

# 平成 22 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

## 化 学

学類によって解答する問題が異なります。

指定された問題だけに解答しなさい。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
人間社会学域	学校教育学類	I, II, III, IV (4問)
理工学域	数物科学類 物質化学類 環境デザイン学類 自然システム学類	I, II, III, IV, V, VI (6問)
医薬保健学域	医学類 薬学類・創薬科学類 保健学類	I, II, III, IV (4問)

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 12 ページであり、答案用紙は、学校教育学類、医学類、薬学類・創薬科学類、保健学類は 4 枚、数物科学類、物質化学類、環境デザイン学類、自然システム学類は 6 枚である。
- 3 IV の選択問題は、解答する問題を決めたあと、その問題番号の解答欄に解答すること。(選択問題の両方に解答した場合は、いずれの解答も採点の対象外とする。)
- 4 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 5 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

解答にあたり、必要であれば以下の数値を用いなさい。

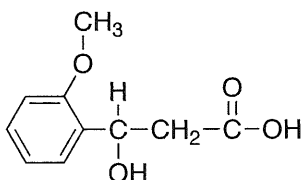
原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.1,

Ca = 40.1

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3$  [Pa·L/(mol·K)]

$\log 2 = 0.30$ ,  $\log 3 = 0.48$

構造式および電子式は下図の例にならって記入しなさい。



構造式の例



電子式の例

I [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

化合物Aは分子量120の一置換ベンゼンである。化合物Aは炭素と水素のみからなり、ベンゼンに触媒の存在下でプロピレン(プロペン)を作用させることによって合成できる。化合物Aを酸素で酸化した後、希硫酸で分解することにより、芳香族化合物Bと脂肪族化合物Cが工業的に製造されている。化合物Bは反応性に富む化合物であり、濃硝酸と濃硫酸の混合物と反応させると、ベンゼン環上の3つの水素原子がニトロ基で置換されたピクリン酸が生成する。また、化合物Cは有機化合物をよく溶かすので、塗料などの溶剤として利用される物質であり、空気を遮断して、酢酸カルシウムを加熱・分解することによっても生成する。

化合物Aを濃硝酸と濃硫酸の混合物と反応させると、生成物の1つとしてパラ位にニトロ基をもつ化合物Dが得られた。次に、化合物Dに濃塩酸とスズを加え加熱し、ニトロ基を還元することにより化合物Eが得られた。この反応では、反応が完結すると最初二層に分かれていた反応溶液が均一溶液になった。その溶液に

水酸化ナトリウム水溶液を加えて、溶液を塩基性にしてからエーテルで抽出すると、エーテル層に化合物 **E** が抽出された。

化合物 **A** の構造異性体である化合物 **F** を、二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液と反応させると化合物 **G** が得られた。また、化合物 **G** を加熱すると、1分子の水が取れて化合物 **H** が生成した。化合物 **H** は、触媒を用いてナフタレンを空気中の酸素で酸化しても得られる。

問 1 化合物 **A**~**H** の構造式を記入しなさい。

問 2 化合物 **B** は、 $\text{FeCl}_3$  水溶液を加えると特有の呈色反応を示す。何色を呈するか、答えなさい。

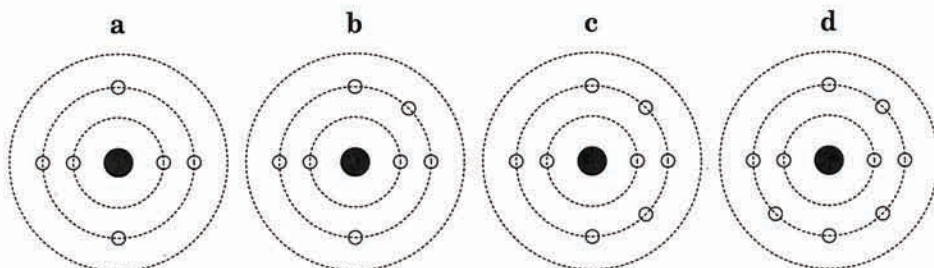
問 3 下線部(a)と(b)の反応を化学反応式で記入しなさい。

問 4 下線部(c)の操作を行う理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 5 化合物 **A** の構造異性体である芳香族化合物のうち、ベンゼン環上の1つの水素原子を塩素原子で置換したとき、2種類の構造異性体を生じる化合物の構造式をすべて記入しなさい。

II [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

以下の図は4種類の元素 a~d について, 原子の電子配置を模式的に示したものである。ここで, ●は原子核, ○は電子, 点線の円は電子が入る電子殻を表している。以下の問1および問2に答えなさい。



問1 以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) この4種類の元素 a~d の名称をそれぞれ記入しなさい。
- (2) 元素 d は化学結合に関与する共有電子対を引きつける強さがもっとも大きい。この大きさを相対的に決める尺度の名称を記入しなさい。また, この4種類の元素と同じ周期に属する元素で, この尺度が2番目に大きい元素は何か, その元素記号を記入しなさい。
- (3) この4種類の元素と同じ周期に属する元素で, 第一イオン化エネルギーが最小である元素および電子親和力が最大である元素は何か, それぞれ, 元素記号を記入しなさい。

問2 4種類の元素 a~d の原子1個が水素との共有結合によりそれぞれ生ずる中性の化合物 A~D について, 以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

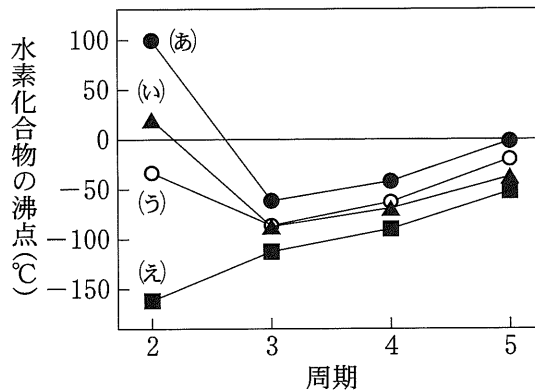
- (1) 水素化合物 A~D の名称, 電子式, 分子の形および極性の有無についてそれぞれ記入しなさい。ただし, 分子の形については次の①~⑧より最も適切な形を選び, 番号を記入しなさい。また, 分子の極性については, 極性がある場合は「極性」, ない場合は「無極性」と記入しなさい。

分子の形: ① 直線形    ② 折れ線形    ③ 正方形    ④ 三角錐形  
 ⑤ 四角錐形    ⑥ 正四面体形    ⑦ 正六面体(立方体)形    ⑧ 正八面体形

- (2) 以下の文章で、 ~  に入る適切な語句または化学式を記入しなさい。また、 イオンの構造式を記入しなさい。さらに、 イオンの一例として、 $\text{Fe}^{3+}$  を含む物質を化学式で記入しなさい。

水素化合物 **B** の元素 **b** と水素間の共有結合では、それぞれの原子の  が対になって存在している。一方、水素化合物 **B** は酸との中和反応により  イオンを生じる。このイオンが生成する過程では、化合物 **B** の  が使われ、水素イオンと化学結合する。このとき新しく生成する結合は  結合であり、新たに生成したイオンは一般に  イオンと呼ばれる。

- (3) 元素 **a** ~ **d** と同族の元素が生成する水素化合物の沸点を、第2 ~ 第5周期の元素について下図に示した。水素化合物 **B**, **C**, **D** と同族の水素化合物の沸点の変化を、それぞれ図中の(あ)~(え)から選び、記号で記入しなさい。また、水素化合物 **B**, **C**, **D** の沸点が同族の他の元素の水素化合物の沸点と比較して極めて高い理由を45字以内で説明しなさい。



Ⅲ [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

次の文章を読み, 問1～問4に答えなさい。

金属イオン  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  のうち, 6種を含む硝酸水溶液について, 下記の実験1～実験6を行った。

実験1 試料水溶液に塩酸を加えると, 沈殿Aが生じた。

実験2 分離した沈殿Aに熱水を注ぎ, ろ過によって, ろ液と白色の沈殿Bに分離した。ろ液にクロム酸カリウム水溶液を混合すると, 黄色の沈殿Cが得られた。また, 沈殿Bに過剰のアンモニア水を加えると, 溶解した。<sup>(a)</sup>沈殿Bは, 光によって分解され  色になる性質を有する。この変色する現象を  という。

実験3 沈殿Aを分離したろ液に硫化水素を吹き込むと, 黒色の沈殿Dが生じた。

実験4 沈殿Dを分離したろ液を煮沸し, 硫化水素を除いた後, 塩化アンモニウムとアンモニア水を加えると, 白色の沈殿Eが生じた。ろ過によって分離した沈殿Eに水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると, 沈殿が溶解した。<sup>(b)</sup>

実験5 沈殿Eを分離したろ液に炭酸ナトリウムを加えると, 白色の沈殿Fが生じた。ろ過して分離した沈殿Fを強熱すると, 乾燥剤としてよく使用される酸化物を生じた。<sup>(c)</sup>

実験6 沈殿Fを分離したろ液の炎色反応を行ったところ, 炎の色が赤紫になった。

問1 各実験で生じた沈殿B～Fの化学式を記入しなさい。

問2 下線部(a)～(c)の変化を化学反応式で記入しなさい。

問 3  および  に入る適切な語句を記入しなさい。

問 4 実験 6 のろ液に含まれる金属イオンを元素記号で記入しなさい。

IV [学校教育学類, 数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類, 医学類, 薬学類・創薬科学類, 保健学類]

①②のうち一方を選択し, その問題番号の解答欄に解答しなさい。(両方の問題に解答した場合は, 両方の解答とも採点の対象外とします)

① 次の(a)~(j)の記述のうち, 内容が正しいものを5つ選び, 記号で記入しなさい。また, 誤り(それぞれ一カ所)があるものを5つ選び, 記号で記入し, 誤りを正しい語句, 式または数値に訂正しなさい。

(a) 三大栄養素とは, 糖類, タンパク質, 脂質であり, これらに無機質と核酸を加えたものを五大栄養素という。

(b) 糖類の大部分は, 一般式  $C_n(H_2O)_n$  で表されるので, 炭水化物ともよばれる。

(c) デンプンはアミロースとアミロペクチンからなり, だ液中のアミラーゼによって加水分解されてマルトースとなり, さらに, 小腸で加水分解され, グルコースとなる。

(d) タンパク質を構成しているアミノ酸のうち体内で合成されないか, もしくは合成されにくいものは必須アミノ酸とよばれ, 食物として外部から摂取する必要がある。食物として摂取されたタンパク質は, 胃でペプシン, 小腸でトリプシンやペプチダーゼによって加水分解される。

(e) 綿や麻の植物繊維の主成分は,  $\alpha$ -グルコースが長くつながったセルロースである。一方, 絹や羊毛のような動物繊維の構成要素はアミノ酸である。

(f) ポリエチレンテレフタレートはポリエステル系の合成繊維であり, 衣料その他に利用されている。重合度 150 のポリエチレンテレフタレートには 1 分子中に 299 個のエステル結合が含まれている。

(g) 0.100 mol の  $\epsilon$ -カプロラクタムから 113 g の 6-ナイロンが開環重合によって得られる。

- (h) 衣類や食器などを洗う洗剤として用いられる界面活性剤は、通常、陰イオン性か非イオン性のものであり、石けんは油脂をケン化してつくられる。
- (i) 生ゴムを乾留するとイソプレンを生じる。生ゴムの中ではイソプレン単位ごとに1個のトランス形の二重結合がある。
- (j) 鉄は鉄鉱石を溶鉱炉中でコークスを用いて還元して得られる。このとき、コークスから生じた一酸化炭素は二酸化炭素となる。

② 次の(a)~(j)の記述のうち、内容が正しいものを5つ選び、記号で記入しなさい。また、誤り(それぞれ一カ所)があるものを5つ選び、記号で記入し、誤りを正しい語句、式または数値に訂正しなさい。

- (a) ビウレット反応は、特有な赤紫色の銅(I)錯体が生成することによるタンパク質の呈色反応のひとつである。
- (b) キサントプロテイン反応は、フェニルアラニンやチロシンなどに含まれるベンゼン環がニトロ化されることによるタンパク質の呈色反応である。
- (c) タンパク質は、熱・強酸・強塩基・重金属イオン・有機溶媒などにより立体構造が破壊されて変性し、その機能を失う。
- (d) RNAはDNAと構造が似ているが、糖の部分はデオキシリボース、塩基の部分はチミンに代ってウラシルとなっている。
- (e) DNAからタンパク質が合成される時、DNAの二重らせん構造の一部がほどけて、その遺伝情報は伝令RNAに塩基配列の形で伝えられる。これを遺伝情報の翻訳という。
- (f) 酵素の高い触媒能力は、基質と複合体を形成して反応の活性化エネルギーが小さくなることに由来している。ただし、反応速度は温度とともに無限に大きくなるわけではなく、酵素反応には最適温度がある。
- (g) 光合成は太陽エネルギーによって二酸化炭素を同化して、糖類を合成する反応であり、この反応において水は酸化剤としてはたらいっている。
- (h) 微生物の嫌気呼吸による有機物の分解を発酵といい、エタノールと二酸化炭素(アルコール発酵)や乳酸(乳酸発酵)を生じる。
- (i) サリチル酸メチルをアセチル化して、解熱鎮痛剤・抗炎症剤として使用されるアセチルサリチル酸が合成される。
- (j) 肥料として硫酸(硫酸アンモニウム)1.0 kgを畑に施したところ、硫酸イオンによって酸性化した。これを硫酸カルシウムとして処理するには0.56 kgの水酸化カルシウムが必要である。

V [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の文章を読み, 問1～問5に答えなさい。

温度と容積を変えられる反応容器中で, 次の気体反応が温度  $T$  において平衡に達している。



この反応の濃度平衡定数  $K_c$  と圧平衡定数  $K_p$  は, 次のように表される。

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3[\text{N}_2]} \quad K_p = \frac{\{p(\text{NH}_3)\}^2}{\{p(\text{H}_2)\}^3\{p(\text{N}_2)\}}$$

ただし, 気体成分を  $X$  とするとき, それぞれ  $[X]$  と  $p(X)$  が  $X$  のモル濃度と分圧である。

問1 気体成分  $X$  の物質量を  $n(X)$ , 反応容器の容積を  $V$  とするとき, 気体成分  $X$  のモル濃度  $[X]$  はどのような式で表されるか, 答えなさい。

問2 上記の平衡混合物が理想気体から構成されていると仮定して, 2つの平衡定数の比  $\frac{K_c}{K_p}$  を求めなさい。ただし, 気体定数は  $R$  で表しなさい。

問3 温度  $T$  と反応容器の容積  $V$  を一定に保ったまま, 上記の平衡混合物にアルゴンを添加し, 新しい平衡状態に到達させた。この操作により, アンモニアの分圧  $p(\text{NH}_3)$  にはどのような変化が生じたか, 答えなさい。また, その理由を40字以内で説明しなさい。

問4 問3の状態にある平衡混合物を含む反応容器の容積  $V$  を減少させ, 温度  $T$  を一定に保ったまま, 新しい平衡状態に到達させた。この操作により, 窒素の分圧  $p(\text{N}_2)$  にはどのような変化が生じたか, 答えなさい。また, その理由を60字以内で説明しなさい。

問 5 上記の平衡反応のうち正反応は発熱反応である。問 3 の状態にある平衡混合物を含む反応容器の容積  $V$  を一定に保ったまま、温度  $T$  を上昇させ、新しい平衡状態に到達させた。この操作により、水素の分圧  $p(\text{H}_2)$  にはどのような変化が生じたか、答えなさい。また、その理由を 60 字以内で説明しなさい。

## VI [数物科学類, 物質化学類, 環境デザイン学類, 自然システム学類]

次の文章を読み, 問1～問5に答えなさい。

酢酸に水を加えて, モル濃度  $c$  [mol/L] になるように調製した。酢酸は, 水溶液中で電離し, 次のような平衡が成立する。



平衡状態での各成分のモル濃度を  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ ,  $[\text{H}^+]$  とすると, 酢酸の電離定数  $K_a$  は  となる。電離度を  $\alpha$  とすると,  $c$  と  $\alpha$  を用いて,  $[\text{CH}_3\text{COOH}] =$   [mol/L],  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] =$   [mol/L],  $[\text{H}^+] =$   [mol/L],  $K_a =$   [mol/L] となる。酢酸は弱酸なので, 電離度  $\alpha$  は1よりも非常に小さく,  $K_a =$   [mol/L] と近似される。

次に, この酢酸水溶液 10 mL に指示薬フェノールフタレイン溶液を 2～3 滴加え, 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。水酸化ナトリウム水溶液 15 mL を滴下したところ, 水溶液が赤く変色した。

問1  ～  に入る適切な式を記入しなさい。

問2 酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応式を記し, 酢酸水溶液のモル濃度を求めなさい。

問3 電離度  $\alpha = 1.00 \times 10^{-2}$  として, 電離定数  $K_a$  の値を有効数字2桁で求めなさい。

問4 滴定前の酢酸水溶液の pH を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

問5 中和点における pH を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし, 水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$  [(mol/L)<sup>2</sup>] とする。