

理 科

(80分)

【物理・化学・生物】

※ 3科目の中から、2科目を選んで解答してください。

※ 1科目を解答用紙の表面に解答し、もう1科目を裏面に解答してください。

I 試験全体に関する注意

1. 係員の許可なしに、部屋の外に出ることはできません。
2. この問題冊子を持ち帰ることはできません。

II 問題冊子に関する注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見ないでください。
2. 試験開始の合図があったら、下の欄に、受験番号と名前を、受験票と同じように記入してください。
3. 各科目の問題は、以下のページにあります。

科目	ページ
物理	1 ～ 21
化学	23 ～ 37
生物	39 ～ 53

4. 足りないページがあったら、手をあげて知らせてください。
5. 問題冊子には、メモや計算などを書いてもいいです。

III 解答用紙に関する注意

1. 解答は、解答用紙に鉛筆（HB）で記入してください。
2. 各問題には、その解答を記入する行の番号 **1**, **2**, **3**, ...がついています。解答は、解答用紙（マークシート）の対応する解答欄にマークしてください。
3. 解答用紙に書いてある注意事項も必ず読んでください。

※ 試験開始の合図があったら、必ず受験番号と名前を記入してください。

受験番号			*				*					
名前												

化学

「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」、「化学」、「生物」がありますので、この中から2科目を選んで解答してください。選んだ2科目のうち、1科目を解答用紙の表面に解答し、もう1科目を裏面に解答してください。

「化学」を解答する場合は、右のように、解答用紙にある「解答科目」の「化学」を○で囲み、その下のマーク欄をマークしてください。

科目が正しくマークされていないと、採点されません。

<解答用紙記入例>

解答科目 Subject		
物 理 Physics	化 学 Chemistry	生 物 Biology
○	●	○

計算には次の数値を用いること。また、体積の単位リットル (liter) は L で表す。

標準状態 (standard state) : 0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 atm)

標準状態における理想気体 (ideal gas) のモル体積 (molar volume) : 22.4 L/mol

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

アボガドロ定数 (Avogadro constant) : $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

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

原子量 (atomic weight) : H : 1.0 C : 12 O : 16 Na : 23 Al : 27 Cl : 35.5

この試験における元素 (element) の族 (group) と周期 (period) の関係は下の周期表 (periodic table) の通りである。ただし、**H** 以外の元素記号は省略してある。

族 \ 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	
2																		
3																		
4																		
5																		

問 1 原子構造と電子配置 (electron configuration) に関する次の記述(a)～(d)のうち、正しいものが二つある。それらの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

1

- (a) Na 原子と K 原子では、陽子 (proton) の数が異なる。
(b) ^{12}C 原子と ^{13}C 原子では、中性子 (neutron) の数が異なる。
(c) Ne 原子と Mg^{2+} では、電子 (electron) の数が異なる。
(d) O 原子と S 原子では、価電子 (valence electron) の数が異なる。

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ b, c ⑤ b, d ⑥ c, d

問 2 次の化合物①～⑥のうち、非共有電子対 (unshared electron pair) を最も多くもつものを一つ選びなさい。

2

- ① 水 H_2O ② 塩化水素 HCl ③ メタン CH_4
④ アンモニア NH_3 ⑤ 窒素 N_2 ⑥ 二酸化炭素 CO_2

問3 金属 M の炭酸塩 MCO_3 37 g を加熱すると、次式のように分解 (decomposition) して 11 g の二酸化炭素 CO_2 が発生した。

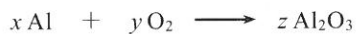


金属 M の原子量として最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

3

- ① 24 ② 36 ③ 40 ④ 55 ⑤ 88 ⑥ 140

問4 アルミニウム Al が燃焼 (combustion) して、酸化アルミニウム Al_2O_3 が生じる反応は次式のように表される。



ただし、 x , y , z は係数 (coefficient) である。

酸化アルミニウム 5.1 g を得るために必要なアルミニウムの質量 [g] として最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

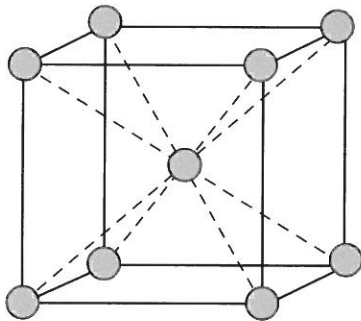
4

g

- ① 1.8 ② 2.3 ③ 2.7 ④ 3.2 ⑤ 4.8 ⑥ 5.4

問5 次の図は、カリウム K の結晶 (crystal) の単位格子 (unit cell) を示している。カリウムの原子量を M ，単位格子の一边の長さを a [cm]，アボガドロ定数を N_A [/mol] とすると、カリウムの密度 [g/cm³] を表す式として正しいものを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

5 g/cm³



① $\frac{M}{a^3 N_A}$

② $\frac{2M}{a^3 N_A}$

③ $\frac{4M}{a^3 N_A}$

④ $\frac{N_A M}{a^3}$

⑤ $\frac{2N_A M}{a^3}$

⑥ $\frac{4N_A M}{a^3}$

問6 4.2 g の水素 H_2 を燃焼 (combustion) させ、発生した熱を用いて 15 kg の水 H_2O を加熱したところ、水の温度が 10°C 上がった。水の生成熱 (heat of formation) は何 kJ/mol か。最も近い値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、水の比熱容量 (比熱) (specific heat capacity (specific heat)) を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。また、発生する熱はすべて水の温度上昇に使われたとする。

☒ 6 kJ/mol

- ① -600 ② -300 ③ -150 ④ 150 ⑤ 300 ⑥ 600

問7 次の反応が平衡状態 (equilibrium state) にあるときの記述(a)～(d)の中に、正しいものが二つある。それらの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

7



- (a) この反応では、温度を高くすると平衡定数 (equilibrium constant) は小さくなる。
- (b) 触媒 (catalyst) を加えると反応速度 (rate of reaction) が大きくなるので、平衡定数は大きくなる。
- (c) 触媒を加えると反応の経路は変わらないが、活性化エネルギー (activation energy) が小さくなる。
- (d) 化学反応式 (chemical equation) から、反応速度と反応物 (reactant) の濃度との関係式を直接導くことはできない。

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ b, c ⑤ b, d ⑥ c, d

問 8 次の記述(a), (b)中のモル濃度 (molar concentration) c_1 と c_2 , 物質量 (amount of substance: mol) n_1 と n_2 のそれぞれの大小関係として正しい組み合わせを, 下表の①～⑨の中から一つ選びなさい。

8

(a) c_1 : pH=3 の塩酸 HCl aq 中の塩化物イオン Cl^- のモル濃度

c_2 : pH=3 の酢酸水溶液 CH_3COOH aq 中の酢酸イオン CH_3COO^- のモル濃度

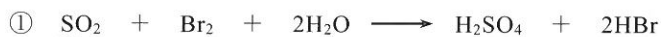
(b) n_1 : pH=3 の塩酸 10 mL を中和 (neutralization) するのに必要な水酸化ナトリウム NaOH の物質量

n_2 : pH=3 の酢酸水溶液 10 mL を中和するのに必要な水酸化ナトリウムの物質量

	c_1 と c_2	n_1 と n_2
①	$c_1 > c_2$	$n_1 > n_2$
②	$c_1 > c_2$	$n_1 = n_2$
③	$c_1 > c_2$	$n_1 < n_2$
④	$c_1 = c_2$	$n_1 > n_2$
⑤	$c_1 = c_2$	$n_1 = n_2$
⑥	$c_1 = c_2$	$n_1 < n_2$
⑦	$c_1 < c_2$	$n_1 > n_2$
⑧	$c_1 < c_2$	$n_1 = n_2$
⑨	$c_1 < c_2$	$n_1 < n_2$

問 9 次の反応式 (reaction formula) ①～⑤のうち、下線部の物質が酸化剤 (oxidizing agent) としてはたらいっているものを、一つ選びなさい。

9



問 10 じゅうぶんな量の塩化ナトリウム NaCl をるつぼ (crucible) に入れて融解 (melt) し、炭素電極 (carbon electrode) を用いて 10.0 A の電流 (electric current) を 1930 秒間流して電気分解 (electrolysis) した。陰極 (cathode) に生じる物質とその質量 (mass) の組み合わせとして正しいものを、次表の①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、反応は完全に進み、流れた電流はすべて生成物 (product) の生成に使われたとする。

10

	生じる物質	質量 [g]
①	塩素 Cl ₂	0.36
②	塩素 Cl ₂	0.71
③	塩素 Cl ₂	3.6
④	塩素 Cl ₂	7.1
⑤	ナトリウム Na	0.23
⑥	ナトリウム Na	0.46
⑦	ナトリウム Na	2.3
⑧	ナトリウム Na	4.6

問 11 2 族元素の性質に関する次の記述①～⑤のうち、正しいものを一つ選びなさい。 **11**

- ① 炎色反応 (flame test) において、Mg は黄色、Ca は橙赤色 (orange-red)、Ba は黄緑色 (yellow-green) を示す。
- ② 金属の Mg, Ca, Ba は、いずれも常温 (normal temperature) の水 H_2O と反応し、水素 H_2 を発生する。
- ③ $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ は、いずれも水によく溶け、その水溶液は強い塩基性 (basic) を示す。
- ④ MgCl_2 , CaCl_2 , BaCl_2 は、いずれも水によく溶ける。
- ⑤ MgSO_4 , CaSO_4 , BaSO_4 は、いずれも水に難溶である。

問 12 ハロゲン (halogen) F, Cl, Br, I についての記述(a)～(f)のうち、誤っているものが二つある。それらの組み合わせを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。 **12**

- (a) F_2 は H_2O と反応して O_2 を生成する。
- (b) KI 水溶液に臭素水 (bromine water) を加えると I_2 が遊離 (release) する。
- (c) HF, HCl, HBr, HI はいずれも強酸 (strong acid) である。
- (d) CaF_2 に濃硫酸 conc. H_2SO_4 を加えて加熱すると HF が生成する。
- (e) HClO は強い酸化作用 (oxidizing property) を有する。
- (f) HF は HCl より沸点 (boiling point) が低い。

- ① a, d ② a, e ③ b, d ④ b, f ⑤ c, e ⑥ c, f

問 13 次の操作(a)～(d)で発生する気体のうち、還元作用 (reducing property) を示すものが二つある。それらの組み合わせとして正しいものを、下の①～⑥の中から一つ選びなさい。

13

- (a) アルミニウム Al に水酸化ナトリウム水溶液 NaOH aq を加える。
- (b) 塩化ナトリウム NaCl に濃硫酸 conc. H_2SO_4 を加え、加熱する。
- (c) 酸化マンガン(IV) MnO_2 に濃塩酸 conc. HCl を加え、加熱する。
- (d) 硫化鉄(II) FeS に希硫酸 dil. H_2SO_4 を加える。

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ b, c ⑤ b, d ⑥ c, d

問 14 銅 Cu の化合物に関する次の記述①～⑤のうち、正しいものを一つ選びなさい。

14

- ① 銅を空气中で加熱すると、黒色の酸化銅(II) CuO が生じる。
- ② 硫酸銅(II) CuSO_4 を熱水から再結晶 (recrystallization) すると、無色 (colorless) の結晶 (crystal) が得られ、これを加熱すると、青色に変化する。
- ③ 青色の硫酸銅(II)水溶液に少量の硫酸 H_2SO_4 aq を加えると、青白色 (blue-white) の沈殿 (precipitate) が生じる。
- ④ 塩化銅(II)水溶液 CuCl_2 aq に水酸化ナトリウム水溶液 NaOH aq を室温 (room temperature) で加えると、酸化銅(I) Cu_2O の赤褐色 (red-brown) の沈殿が生じる。
- ⑤ 銅(II)イオン Cu^{2+} を含む水溶液に硫化水素 H_2S を通じると、硫化銅(II) CuS の黄色の沈殿が生じる。

問 15 次の記述①～⑤のうち、銀イオン Ag^+ を含む水溶液では起こるが、鉛(II)イオン Pb^{2+} を含む水溶液では起こらない変化を、一つ選びなさい。

15

- ① 亜鉛 Zn を加えると、金属が析出 (deposition) する。
- ② 塩酸 HCl aq を加えると、沈殿 (precipitate) を生じる。
- ③ クロム酸カリウム水溶液 $\text{K}_2\text{CrO}_4 \text{ aq}$ を加えると、沈殿を生じる。
- ④ アンモニア水 $\text{NH}_3 \text{ aq}$ を加えると沈殿を生じるが、過剰に (in excess) 加えるとその沈殿が溶ける。
- ⑤ 水酸化ナトリウム水溶液 NaOH aq を加えると沈殿を生じるが、過剰に加えるとその沈殿が溶ける。

問 16 分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ のエステル (ester) を加水分解 (hydrolysis) したところ、カルボン酸 (carboxylic acid) とアルコール (alcohol) が得られた。カルボン酸は銀鏡反応 (silver mirror test) を示した。また、アルコールはヨードホルム反応 (iodoform reaction) を示した。このアルコールの構造式 (structural formula) として正しいものを、次の①～⑤の中から一つ選びなさい。

16

- | | | |
|--|---|---|
| ①
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ | ②
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | ③
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$ |
| ④
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ | ⑤
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ | |

問17 次の操作(a)～(c)で生成する有機化合物 (organic compound) の組み合わせとして正しいものを、下表の①～⑥の中から一つ選びなさい。

17

(a) 酢酸ナトリウム CH_3COONa を水酸化ナトリウム NaOH とともに加熱する。

(b) 酢酸カルシウム $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ を乾留 (dry distillation) する。

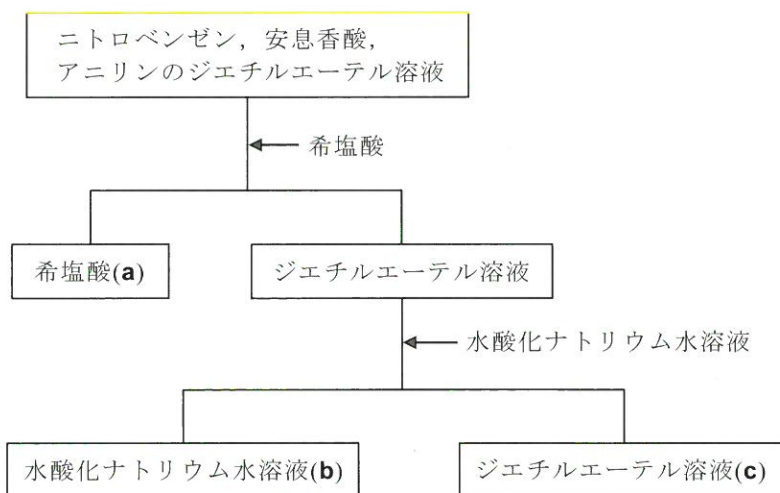
(c) 炭化カルシウム CaC_2 に水 H_2O を加える。

	a	b	c
①	メタン	アセチレン (エチン)	アセトン
②	メタン	アセトン	アセチレン (エチン)
③	アセチレン (エチン)	メタン	アセトン
④	アセチレン (エチン)	アセトン	メタン
⑤	アセトン	メタン	アセチレン (エチン)
⑥	アセトン	アセチレン (エチン)	メタン

注) アセチレン (エチン) (acetylene (ethyne)), アセトン (acetone), メタン (methane)

- 問 18 ニトロベンゼン (nitrobenzene), 安息香酸 (benzoic acid) およびアニリン (aniline) を含むジエチルエーテル溶液 (diethyl ether solution) を分液ろうと (separatory funnel) に入れ, 希塩酸 dil. HCl と水酸化ナトリウム水溶液 NaOH aq を用いて, 次の図のように分離操作を行った。希塩酸(a), 水酸化ナトリウム水溶液(b) およびジエチルエーテル溶液(c)に含まれる物質はどれか。正しい組み合わせを, 下表の①～⑥の中から一つ選びなさい。

18



	a	b	c
①	ニトロベンゼン	安息香酸ナトリウム	アニリン
②	ニトロベンゼン	アニリン	安息香酸
③	安息香酸	ニトロベンゼン	アニリン
④	安息香酸	アニリン	ニトロベンゼン
⑤	アニリン塩酸塩	ニトロベンゼン	安息香酸
⑥	アニリン塩酸塩	安息香酸ナトリウム	ニトロベンゼン

注) 安息香酸ナトリウム (sodium benzoate), アニリン塩酸塩 (aniline hydrochloride)

問 19 高分子化合物 (polymer compound) について、重合反応 (polymerization) の種類と構成元素の組み合わせが正しいものを、次表の①～⑤の中から一つ選びなさい。

19

	高分子化合物	重合反応の種類	構成元素
①	ナイロン 66 (nylon 6,6)	縮合重合 (condensation polymerization)	C, H, O
②	ポリエチレンテレフタレート (poly(ethylene terephthalate))	付加重合 (addition polymerization)	C, H, O
③	ブタジエンゴム (butadiene rubber)	付加縮合 (addition condensation)	C, H
④	ポリアクリロニトリル (polyacrylonitrile)	付加重合	C, H, N
⑤	フェノール樹脂 (phenol resin)	付加縮合	C, H, N

問 20 タンパク質 (protein) に関する次の記述①～⑤のうち、下線部が誤っているものを一つ選びなさい。

20

- ① タンパク質は α -アミノ酸 (α -amino acid) が縮合 (condensation) してできており、ポリペプチド (polypeptide) ともよばれる。
- ② タンパク質は分子内の C=O 基と N-H 基の間の水素結合 (hydrogen bond) により、 α ヘリックス (α -helix) や β シート (β -sheet) などの二次構造 (secondary structure) をもつ。
- ③ タンパク質を加熱すると、変性 (denaturation) する。
- ④ タンパク質の水溶液に濃硫酸 conc. H_2SO_4 を加えて加熱すると、溶液は黄色に変化する。
- ⑤ 毛髪 (hair) をつくるタンパク質はシステイン (cysteine) を含み、ジスルフィド結合 (-S-S-) を形成することで構造が安定する。

化学の問題はこれで終わりです。解答欄の **21** ～ **75** はマークしないでください。
解答用紙の科目欄に「化学」が正しくマークしてあるか、もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。

