

# 平成 27 年 度

## 試 験 問 題 ②

# 学 科 試 験

(9 時 ~ 12 時)

### 【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験教科、試験科目、ページ、解答用紙および選択方法は下表のとおりである。

教 科	科 目	ペー ジ	解 答 用 紙 数	選 択 方 法
数 学	数 学	1 ~ 12	1 枚	数学、英語は必須解答とする。 理科は左の3科目のうちから1科目を選択せよ。
英 語	英 語	13 ~ 16	1 枚	
理 科	化 学	17 ~ 28	2 枚	
	生 物	29 ~ 30	4 枚	
	物 理	31 ~ 40	1 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない理科科目を含む全解答用紙(9枚)に受験番号と選択科目(理科のみ)を記入せよ。
  - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
  - ② 理科は選択科目記入欄に選択する1科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないもの、および理科2科目または理科3科目選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 問題冊子の余白を使って、計算等を行ってもよい。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

# 化 学

## 【注意】

1 化学の全問を通して、必要ならば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cl = 35.5,

K = 39, Ca = 40, Cu = 64, Ag = 108

理想気体の標準状態における体積：22.4 L/mol

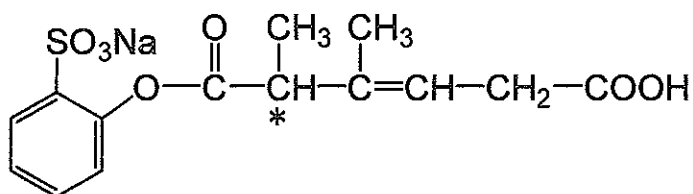
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

2 特に指定のない限り、有効数字は2ケタで答えよ。

3 構造式は下の例にならって書け。



(\*は不斉炭素原子を表している)

【1】 二酸化炭素と水はどちらも3個の原子からなる分子であるが、二酸化炭素分子には極性がないのに対し、水分子には極性がある。以下の単語をすべて使用し、その理由を150字以内で説明せよ。

共有結合, 直線型, 折れ線型, 極性, 無極性

【2】 化学実験を行う際には、安全のために服装や身なりに注意することが必要である。①白衣を着用する、②長い髪の毛は束ねておく、ということがなぜ必要なのか、その理由をそれぞれ1つあげ、20字程度で記せ。

【3】 0.10 mol/Lの  $\text{Cu}^{2+}$  と 0.10 mol/Lの  $\text{Zn}^{2+}$  との両方が含まれている水溶液に対して、(実験1)希塩酸で酸性にしてから硫化水素を通じる、(実験2)希アンモニア水でアルカリ性にしてから硫化水素を通じる、という実験をそれぞれ行ったところ、実験1ではCuS、実験2ではCuSとZnSが沈殿した。なぜ実験1と実験2で結果に違いが生じたのか、150字以内で説明せよ。ただし、CuSの溶解度積は  $[\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 6.5 \times 10^{-30} (\text{mol/L})^2$ 、ZnSの溶解度積は  $[\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$  とする。

【4】 水酸化ナトリウムは工業的には、電気分解を応用したイオン交換膜法とよばれる方法で製造される。この方法で使用する電解槽は、陽極に炭素、陰極に鉄を使用し、その間を陽イオン交換膜で仕切って両極の水溶液が混ざらないようになっている。陽極側には塩化ナトリウム水溶液を、陰極側には水を入れて電気分解する。

問 1 陽極で生じる反応を、電子( $e^-$ )を含むイオン反応式で書け。

問 2 陰極で生じる反応を、電子( $e^-$ )を含むイオン反応式で書け。

問 3 この方法を用いると、なぜ水酸化ナトリウムを製造することができるのか、150字以内で説明せよ。

【5】 プロパン(気)、炭素(黒鉛)、水素(気)の燃焼熱は、それぞれ 2219, 394, 286 kJ/mol であるとして、以下の設問に答えよ。ただし熱量の単位は kJ/mol とし、整数で答えよ。

問 1 プロパン(気)の燃焼の熱化学方程式を書け。

問 2 プロパン(気)の生成熱を求めよ。

【6】 容積 1.00 L のガラス製密閉容器 A と容積 4.00 L の容器 B が連結されている。2 つの容器の間にはコックが取り付けられている。コックを閉じた状態で両容器を真空とし、全体を 27.0 °C に保ちながら容器 A には  $1.20 \times 10^4$  Pa の窒素を、容器 B には 0.180 g の水を入れた。次の問 1, 2 に答えよ。ただし、窒素の水(液体)への溶解、および水(液体)の体積は無視できるものとし、27.0 °C における水の蒸気圧は  $3.60 \times 10^3$  Pa とする。

問 1 27.0 °C に保ちながら容器 A と容器 B を連結するコックを開いた。このとき、容器の中の圧力を有効数字 3 ケタで求めよ。

問 2 問 1 の操作の後で、全体を 100 °C まで加熱したときの容器内の圧力を有効数字 3 ケタで求めよ。

【7】 ケイ素に関する以下の文章を読み、設問に答えよ。

ケイ素の単体は天然には存在せず、( A )を主成分とする石英を原料として、( A )を還元して製造される。ケイ素の結晶構造は( B )型の( C )結合結晶である。融点は( B )よりも( D )い。ケイ素の単体にリンなどを少量加えると( E )としての性質を示す。( E )としての性質を用いて、( F )などが製造されている。

問 1 空欄 A から E に入る適切な語句を答えよ。

問 2 空欄 F に入る適切な工業製品名をひとつ答えよ。

問 3 ( A )を炭酸ナトリウムと加熱したところ、気体が発生した。この反応の化学反応式を書け。

【8】 以下のア～エに示す物質をそれぞれ同じ質量はかり取り，一定量の水に完全に溶かした．これらの水溶液を凝固点が高い順に並べよ．解答はア～エの物質の化学式で示せ．ただし，電解質は完全に電離するものとして計算せよ．

ア 塩化カルシウム

イ グルコース

ウ 尿 素

エ 硝酸カリウム

【9】 0.055 mol/L の酢酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて pH を 5.00 とした．このときの酢酸イオンの濃度を求めよ．酢酸の電離定数を  $2.7 \times 10^{-5}$  mol/L とする．なお，水酸化ナトリウム水溶液を加えることによる体積変化はないものとする．

【10】 0.010 mol/L の硝酸銀水溶液 500 mL に 4.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を 1.0 mL 滴下した。このときに生成する AgCl は何 g か答えよ。必要であれば、塩化銀の溶解度積  $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ ,  $\sqrt{1.8} = 1.34$  を用いよ。

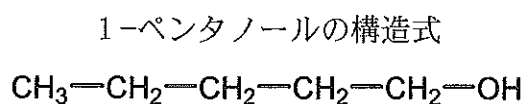
【11】 60 °C の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 700 g を 20 °C まで冷却した。この時に析出する硫酸銅(Ⅱ)五水和物は何 g か答えよ。ただし、硫酸銅(Ⅱ)の水 100 g に対する溶解度は 20 °C で 20 g, 60 °C で 40 g であるとし、冷却時に水の蒸発は起こらないものとする。

【12】 塩化銅水溶液に二本の炭素電極 A, B を入れ, 電気分解を行った. 電極 A から気体の発生が観察され, 電極 B は重量が増加した. 電極 B の重量変化が 0.12 g であったとき, 電極 A から発生した気体は標準状態で何 L になるか, またそれは何 g であるか答えよ.

【13】 炭素と水素のみで構成されている化合物 1.0 モルを完全燃焼したところ, 酸素 12 モルを消費して, 二酸化炭素と水が物質質量比 3 : 2 で生成した. また, この化合物はベンゼン環上に 2 つの置換基を持つ化合物であり, 2 つの置換基は互いにメタ位に存在することが分かった. この化合物の構造式を書け.

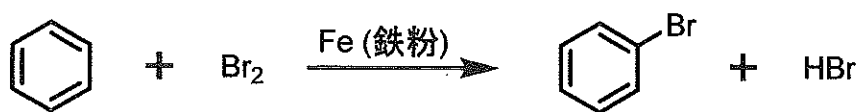


- 【14】 1-ペンタノールの異性体のうち、ヒドロキシ基を持ち、光学異性体が存在する化合物の構造をすべて書け。不斉炭素原子には\*印を付けよ。



- 【15】 次の(1)~(4)の操作により進行する反応を、下記の例に従って、構造式を用いた反応式で書け。また、生成する芳香族有機化合物の名称を答えよ。

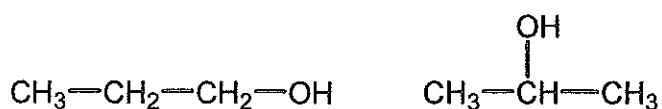
例) 鉄粉を触媒として、ベンゼンに臭素を作用させる。



- (1) ナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を吹き込む。
- (2) サリチル酸をメタノールに溶かし、少量の濃硫酸を加えて加熱する。
- (3) ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱する。
- (4) 濃塩酸中でニトロベンゼンにスズを加えて加熱する。

- 【16】 ある有機化合物(常温で無色の液体)を分析したところ、分子式が  $C_3H_8O$  で表される純物質で、ヒドロキシ基を持つことが判明した。したがって、この化合物は以下の構造式で示される二種類の異性体のどちらかと推定される。構造式を決定するにはどのような化学反応を用いればよいか、使用する化学反応の名称、使用する試薬、生じる変化について説明せよ。

(異性体)



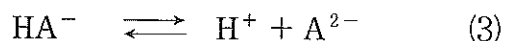
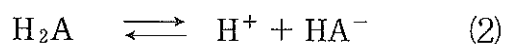
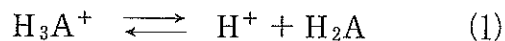
- 【17】 次の文章を読み、空欄に語句あるいは数値を入れよ。

ナイロン6は、日本で開発された合成繊維である。そのモノマーである ( A ) に少量の水を加えて加熱すると、( B ) 重合によりナイロン6が生成する。ナイロン6はモノマーが( C ) 結合した高分子であるため、高分子鎖の間で( D ) 結合が生じ、力学的強度に優れる。平均分子量が452000のナイロン6があったとすると、その重合度は( E ) と計算できる。

【18】 旅先の温泉で、ヤシ油をけん化して作ったセッケンを使って体を洗おうとしたが、泡立ちが悪かった。どのような理由が考えられるか、泉質に関連する理由を2つあげ、それぞれ化学的に75字以内で記せ。

【19】 マルトース( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )は2つの $\alpha$ -グルコースが脱水縮合した二糖類である。グルコースは水溶液中で鎖状構造をとることができ、この構造には末端にアルデヒド基がある。マルトースは $\alpha$ -グルコースが脱水縮合して1,4-グリコシド結合によりアルデヒド基になりうる場所が一つ失われるものの、もう一つが残るので、還元性を示す。ショ糖( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )は $\alpha$ -グルコースと $\beta$ -フルクトースが脱水縮合した構造であり、還元性を示さない。これはグリコシド結合により $\alpha$ -グルコース単位、 $\beta$ -フルクトース単位ともに、もはや鎖状構造をとることができないためである。食品添加物として広く使われているトレハロース( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )は、マルトースと同じく $\alpha$ -グルコース2分子が脱水縮合した構造の二糖類であるが、水溶液中において還元性を示さない。トレハロースが還元性を示さない理由について、分子構造と関連付けて100字以内で記せ。

【20】 酸性アミノ酸であるアスパラギン酸を溶解した水溶液の電離平衡について考える。アミノ基に水素イオンが結合したアスパラギン酸を  $H_3A^+$  と略記すると、3段階の電離平衡は、(1)~(3)のイオン反応式として表記できる。



また、(1)~(3)について電離定数をそれぞれ  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  とすると、成分濃度を用いて式(a)~(c)のように表記できる。

$$K_1 = \frac{[H^+][H_2A]}{[H_3A^+]} \quad (a)$$

$$K_2 = \frac{[H^+][HA^-]}{[H_2A]} \quad (b)$$

$$K_3 = \frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]} \quad (c)$$

$K$  の常用対数にマイナスをつけた値 ( $-\log K$ ) を  $pK$  と表すと、 $pK_1 = 2.00$ ,  $pK_2 = 3.90$ ,  $pK_3 = 9.90$  である。これらの値からアスパラギン酸の等電点を有効数字3ケタで求めよ。考え方と計算の過程も記せ。

—余 白—

(このページに問題はありません)