

理 科

理科は

 のうち 2 科目を選択受験のこと。

…… 1 頁

 ……18 頁

 ……29 頁

問題

 はマークシート方式,

 は記述式である。

の解答はマークシートに,

 の解答は解答用紙に記入すること。

〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
○	○	●	○	○
●	○	○	●	○
○	○	○	○	○
○	●	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○
○	○	○	○	○

4. マークシートにマークするときは, HBまたはBの黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧に消し, 消し^{ていない}ずを完全に取り除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。

(例えばcと答えたいとき)

正しいマーク例

○	○	●	○	○	○	○
---	---	---	---	---	---	---

誤ったマーク例

○	○	○	○	○	○	○	○をする
○	○	○	○	○	○	○	Vをする
○	○	○	○	○	○	○	完全にマークしない
○	○	○	○	○	○	○	枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

化 学

必要なら次の値を用いなさい。原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Al = 27, S = 32, Cl = 35, Fe = 56, Cu = 64, Zn = 65, アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$, 気体定数 $R : 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 。すべての気体は理想気体として扱うものとする。

I 以下の問題(第1問～第3問)の答えをマークシートに記しなさい。

第1問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問 1 次の金属のうち、同じ質量で充分量の塩酸を加え水素を発生させたとき、もっとも多量の水素を発生する金属はどれか。正しいものを①～⑤の中から一つ選びなさい。

- ① ナトリウム ② アルミニウム ③ 亜鉛
④ マグネシウム ⑤ 鉄

問 2 次に示した物質の組み合わせは、それぞれ反応して気体を発生する。これらの反応のうち酸化還元反応であるものを選び、その数として正しいものを①～⑥の中から一つ選びなさい。

- (i) 硫化鉄(II)と希塩酸
(ii) 鉄と希硫酸
(iii) 炭化カルシウムと水
(iv) 銅と濃硝酸
(v) 塩化ナトリウムと濃硫酸

- ① 0 ② 1 ③ 2
④ 3 ⑤ 4 ⑥ 5

問 3 20℃, 100 g の水において硫酸ナトリウムは 20.0 g 溶けるとする。20℃の飽和硫酸ナトリウム水溶液 200 g から結晶硫酸ナトリウムを 8.05 g 析出させるには何 g の水を蒸発させればよいか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし温度は 20℃ で一定であり、結晶硫酸ナトリウムは 10 水和物であるとする。 g

- ① 4.85 ② 6.63 ③ 9.70
④ 13.3 ⑤ 19.4 ⑥ 39.8

問 4 ドライアイスの結晶構造は CO₂ 分子が炭素原子を中心として面心立方格子となっている。次の問い(a)～(c)に答えなさい。

(a) 単位格子中に酸素原子は何個含まれているか。正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 10
⑤ 12 ⑥ 14 ⑦ 16 ⑧ 18

(b) ドライアイスの密度を d [g/cm³] とし、アボガドロ定数を N_A [mol⁻¹] とすると、ドライアイスの単位格子の長さ a [cm] はどのような式で求められるか。正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。 cm

- ① $a = \sqrt[3]{\frac{176}{dN_A}}$ ② $a = \sqrt[3]{\frac{12}{dN_A}}$ ③ $a = \sqrt[3]{\frac{352}{dN_A}}$
④ $a = \sqrt[3]{\frac{44}{dN_A}}$ ⑤ $a = \sqrt[3]{\frac{dN_A}{176}}$ ⑥ $a = \sqrt[3]{\frac{dN_A}{12}}$
⑦ $a = \sqrt[3]{\frac{dN_A}{352}}$ ⑧ $a = \sqrt[3]{\frac{dN_A}{44}}$

(c) 次の物質のうちドライアイスと同じように昇華性のあるものはどれか。正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 鉄 ② 水 銀
③ 炭酸ナトリウム十水和物 ④ 水酸化ナトリウム
⑤ シリカゲル ⑥ ヘキサン
⑦ ポリスチレン ⑧ ナフタレン

問 5 ジクロロメタン(二塩化メチレン)は有機溶媒として用いられる。塩素には 2 種類の安定同位体 ^{35}Cl と ^{37}Cl があり、その存在比を 3 : 1 とする。この時、ジクロロメタンの取り得る存在比として正しいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、C と H の同位体は考えなくて良い。 7

- ① 3 : 2 : 1 ② 6 : 3 : 1 ③ 9 : 3 : 1
 ④ 9 : 6 : 1 ⑤ 4 : 2 : 1 ⑥ 8 : 4 : 1

問 6 4 種類の無機塩の水溶液(A)~(D)がある。各水溶液について次の実験を別々に行ったところ、以下のような変化が見られた。それぞれの水溶液(A)~(D)に最もふさわしい無機塩を①~⑦の中から一つずつ選びなさい。

【実験 1】 硝酸を加えた後、硝酸銀水溶液を加えたところ、(D)は白色の沈殿を生じた。

【実験 2】 水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、(A)および(B)は白色の沈殿を生じた。これに、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると(B)の沈殿は溶けたが、(A)の沈殿は溶けなかった。

【実験 3】 塩化バリウム水溶液を加えたところ、(A)、(B)および(C)は白色の沈殿を生じた。

【実験 4】 (D)に水酸化ナトリウム水溶液を加えると気体が発生し、その気体を水に溶かすと塩基性を示した。また、(C)に塩酸を加えると気体が発生した。

(A)	(B)	(C)	(D)
8	9	10	11

- ① 塩化ナトリウム ② 炭酸ナトリウム
 ③ 硫酸マグネシウム ④ 塩化マグネシウム
 ⑤ 硝酸アンモニウム ⑥ 塩化アンモニウム
 ⑦ ミョウバン

第2問 熱化学反応に関する各問いに答えなさい。

[解答番号 ~]

問1 H_2O (液)の生成熱は 286 kJ/mol であり、 C (黒鉛)からの CH_4 (気)と CO_2 (気)の生成熱はそれぞれ 75.0 kJ/mol および 394 kJ/mol である。 CH_4 (気)の燃焼熱 [kJ/mol] はいくつか。最も近い値を①~⑧の中から一つ選びなさい。ただし、生じた H_2O はすべて液体とする。 kJ/mol

- ① 319 ② 469 ③ 605 ④ 680
⑤ 819 ⑥ 871 ⑦ 891 ⑧ 1041

問2 体積 1.0 L の容器に C (黒鉛)を入れ、これを酸素と窒素の混合気体で満たすと 27°C で 175500 Pa を示した。全ての黒鉛を燃焼させた後、温度 27°C で圧力を測定したところ 300000 Pa であった。また、燃焼時に発生した熱量は 70.1 kJ であった。初めに容器に入れた黒鉛の質量は何 g か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、 CO (気)の黒鉛からの生成熱は 110 kJ/mol とし、窒素は反応しないものとする。また、黒鉛の体積は無視して良い。 g

- ① 2.4 ② 2.6 ③ 3.0
④ 3.7 ⑤ 4.6 ⑥ 5.2

問3 共有結合を切断して原子にするのに必要なエネルギーをその共有結合の結合エネルギーという。 H_2 (気)の結合エネルギーを $A \text{ [kJ/mol]}$ 、 O_2 (気)の結合エネルギーを $B \text{ [kJ/mol]}$ とすると、 H_2O (気)中の1つの $\text{H}-\text{O}$ 結合の結合エネルギー [kJ/mol] を示す式として最もふさわしいものを①~⑥の中から一つ選びなさい。ただし、 H_2O (気)の生成熱を $Q \text{ [kJ/mol]}$ とする。

kJ/mol

- ① $\frac{1}{2}(A + \frac{B}{2} + Q)$ ② $A + \frac{B}{2} + Q$
③ $\frac{1}{2}(A + \frac{B}{2} - Q)$ ④ $A + \frac{B}{2} - Q$
⑤ $\frac{1}{2}(A - \frac{B}{2} + Q)$ ⑥ $A - \frac{B}{2} + Q$

問 4 次の表にそれぞれの気体分子の結合エネルギー [kJ/mol] を示した。この表と問 1 で示された値を用いて黒鉛 60 g を原子に分解するのに必要なエネルギー [kJ] を求めた。最も近い値を①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、水の蒸発熱は 44 kJ/mol とする。 kJ

分子(気体)	結合エネルギー [kJ/mol]
H ₂ O	926
H ₂	436
CO ₂	1608

- ① 359 ② 718 ③ 3590 ④ 4080
 ⑤ 4690 ⑥ 5130 ⑦ 7180 ⑧ 8550

問 5 濃度未知の塩酸 200 mL と濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液 200 mL を混ぜたところ混合水溶液の pH は 1.0 となり、その時に上昇した温度は 6.72 K であった。この時用いた塩酸の濃度 [mol/L] として最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。ただし、実験は 25 °C で行い、中和熱は 25 °C で 56.5 kJ/mol であり、この混合水溶液の比熱は 4.20 J/(g·K) で密度は 1.00 g/cm³ とする。 mol/L

- ① 0.300 ② 0.540 ③ 0.600
 ④ 0.700 ⑤ 1.00 ⑥ 1.20

第3問 次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

問1 炭素、水素、酸素からなる3つの有機化合物X、Y、Zの元素分析値(質量%)はいずれも炭素66.7%、水素11.1%であり、分子量は100以下であった。次の問い(a)~(f)に答えなさい。

(a) Xの分子式に相当するものを①~⑧の中から一つ選びなさい。

- ① C_3H_6O ② C_3H_8O ③ C_4H_8O ④ $C_4H_8O_2$
⑤ $C_4H_{10}O$ ⑥ $C_5H_{10}O$ ⑦ $C_5H_{12}O$ ⑧ $C_5H_{12}O_2$

(b) Xはカルボニル基を持つ化合物である。Xには何種類の異性体があるか。正しいものを①~⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

(c) Yは鎖状のアルコールである。Yの異性体のうち幾何異性体は何組あるか。正しいものを①~⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3
⑤ 4 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7

(d) Yの異性体のうち不斉炭素原子を持つものはいくつあるか。正しいものを①~⑧の中から一つ選びなさい。

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3
⑤ 4 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7

(e) もし Y が環状構造を持つアルコールだとすると、第 3 級アルコールは何種類あるか。正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、光学異性体は区別しないものとする。

- ① 0 ② 1 ③ 2 ④ 3
 ⑤ 4 ⑥ 5 ⑦ 6 ⑧ 7

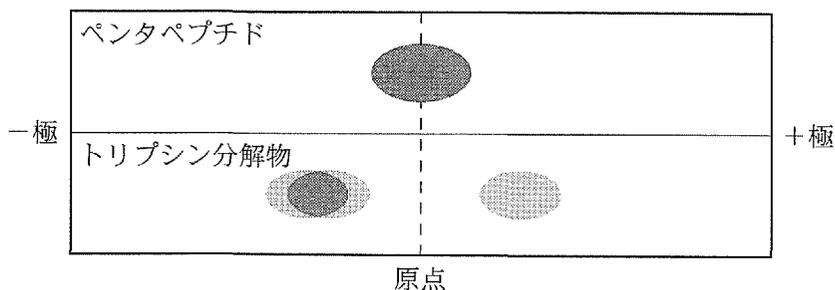
(f) Z は鎖状のエーテルである。何種類の異性体があるか。正しいものを①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、幾何異性体も区別するものとする。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

問 2 アミノ酸が 5 つ結合したペントペプチドのアミノ酸の結合順序を決める実験を行った。

【実験 1】 このペントペプチドを塩酸で完全に加水分解したところ、アラニン(Ala)、リシン(Lys)、グルタミン酸(Glu)の 3 種類のアミノ酸が検出された。

【実験 2】 このペントペプチドに、リシンのカルボキシ基側のペプチド結合を加水分解する酵素であるトリプシンを作用させて完全に加水分解した。反応溶液と元のペプチドとを pH 6 の緩衝液を用いて電気泳動を行い、ニンヒドリンで呈色させた。元のペプチドは試料を置いた位置(原点)からほとんど移動せず、トリプシンで加水分解した反応溶液では試料を置いた位置から + 極側に 1 ヶ所の呈色が観察され、- 極側ではほとんど重なった 2 ヶ所に呈色が認められた。



アラニンの分子量は 89 で等電点は 6.0 である。また、リシンの分子量は 146 で、分子中にアミノ基を 2 つもち、グルタミン酸の分子量は 147 で、分子中にカルボキシ基を 2 つもつアミノ酸である。次の問い(a), (b)に答えなさい。

(a) このペントペプチドのアミノ酸の配列は①~⑧のうちどれに相当するか。ただし、アミノ酸の配列は左側がアミノ基、右側がカルボキシ基になるように配列してある。

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ① Ala-Glu-Lys-Glu-Lys | ② Lys-Ala-Lys-Lys-Glu |
| ③ Ala-Lys-Glu-Ala-Glu | ④ Glu-Ala-Lys-Glu-Ala |
| ⑤ Lys-Ala-Lys-Glu-Ala | ⑥ Ala-Glu-Ala-Lys-Glu |
| ⑦ Glu-Ala-Lys-Glu-Lys | ⑧ Ala-Lys-Lys-Glu-Glu |

(b) このペントペプチド 1.00 g を水に溶かして 100 mL の水溶液とし、そのうちの 5.00 mL に濃硫酸と触媒を加えて加熱、分解して、ペプチド中の窒素をすべてアンモニアにした。分解後の溶液からアンモニアをすべて取り出して 20.0 mL の 5.00×10^{-2} mol/L の硫酸水溶液にすべて吸収させた。この硫酸水溶液を 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定を行った。中和点までに何 mL 必要か。最も近い値を①~⑧の中から一つ選びなさい。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 3.50 | ② 7.10 | ③ 12.3 | ④ 14.2 |
| ⑤ 21.3 | ⑥ 24.6 | ⑦ 25.8 | ⑧ 28.4 |

II 以下の問題(第1問と第2問)の答えを解答用紙に記しなさい。

第1問 私たちが物を食べると、胃では胃粘膜から胃液が分泌され、食べ物の一部を消化する。この胃液には塩酸およびタンパク質分解酵素が含まれる。胃液に含まれる塩酸を特に胃酸ともいい、胃酸はタンパク質の消化を助けるだけでなく、殺菌などの重要な役割を担う。胃酸が過剰になると、胃痛、胸やけなどの症状を示し、また胃潰瘍の一因ともなる。このような過剰な胃酸は制酸薬によって中和し、速やかに抑えることが可能である。制酸薬の成分として炭酸水素ナトリウムなどがある。次の各問いに答えなさい。

問1 pH 1.0の胃液が100 mLあり、この胃液を塩酸水溶液とみなして、制酸薬によって中和を試みる。以下の問い(a)~(c)に答えなさい。

- (a) この胃液を中和するには、炭酸水素ナトリウムからなる制酸薬は何 g 必要となるか。有効数字2桁で求めなさい。
- (b) もし仮に制酸薬に炭酸ナトリウムが不純物として6.3%(質量パーセント)含まれていたら、中和するためには不純物を含む制酸薬が何 g 必要となるか。有効数字2桁で求めなさい。
- (c) 中和反応で生成された物質は最終的に二酸化炭素と水に分解される。(b)の中和反応で発生する二酸化炭素の物質量を有効数字2桁で求めなさい。

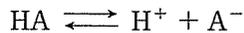
問 2 問 1 (a)の中和反応で発生する二酸化炭素をすべて回収し、以下の実験を行った。問い(a)~(c)に答えなさい。ただし、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、水 1.0 L に溶解する二酸化炭素の物質量は、温度 0°C では 20°C の 2 倍であるとし、水の体積変化や蒸気圧は無視できるとする。またヘンリーの法則が成り立つものとする。絶対零度は -270°C として計算しなさい。

【実験 1】 回収した二酸化炭素を一定体積の空容器に入れ、さらに気体を逃がさないようにして水 1.0 L を入れ、温度を 20°C に保ち、平衡に達するまで放置した。このときの容器内の圧力は $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。

【実験 2】 その後、密閉状態を保って全体の温度を 0°C に冷却し、気体が逃げないように外からアルゴンガスを注入して放置した。平衡に達したときの容器内の圧力は $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。このとき、気相に含まれる二酸化炭素の物質量は、【実験 1】で平衡に達したときの気相に含まれる二酸化炭素の物質量の 0.60 倍であった。

- (a) 【実験 2】における二酸化炭素の分圧を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (b) 圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度 0°C において、水 1.0 L に溶解する二酸化炭素の物質量を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (c) 実験中の平衡に達しているときの気体の体積を有効数字 2 桁で求めなさい。

第2問 弱酸の薬(弱酸性薬)の電離していない形が HA であれば, その平衡は,



となる。このときの HA, H^+ , A^- のモル濃度をそれぞれ $[\text{HA}]$, $[\text{H}^+]$, $[\text{A}^-]$ とすると, 酸の電離定数 K_a はこれらを用いて,

$$K_a = \boxed{} \text{ と表すことができる。}$$

弱酸の場合, この K_a の値が小さくなり, 数値として扱いづらい。従って pH と同様に, $\text{p}K_a = -\log_{10} K_a$ のように表す。この弱酸性薬 HA の $\text{p}K_a$ を 3.5 とし
て次の各問いに答えなさい。

問 1 $\boxed{}$ に当てはまる文字式を書きなさい。

問 2 $\text{p}K_a$ を pH を用いて表しなさい。

問 3 弱酸性薬が胃液中 (pH 1.5 とする) に溶解込み平衡に達したとき, 分子型 HA とイオン型 A^- の濃度比 ($[\text{HA}] : [\text{A}^-]$) はどのようなになるか。また小腸内 (pH 8.5 とする) ではどのような濃度比 ($[\text{HA}] : [\text{A}^-]$) になるか。

