのイオン濃度[mol/L]をそれぞれ有効数字2桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。ただし、硫化水素の溶解および沈殿生成による水溶液の体積変化は、無視できるものとする。

設問(4) 生じた沈殿の質量[g]を有効数字2桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

[II] ある化学反応について、反応物から生成物に進む反応(正反応)と、生成物から反応物へ進む反応(逆反応)の両方が進行するとき、この反応を 反応という。

例えば、水素とヨウ素を一定容積の密閉容器に入れて高温を保つと、水素、ヨウ素、ヨウ化水素の混合物が生じる。生成するヨウ化水素の濃度は反応時間の経過とともに増加する。さらに高温を保つと、平衡状態となる。ここで、ヨウ化水素を生じる反応を正反応、水素とヨウ素を生じる反応を逆反応とすると、この反応は式(5)で表される。



ある温度で式(5)が平衡状態に達しているとき、各物質のモル濃度を $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ とすると、平衡定数 K は式 で表される。

表1に示した式(5)の平衡定数と反応温度[K]の関係のように、一般に平衡定数の値が大きい場合、平衡状態において生成物のモル濃度は なく、反応物のモル濃度は くなる。式(5)の平衡定数の値は、反応温度が高温になるほど平衡定数は小さくなる。このように、反応温度が高温になると、平衡定数が小さくなる反応は 熱反応であり、平衡定数が大きくなる反応は 熱反応である。

表1 式(5)の平衡定数と反応温度の関係

反応温度[K]	400	800	1000
平衡定数	2.0×10^2	37	27

容積 10.0 L の容器に 1.00 mol の水素と 1.00 mol のヨウ素を封入し、あ
^⑥る温度 T [K] に保ったところ、平衡状態に達し、1.50 mol のヨウ化水素が生
じた。 一方、同じ容器に 4.00 mol の水素と 4.00 mol のヨウ素を封入し、あ
^⑦る温度 T [K] に保ったところ、平衡状態に達し、ヨウ化水素が生じた。

問 7. 空欄 ~ 空欄 に入る適切な語句または式を書け。

問 8. 下線部⑥について、平衡定数 K を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。なお、計算過程も示せ。

問 9. 下線部⑦について、平衡状態において反応した水素およびヨウ素の物質量的変化を x [mol] とし、平衡定数 K を x を用いて表せ。なお、計算過程も示せ。

問10. 下線部⑦について、生じたヨウ化水素の物質量 [mol] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。なお、計算過程も示せ。