

広島大学理学部化学科 平成 17 年度後期日程 個別学力検査

理科 試験問題

試験時間 2 時間 30 分

答案作成上の注意

- 1 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 配布されるのは、この問題冊子(11 ページ)のほかに、解答冊子(4 ページ)と下書き用紙 1 枚です。
- 3 解答用紙には、問題番号 I, II, III, IV が指定してあります。それぞれの問題の解答は指定した解答用紙に記入すること。
- 4 監督官の指示に従って、すべての解答用紙と下書き用紙の所定の場所に受験番号を記入すること。
- 5 配布した解答冊子および下書き用紙は、持ち出してはいけません。
- 6 下書き用紙は両面使用してよい。
- 7 計算に必要な場合には、次の値を用いること。

原子量	H = 1.00	C = 12.0	N = 14.0
	O = 16.0	S = 32.0	Cu = 63.6
- 8 計算問題の解答の場合には、有効数字に注意して必要ならば四捨五入すること。

このページは白紙です。

[I] 次の表は、元素の周期表の一部を示したものである。枠内に、問題とする元素を記号で示す。問 1～問 15 の答えを解答欄に記入せよ。

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1																			a
2	b															c	d		
3	e	f											g	h	i				j
4	k		l							m	n	o	p					q	

問1 元素 f の原子の原子番号、陽子の数および電子の数をそれぞれ記せ。

問2 元素 i の原子で、最外殻電子が収容されている電子殻の名称を記せ。

問3 元素 a～q で、遷移金属である元素を全て選び、それらの記号を記せ。

問4 元素 a～q の原子で、第 1 イオン化エネルギーが最も小さい原子を選び、その記号を記せ。また、この原子のイオン化エネルギーが最も小さくなる理由を下記の枠内に示す語句を全て用いて 120 字以内で記せ。

陽子、電子、引力、原子半径、原子番号

問5 元素 b～i で、電気陰性度が最も大きい原子を選び、その記号を記せ。

問6 元素 b の単体と元素 e の単体を比較すると、どちらが水との反応性が高いか。高い方の記号を記せ。

問7 元素 d の単体と元素 q の単体を比較すると、どちらが水との反応性が高いか。高い方の記号を記せ。

問8 元素 b~d の原子の大きさ（金属結合半径または共有結合半径）を、大きい順に記号を用いて並べて記せ。また、元素 d の原子の大きさと、この1価の陰イオン d⁻ のイオン半径との大小関係を記せ。

問9 元素 a の単体と元素 j の単体を比較した場合、沸点が高い方を記号で記せ。

問10 元素 a~q の1価または2価の陽イオンの電子配置が、元素 j の原子の電子配置と等しくなるものがあれば、それら全てを記号で記せ。

問11 元素 a~q の単体において、単原子分子として安定に存在する元素を全て選び記号で記せ。

問12 元素 e と元素 q からなる化合物における原子間の結合の名称を記せ。

問13 元素 d の単体について、その原子間の結合の名称を記せ。また、仮の元素記号を d として、この単体の電子配置を電子式で記せ。

問14 元素 h と元素 c からなる化合物の化学式として、次の（ア）～（ク）のうちから最も適切なものを一つ選びその記号を記せ。ただし、h、c は仮の元素記号とする。

- | | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| (ア) hc | (イ) h ₂ c | (ウ) hc ₂ | (エ) h ₃ c |
| (オ) hc ₃ | (カ) h ₄ c | (キ) hc ₄ | (ク) h ₂ c ₃ |

問15 元素 a~j で、両性元素である元素を記号で記せ。また、この両性元素の元素記号を x として、この単体と塩酸および水酸化ナトリウム水溶液との化学反応式をそれぞれ記せ。

[II] 次の文章(1), (2)を読み, 問1~問6の答えを解答欄に記入せよ。

(1) ①で表される可逆反応を考える。



ここで, a, b, d, e は係数, A, B, D, E は化学式である。この反応において, 反応物, 生成物はすべて気体であるとし, 反応は体積 V [l] の容器中で行わせるものとする。反応①が平衡になったときの各成分のモル濃度 [mol/l] をそれぞれ $[A], [B], [D], [E]$ とおくと, それらの間には,

$$\frac{[D]^d [E]^e}{[A]^a [B]^b} = K_c \quad \text{②}$$

の関係式が成り立つ。この関係を の法則といい, K_c を濃度平衡定数という。

一方, 反応①は各物質が気体であるので, 平衡時の各気体の分圧 [atm] をそれぞれ, p_A, p_B, p_D, p_E とおくと, 平衡定数は次の式でも表される。

$$\frac{p_D^d p_E^e}{p_A^a p_B^b} = K_p \quad \text{③}$$

このときの K_p を, 圧力平衡定数という。

それでは, K_p と K_c は, どのような関係式で結ばれるのであろうか。そこで, まず②式において, 反応①の平衡時の各物質の物質質量 [mol] をそれぞれ, n_A, n_B, n_D, n_E とすると, 濃度平衡定数 K_c は物質質量と体積を使って,

$$K_c = \text{ } \quad \text{④}$$

と書き表すことができる。

次に, 同じ反応の圧力平衡定数 K_p について考える。まず, 各気体が理想気体であるとして③式中の各気体の分圧 [atm] を求める。反応容器の温度を T [K] とすると, 気体定数 R [atm·l/(K·mol)] を用いて, 気体 A の分圧 p_A は,

$$p_A = \text{ } \quad \text{⑤}$$

となる。他の気体の分圧も同様の式で表し, ③式に代入すると圧力平衡定数 K_p は,

$$K_p = \text{ } \quad \text{⑥}$$

と書き表すことができる。

④で得られた K_c と, ⑥で得られた K_p を使って, K_p と K_c の関係を最も簡単な式で表すと,

$$K_p = \text{ } \quad \text{⑦}$$

となる。

(2) 気体分子の可逆反応



を考える。この反応は、ルシャトリエの法則により、一定温度で圧力を と気体 B が減少し、気体 A が増加する。

ここで、この反応の圧力平衡定数を K_p とし、各気体は理想気体で、温度は一定であるとする。まず、反応⑧において、反応初期には気体 A のみがあると仮定し、その物質量を 1.0 mol とする。全圧が P atm で反応が平衡に達したとき、A は 1.0 mol のうちの x mol が反応したとする。このときの各気体の分圧 [atm] は、それぞれ以下のように表される。

$$p_A = \text{ } \quad \text{⑨}$$

$$p_B = \text{ } \quad \text{⑩}$$

ここで、反応⑧の圧力平衡定数 K_p は、分圧 p_A , p_B を使って

$$K_p = \text{ } \quad \text{⑪}$$

と表されるので、これに⑨、⑩で求めた p_A , p_B を代入して、 K_p を最も簡単な式で表すと、

$$K_p = \text{ } \quad \text{⑫}$$

となる。

問1 , に当てはまる語句を記せ。

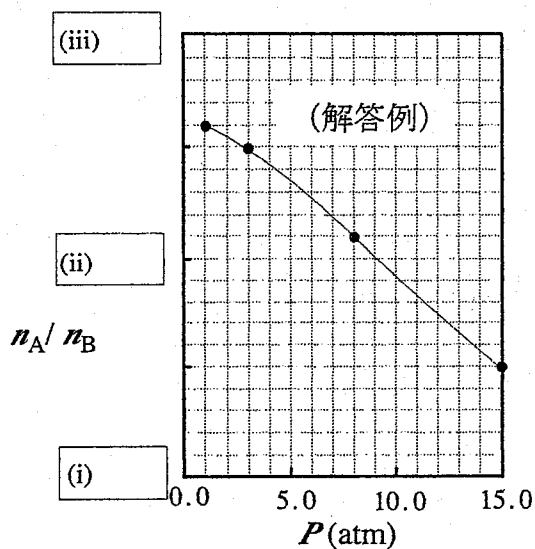
問2 ~ に当てはまる、最も適当な式を記せ。

問3 ⑦式において、 K_c と K_p が等しくなるのはどのような場合か、式や記号を用いなくて 30 字以内の文章で記せ。

問4 反応⑧の圧力平衡定数を $K_p = 4.0$ atm としたとき、平衡時の全圧 P が 1.0 atm および 8.0 atm における気体 A の物質量を、それぞれ有効数字 2 桁で求めよ。また計算過程も簡潔に記せ。ただし、必要ならば、 $\sqrt{2} = 1.4$ を用いよ。

問5 問4と同じく、反応⑧で $K_p = 4.0$ atm としたとき、平衡時の全圧が P atm における気体 A と B の物質量の比 (n_A/n_B) を、 P を用いた式で記せ。また、式の誘導過程も簡潔に書け。

問6 同じく、反応⑧で $K_p = 4.0 \text{ atm}$ としたときの物質量の比 (n_A/n_B) を、平衡時の全圧 P が 1.0, 3.0, 8.0, 15.0 atm の場合についてそれぞれ求め、解答欄の表に有効数字2桁で記せ。さらに、求めた比を、下記の解答例にならい、解答欄のグラフに黒点で示しそれらをなめらかな曲線で結べ。このとき、グラフの縦軸の目盛り (i), (ii), (iii) に適切な数値を入れよ。



〔Ⅲ〕 次の文章(1)～(4)を読み、問1～問8の答えを解答欄に記入せよ。

- (1) 硝酸は、アンモニアを酸化してつくられる。まず、(a) アンモニアと空気の混合気体を、約 800 °Cの白金網触媒に短時間接触させて、一酸化窒素とする。 (b) 生じた一酸化窒素を、さらに酸素と反応させて、二酸化窒素とする。 ①式に示したようにこの反応は平衡反応でその反応熱は 70.6 kJ である。



- (c) 得られた二酸化窒素を温水と反応させて硝酸にする。 濃硝酸は強い酸化作用を示し、塩酸や希硫酸に溶けない銅や , 常温で液体の などの金属を溶かすことができる。しかしながら、 や は、不動態を形成するため濃硝酸には溶けない。

- (2) 硫酸は、酸化バナジウム(V)を触媒として二酸化硫黄を酸化し、(d) 生じた三酸化硫黄を水と反応させてつくられる。 濃硫酸は、不揮発性で無色油状の粘性の大きい液体である。熱濃硫酸も強い酸化作用を示し や を溶かす。希硫酸には、 や は、水素を発生しながら溶ける。 を溶かした溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、薄い緑色の沈殿を生じ、これを放置すると赤褐色へと色が変わる。一方 を溶かした溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えるといったん沈殿を生じるが、過剰に加えると沈殿は消失する。

- (3) 塩酸は、(e) 工業的には塩素と水素を直接反応させ、生じた塩化水素を水と反応させてつくられる。 銅は塩酸に溶けないが、(f) 銅を空気中で 1000 °C以下で加熱した後放冷し、塩酸に浸すと、銅(II)イオンとして一部が溶解する。

(4) 銅を熱濃硫酸に溶かし、得られた硫酸溶液を水に加えた。この水溶液を濃縮すると、結晶性物質 が得られた。この を 1.248 g とり、水に溶かした後、(f) 水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加え、加熱して黒褐色沈殿を得た。 得られた沈殿をガラス管に入れ、加熱しながら水素をとおすと 0.318 g の銅が得られた。

問 1 下線部(a)の反応を化学反応式で記せ。

問 2 文章(1)の工業的硝酸合成法の名称を記せ。

問 3 文章(1)と(2)中の ~ にあてはまる金属を下から選び元素記号で記せ。

Mg, Ag, Hg, Al, Pt, Fe, Zn

問 4 希硝酸、希塩酸、希硫酸がそれぞれ別々のビーカーに入れてある。この中から希硫酸を他の2つの酸と見分けたい。臭いや味を利用しないで見分ける方法を30字以内で記せ。なお、必要であれば試薬を用いても構わない。

問 5 NO_2 の生成熱が -51.3 kJ であるとき、一酸化窒素が窒素と酸素に分解する反応を熱化学方程式で記せ。

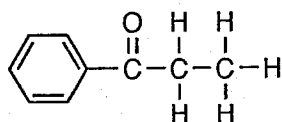
問 6 (a)~(f)の下線部のうち、記述されている化学変化が酸化還元反応を含まないものを2つ選び、(a)~(f)の記号で記せ。

問 7 下線部(ア)で起こる反応を化学反応式で記せ。必要であれば、反応式を複数答えてもよい。

問 8 文章(4)において、各反応は完全に進行したとする。このとき、結晶性物質 の組成として最も適切なものを求め、化学式で答えよ。なお、解答欄には計算過程も簡単に記入せよ。

[IV] 実験 1～実験 5 を読み、問 1～問 8 の答えを解答欄に記入せよ。ただし構造式は、例 1 にならって記せ。

(例 1)



実験 1 ニトロベンゼンにスズと塩酸を作用させると、化合物 **A** の水溶液が得られた。このときスズは され、ニトロベンゼンは されたことになる。

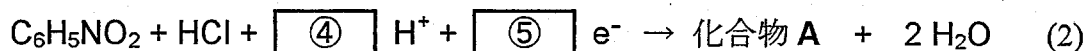
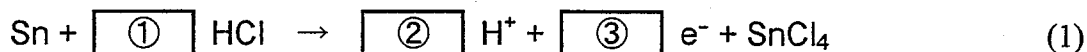
実験 2 化合物 **A** に水酸化ナトリウム水溶液を作用させると、化合物 **B** が遊離した。

実験 3 化合物 **B** に無水酢酸を作用させると、化合物 **C** が生成した。化合物 **C** は、解熱鎮痛作用をもつことが知られている。

実験 4 化合物 **B** に亜硝酸ナトリウムと塩酸を反応させると、化合物 **D** が得られた。
(a) この反応の副反応として、生成した化合物 **D** が窒素を発生しながら、化合物 **E** に分解することがある。

実験 5 化合物 **E** の水酸化ナトリウム水溶液を化合物 **D** と反応させると、化合物 **F** の橙赤色沈殿が生じた。化合物 **F** は染料として利用されている。

問1 実験1の化学反応を電子を含む化学反応式で書くと、下記の式(1)および(2)のようになる。□①～□⑤にあてはまる係数を記せ。



問2 上記の式(1)および(2)をもとに、実験1の化学反応を化学反応式で記せ。

問3 □ア および □イ にあてはまる語句を、以下の(a)～(e)から一つずつ選び、記号で記せ。

(a) 置換 (b) 還元 (c) 付加 (d) 脱離 (e) 酸化

問4 実験3において生成した化合物Cの構造式を記せ。

問5 化合物Cの生成において、新たに形成された結合の名称を記せ。また、同じ結合を含む化合物を、以下の(a)～(h)からすべて選び、記号で記せ。

(a) ポリエステル (b) ナイロン6 (c) ポリエチレン (d) セルロース
(e) アミロース (f) グリシン (g) コラーゲン (h) アラニン

問6 実験4を行なうにあたって、下線部(a)の副反応が起こらないようにするために、実験上注意しなければならないことを、15字以内で記せ。

問7 呈色反応を利用した化合物Eの確認方法を、25字以内で記せ。

問8 実験5の化学反応を構造式を用いた化学反応式で記せ。

