

平成 28 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 ~ 40	3 枚	
	物 理	41 ~ 50	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(8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, F = 19, Na = 23,

Si = 28, S = 32, Cl = 35.5, Mn = 55

理想気体の標準状態における体積：22.4 L/mol

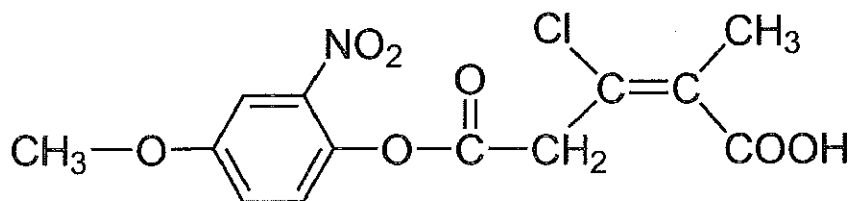
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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。



【1】 次の(ア)から(カ)の物質のうち、還元作用のあるものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) F_2

(イ) O_3

(ウ) KI

(エ) H_2S

(オ) CH_3OH

(カ) CO_2

【2】 60℃の硝酸カリウム飽和水溶液 100 g を入れたビーカーがある。温度を一定に保ったまま放置すると水が蒸発し、全体の重量が 15.0 g 減少するとともに、硝酸カリウムが析出した。この時析出した硝酸カリウムは何 g か、有効数字 3 ケタで答えよ。ただし、硝酸カリウムの水 100 g に対する溶解度は 60℃で 106 とする。

【3】 20.0 g の酸化マンガン(IV)に塩酸を加えて加熱し、塩素を発生させた。十分な量の塩酸を反応させた場合、発生した塩素の体積は 0℃, 1.013×10^5 Pa において何 L か、有効数字 3 ケタで答えよ。

【4】 標準状態で 1.12 L のアンモニアガスを完全に水に溶かし、250 mL のアンモニア水を調製した。この水溶液の 25 °C における pH を小数点以下第 1 位まで求めよ。ただし、25 °C におけるアンモニア水の電離度は 1.00×10^{-2} とし、必要であれば $\log 2 = 0.300$ を用いよ。

【5】 プロパンの燃焼に関する以下の(1)から(4)の問いに答えよ。ただし、二酸化炭素、水(液体)、プロパンの生成熱は、それぞれ 394 kJ/mol、286 kJ/mol、106 kJ/mol とし、有効数字 3 ケタで答えよ。

- (1) 二酸化炭素を成分元素の単体からつくる熱化学方程式を書け。
- (2) 水(液体)を成分元素の単体からつくる熱化学方程式を書け。
- (3) プロパン 1 mol が完全燃焼する反応の熱化学方程式を書け。
- (4) プロパンの燃焼熱のすべてを 20.0 °C の水 100 kg に与えるとしたとき、水を 40.0 °C まで温めるのに必要なプロパンの物質量を求めよ。ただし、水 1 g を 1 °C 上げるのに必要な熱量を 4.18 J/(g·K) とする。

【6】 水とエタノールの密度は 15°C において、それぞれ 1.0 g/cm^3 、 0.80 g/cm^3 である。次の(1)から(4)の問いに答えよ。

- (1) 15°C における水 1 mol の体積を求めよ。
- (2) 15°C におけるエタノール 1 mol の体積を求めよ。
- (3) 水 1 mol とエタノール 1 mol を 15°C にて混合したところ、密度は 0.90 g/cm^3 となった。この混合溶液の体積を求めよ。
- (4) (1)、(2)を合計して得られる体積と、(3)で求めた体積は異なる。その理由を40文字以内で説明せよ。

【7】 酢酸とエタノールを各 1.0 mol ずつフラスコにとり、少量の濃硫酸を加えて混合し、温度を一定に保ちながら反応させた。次の(1)から(3)の問いに答えよ。

- (1) この反応の反応式を書け。
- (2) 平衡に達するまで反応させたところ、酢酸が 0.40 mol 残っていた。平衡定数を求めよ。
- (3) 平衡に達した溶液にさらにエタノールを 0.20 mol 加えるとどうなるか。正しいものを下記の①から⑤から選び、記号で答えよ。

- ① 反応が正方向に進み、酢酸の残存量が減る。
- ② 反応が正方向に進むが、酢酸の残存量は変わらない。
- ③ いったん平衡に達しているので、反応がさらに進行することはない。
- ④ 逆反応が進み、酢酸の残存量が増加する。
- ⑤ 逆反応が進むが、酢酸の残存量は変わらない。

【8】 以下の(ア)から(ウ)の文章に記述された物質について、物質量が大きい順番に並べよ。解答欄には記号(ア)、(イ)、(ウ)を使って記せ。また、そのうち、最も大きい物質量の値を答えよ。

(ア) 塩化銅(Ⅱ)水溶液を、白金電極を用いて0.40 Aの一定電流で20分間電気分解したときに、陽極から発生する気体。

(イ) 20 gの二酸化ケイ素と3.0 gの炭素を完全に反応させたときに生成するケイ素の単体。

(ウ) 1.0 kgの水の凝固点を0.60 K下げるのに必要なグルコース。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

【9】 低分子量のアルコールは燃料や医薬品などの原料として重要である。(1)メタノール、(2)エタノールの主な工業的製造法を反応式で書け。触媒が必要な場合は、反応式の矢印の上に触媒の化学式を記せ。

【10】 ステアリン酸(分子量 284) 14.2 mg をエタノールに溶かし、全体を 100 mL にした溶液を作成した。この溶液 0.10 mL を水面に静かに滴下すると、 65.3 cm^2 の単分子膜が生じた。この単分子膜において、ステアリン酸 1 分子が占有する面積を求めよ。

【11】 塩化ナトリウムの結晶において、単位格子の体積は $1.80 \times 10^{-28} \text{ m}^3$ である。塩化ナトリウムの結晶の密度(g/cm^3)を有効数字 3 ケタで求めよ。計算過程も記せ。

【12】 中和滴定では，酸の標準溶液(標準液)としてシュウ酸水溶液が使用される．標準溶液として硫酸や塩酸が不適切である理由を 70 字以内で答えよ．

【13】 炭素と水素のみで構成される有機化合物 1.0 g を完全燃焼させ，発生した気体をソーダ石灰を充填した吸収管に通したところ，吸収管の重量は 4.0 g 増加した．この有機化合物の組成式を書け．また計算過程も記せ．

【14】 分子式 $C_5H_{12}O$ で表される化合物のうち、エーテル結合を持ち、かつ不斉炭素原子を持たないものは何種類存在するか答えよ。

【15】 次の(ア)から(オ)の文章のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 枝分かれがない1-ブタノールよりも、枝分かれがある2-メチル-2-プロパノールの方が、沸点が低い。
- (イ) ヨウ素とヨウ化カリウムの水溶液とシクロヘキサンを分液ろうとに入れて、よく振り混ぜたのち静置すると、二層に分離し、上層が赤紫色に着色する。
- (ウ) α -アミノ酸には必ず不斉炭素が1つだけ存在する。
- (エ) α -グルコース、 β -グルコースの $[\alpha-]$ 、 $[\beta-]$ は、それぞれ六員環のいす形と舟形の構造を表している。
- (オ) 酢酸水溶液の濃度が小さくなるに従って、酢酸の電離度の値は大きくなる。

【16】 次の(ア)から(オ)の操作により生じる有機化合物について、それぞれ名称と構造式を書け。

- (ア) エタノールに濃硫酸を加え、170℃で加熱する。
- (イ) 鉄粉を触媒として、ベンゼンに塩素を作用させる。
- (ウ) 塩化ベンゼンジアゾニウム水溶液を加熱する。
- (エ) ベンジルアルコールを過マンガン酸カリウムと十分に反応させる。
- (オ) 酢酸を十酸化四リンと反応させる。

【17】 次の(ア)から(エ)に示す重合度 n をもつ高分子について、分子量が大きいものから順に並べよ。解答欄には記号(ア)から(エ)を使って答えよ。ただし、(ア)については、ナトリウムも分子量に含めるものとする。

- (ア) ポリスチレンスルホン酸ナトリウム, $n = 250$
- (イ) アミロペクチン, $n = 400$
- (ウ) ポリイソプレン, $n = 800$
- (エ) ポリテトラフルオロエチレン, $n = 500$

【18】 次の文章中の空欄(ア)から(カ)に当てはまる適切な語句あるいは化学式を答えよ。

人口爆発による食料の需要増大に対し、農産物の生産量を増大させることができたのは、化学肥料を使用してきたことが大きな要因である。植物体は少なくとも40種類以上の元素が必要であるが、そのうち不可欠な元素として16種類があり、これを必須16元素とよぶ。このうち、窒素、リン、カリウムは特に不足しやすい元素で、(ア)とよばれる。通常、窒素成分は動植物の死骸が微生物により分解された(イ)イオンや(ウ)イオンとして土壤中に存在する。窒素肥料は、(イ)を含む(エ)や(オ)などが使用される。リン肥料としては過リン酸石灰や重過リン酸石灰などが、カリウム肥料としては(カ)などが使用されている。

【19】 合成高分子化合物は一般に分子量に分布がある。これは、重合度の違った高分子鎖の混合物だからである。表1はその一例であり、分子量(M_i)をもつ分子の分子数(N_i)の分布を示す。平均分子量を表す式として、一般に式(1)がよく知られている。これは「数平均分子量」を求める式であり、分子量の総和($\sum N_i M_i$)を分子数の総和($\sum N_i$)で割った値として定義される。これに対して、式(2)は、「重量平均分子量」を求める式である。

$$\text{数平均分子量} = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i} \quad (1)$$

$$\text{重量平均分子量} = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} \quad (2)$$

数平均分子量は高分子の分子数を指標とした平均であり、重量平均分子量は高分子の重さを指標とした平均として扱われる。両者は異なる値になるが、分子量分布が狭くなるほど、両者の差は小さくなる。

式(1)、(2)をもとに表1に示す合成高分子化合物の数平均分子量、重量平均分子量を計算し、有効数字3ケタで答えよ。

表1 合成高分子化合物の分子量と分子数の分布

i	1	2	3	4
分子量(M_i)	2.00×10^4	3.00×10^4	4.00×10^4	5.00×10^4
分子数(N_i)	3.00×10^3	4.00×10^3	6.00×10^3	1.00×10^3

【20】 日本で開発された代表的な合成繊維としてビニロンがある。数平均分子量 4.4×10^4 のポリビニルアルコールをもとに数平均分子量 4.7×10^4 のビニロンが得られたとすると、ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がアセタール化されたか答えよ。