

化 学

(60分 100点)

必要ならば，原子量，数値は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12 O 16 S 32

ファラデー定数 $=9.65 \times 10^4$ C/mol

標準状態で気体 1 mol が占める体積 $=22.4$ L

I 次の〔問1〕～〔問3〕に答えなさい。(41点)

〔問1〕 次の (1)～(6) の問いの答として最も適当なものを，それぞれの解答群の中から 1 つ選び，マークしなさい。

(1) 次の物質の組合せのうち，同素体の関係にないものはどれか。 1

- ① 塩酸と塩化水素 ② オゾンと酸素 ③ ダイヤモンドとフラーレン
④ 黄リンと赤リン ⑤ 斜方硫黄とゴム状硫黄

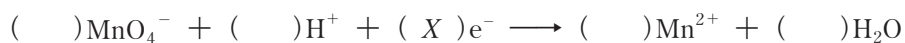
(2) 次のイオン結晶のうち，結晶を構成する陽イオンと陰イオンの電子配置が同じものはどれか。 2

- ① 酸化カルシウム ② 塩化カリウム ③ 硫化ナトリウム
④ フッ化リチウム ⑤ 塩化アルミニウム

(3) 「標準状態の窒素 1.0 L と酸素 1.0 L に含まれる分子の数は等しい。」という内容に最も関係が深い法則はどれか。 3

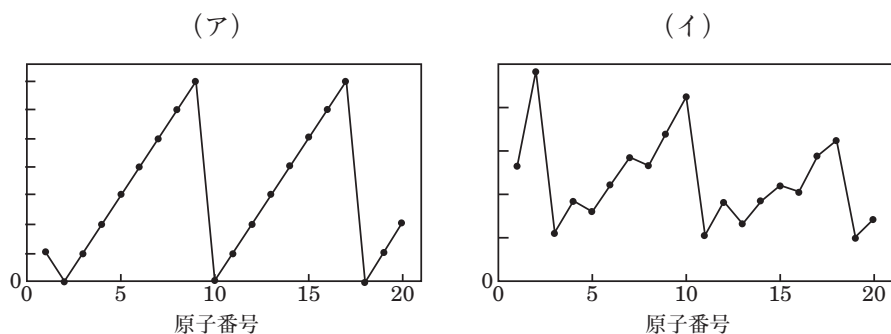
- ① 定比例の法則 ② 倍数比例の法則 ③ 気体反応の法則
④ ファラデーの法則 ⑤ アボガドロの法則

(4) 次のイオン反応式中の()は係数を表している。Xはどれか。 4



- ① 1 (係数なし) ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

(5) 次のグラフ(ア)，(イ)は，横軸に原子番号，縦軸に元素の性質を表したものである。(ア)，(イ)のグラフが表す元素の性質の組合せはどれか。 5

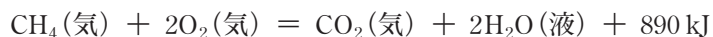


	(ア)	(イ)
①	イオン化エネルギー	原子半径
②	イオン化エネルギー	価電子の数
③	価電子の数	原子半径
④	価電子の数	イオン化エネルギー
⑤	原子半径	価電子の数
⑥	原子半径	イオン化エネルギー

(6) 2.0×10^{-2} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 500 mL に，標準状態の塩化水素 112 mL を吹き込み，完全に反応させた。反応後の水溶液の pH はいくらか。ただし，反応後も水溶液の体積は変わらず，また， $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。 6

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 10 ⑥ 11 ⑦ 12 ⑧ 13

〔問2〕 化学変化にともない出入りする熱を反応熱という。反応熱は通常 ア , 1.0×10^5 Pa において、注目すべき物質 イ あたりの値で表される。例えば、メタンの燃焼を熱化学方程式で表すと、次のようになる。



反応熱は化学変化によっていくつかの種類があり、物質 イ が完全燃焼するときに発生する熱は燃焼熱、物質 イ がその成分の ウ からつくられるときに出入りする熱は生成熱、酸と塩基の水溶液が中和して エ が イ できるときに発生する熱は中和熱という。また、物質の状態変化が起こるときも熱の出入りがあり、融解は オ , 凝縮は カ , 蒸発は キ をともなう。状態が特定しにくい H_2O などは、熱化学方程式中で $\text{H}_2\text{O}(\text{固})$ や $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ のように状態を付記することがある。

これについて、次の (1)～(6) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

- (1) 文中の ア ・ イ に当てはまる語句の組合せはどれか。

7

	ア	イ
①	0 °C	1 g
②	0 °C	100 g
③	0 °C	1 mol
④	25 °C	1 g
⑤	25 °C	100 g
⑥	25 °C	1 mol

(2) 文中の ウ ・ エ に当てはまる語句の組合せはどれか。

8

	ウ	エ
①	原子	塩
②	原子	水
③	単体	塩
④	単体	水
⑤	イオン	塩
⑥	イオン	水

(3) 文中の オ ～ キ に当てはまる語句の組合せはどれか。

9

	オ	カ	キ
①	発熱	発熱	発熱
②	発熱	発熱	吸熱
③	発熱	吸熱	発熱
④	発熱	吸熱	吸熱
⑤	吸熱	吸熱	吸熱
⑥	吸熱	吸熱	発熱
⑦	吸熱	発熱	吸熱
⑧	吸熱	発熱	発熱

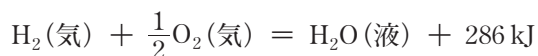
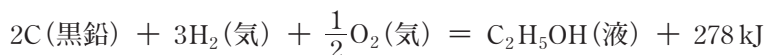
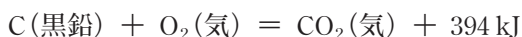
(4) 32 mg のメタンを完全燃焼させて発生した熱量すべてを 0 °C の水 100 g に吸収させると、水温は何°C 上昇するか。ただし、水 1.0 g の温度を 1 °C 上昇させるのに必要な熱量は、4.2 J とする。 10 °C

- ① 2.1 ② 4.2 ③ 6.3 ④ 8.4
 ⑤ 21 ⑥ 42 ⑦ 63 ⑧ 84

- (5) エタノール 1 mol が完全燃焼して二酸化炭素と水蒸気が生成するときの熱量を Q [kJ] とすると、熱化学方程式は次式で表される。



次の熱化学方程式を用いて、反応熱 Q の値を求めよ。 11 kJ



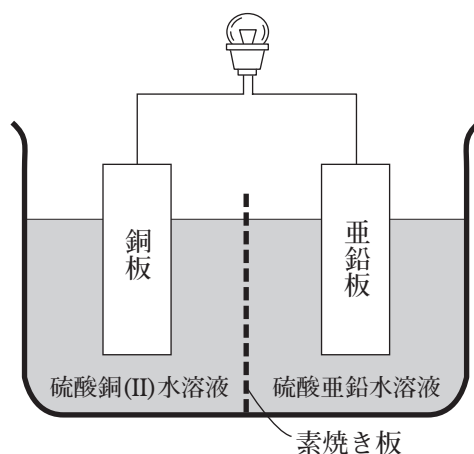
- ① 1236 ② 1324 ③ 1368
④ 1500 ⑤ 1792 ⑥ 1924

- (6) 熱とエネルギーに関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

12

- ① 生成物がもつエネルギーの総和より反応物がもつエネルギーの総和が小さいと、その差に相当する熱が放出される。
- ② 同じ物質の氷、水、水蒸気では、水蒸気のもつエネルギーが最も小さい。
- ③ 化学反応によって出入りする熱の総和は、反応の経路により異なる。
- ④ 炭素の燃焼熱と二酸化炭素の生成熱の値は等しい。
- ⑤ 液体の水の生成熱は 44 kJ/mol である。

〔問 3〕 次図のように，素焼き板で隔てた容器に 0.10 mol/L の硫酸銅(Ⅱ)水溶液と硫酸亜鉛水溶液をそれぞれ 100 mL ずつ入れ，銅板と亜鉛板を浸けて電池を組み立てた。銅と亜鉛のイオン化傾向は ア なので，電池の正極は イ になる。電池を電球に接続すると電子は ウ へ向かって流れ，亜鉛板では エ 反応が起こる。



これについて，次の (1)～(6) の問いに答えなさい。答は，それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び，マークしなさい。

- (1) 文中の ア ・ イ に当てはまる語句の組合せはどれか。 13

	ア	イ
①	銅＞亜鉛	銅板
②	銅＞亜鉛	亜鉛板
③	亜鉛＞銅	銅板
④	亜鉛＞銅	亜鉛板

- (2) 文中の ウ ・ エ に当てはまる語句の組合せはどれか。 14

	ウ	エ
①	銅板から亜鉛板	酸化
②	銅板から亜鉛板	還元
③	亜鉛板から銅板	酸化
④	亜鉛板から銅板	還元

- (3) 電池に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。 15

- ① 繰り返し充電ができる電池を，二次電池という。
- ② 電池の両極間の電位差を，起電力という。
- ③ 図のようなしくみの電池を，ダニエル電池という。
- ④ 電池は，自発的に起こる酸化還元反応からエネルギーを取り出す装置である。
- ⑤ 電解質水溶液を使わない乾燥した電池を，乾電池という。

- (4) 図の電池から 0.20 A の電流を流し，電球を 1930 秒間点灯させた。点灯後の，左側の硫酸銅(Ⅱ)水溶液中の銅(Ⅱ)イオンの濃度は，何 mol/L になっているか。ただし，反応の前後で，溶液の体積は変化しないものとする。 16 mol/L

- ① 0.020 ② 0.040 ③ 0.050 ④ 0.060
- ⑤ 0.080 ⑥ 0.100 ⑦ 0.120 ⑧ 0.140

- (5) 図の電池から電流を取り出すとき，素焼き板を通して移動するイオンはどれか。 17

- ① Cu^{2+} のみ ② Zn^{2+} のみ ③ SO_4^{2-} のみ
- ④ Cu^{2+} と Zn^{2+} ⑤ Cu^{2+} と SO_4^{2-} ⑥ Zn^{2+} と SO_4^{2-}

(6) 図の電池で銅板と亜鉛板を入れ替え、硫酸銅(Ⅱ)水溶液に亜鉛板を、硫酸亜鉛水溶液に銅板を浸けて組み立てた。観察される様子として適当なものはどれか。

18

- ① 亜鉛板に銅が析出し、電球が点灯する。
- ② 亜鉛板に銅が析出し、電球は点灯しない。
- ③ 亜鉛板から水素が発生し、電球が点灯する。
- ④ 亜鉛板から水素が発生し、電球は点灯しない。
- ⑤ 銅板に亜鉛が析出し、電球が点灯する。
- ⑥ 銅板に亜鉛が析出し、電球は点灯しない。

Ⅱ 次の〔問 1〕～〔問 3〕に答えなさい。(38点)

〔問 1〕 19 に希硫酸を加えると刺激臭のある気体 X が発生し、20 に希硫酸を加えると腐卵臭のある気体 Y が発生した。気体 X と気体 Y を反応させた後、生成物を乾燥すると硫黄が得られた。気体 X と Y は水に溶け、気体 X の水溶液は ア，気体 Y の水溶液は イ を示した。

これについて、次の (1)～(5) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

- (1) 文中の 19 ・ 20 に当てはまる化合物はどれか。
- ① 炭酸ナトリウム ② 炭酸水素ナトリウム ③ 炭酸カルシウム
④ 硫酸ナトリウム ⑤ 亜硫酸水素ナトリウム ⑥ 硫化鉄(Ⅱ)

- (2) 文中の ア ・ イ に当てはまる語句の組合せはどれか。

21

	ア	イ
①	酸性	酸性
②	酸性	中性
③	酸性	塩基性
④	中性	酸性
⑤	中性	中性
⑥	中性	塩基性
⑦	塩基性	酸性
⑧	塩基性	中性
⑨	塩基性	塩基性

(3) 気体 X, Y に関する次の記述のうち, 最も適当なものはどれか。 22

- ① 気体 X, 気体 Y とも酸化力をもつ。
- ② 気体 X, 気体 Y とも有色である。
- ③ 気体 X を, 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に通じると, 黒色沈殿が生じる。
- ④ 気体 X は, 硫黄を空気中で燃焼させても得られる。
- ⑤ 気体 Y は, 銅に希硝酸を加えても得られる。

(4) 下線部の反応が起こり 4.80 g の硫黄が得られたとき, 反応した気体 Y の体積は標準状態で何 L か。 23 L

- ① 1.12 ② 2.24 ③ 3.36 ④ 4.48 ⑤ 5.60

(5) 次の水溶液のうち, 気体 Y を吹き込むと白い沈殿がみられるものはどれか。

24

- ① 硫酸鉄(Ⅱ)を溶かした酸性水溶液
- ② 硫酸銅(Ⅱ)を溶かした酸性水溶液
- ③ 硫酸マンガン(Ⅱ)を溶かした酸性水溶液
- ④ 塩化亜鉛を溶かした塩基性水溶液
- ⑤ 塩化マグネシウムを溶かした塩基性水溶液

〔問 2〕 分子式が同じで構造が異なる化合物を、互いに異性体という。異性体には

25

の関係のように原子のつながり方が異なることから生じる構造異性体と、原子の立体配置が異なることから生じる立体異性体がある。立体異性体には 26 の関係のように炭素間の二重結合に基づく幾何異性体や、不斉炭素原子に基づく光学異性体がある。

これについて、次の (1)~(4) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

(1) 文中の 25 ・ 26 に当てはまる語は、それぞれどれか。

- | | |
|--------------|------------------|
| ① マレイン酸とフタル酸 | ② マレイン酸とフマル酸 |
| ③ フタル酸とフマル酸 | ④ ジメチルエーテルとエタノール |
| ⑤ プロパンとプロペン | ⑥ ヘキサンとシクロヘキサン |

(2) アルケンが幾何異性体をもつようになるのは、炭素数がいくつ以上か。

27

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

(3) 光学異性体をもつ化合物はどれか。 28

- | | | |
|------|---------|-------------|
| ① 乳酸 | ② 酢酸 | ③ シュウ酸 |
| ④ ギ酸 | ⑤ サリチル酸 | ⑥ アセチルサリチル酸 |

(4) ベンゼンの二置換体にはオルト(*o*-), メタ(*m*-), パラ(*p*-)の 3 種類の異性体がある。*p*-キシレンがもつ水素原子一つを塩素原子で置換した化合物には、何種類の構造が考えられるか。 29 種類

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

〔問 3〕 アニリンは ア を イ すると得られる，水に溶けにくい油状の化合物で，ウ 水溶液を加えると エ に呈色する。アニリンを塩酸に溶かし，冷やしながら亜硝酸ナトリウムを反応させると オ が起こり，芳香族化合物 X ができる。さらに，芳香族化合物 X にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると カ が起こり，橙色の芳香族化合物 Y ができる。

これについて，次の (1)～(5) の問いに答えなさい。答は，それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び，マークしなさい。

- (1) 文中の ア ・ イ に当てはまる化合物名と語句の組合せはどれか。30

	ア	イ
①	安息香酸	酸化
②	安息香酸	還元
③	サリチル酸	酸化
④	サリチル酸	還元
⑤	ニトロベンゼン	酸化
⑥	ニトロベンゼン	還元

- (2) 文中の ウ ・ エ に当てはまる物質名と色の組合せはどれか。

31

	ウ	エ
①	さらし粉	赤紫色
②	さらし粉	黄色
③	さらし粉	白色
④	塩化鉄(Ⅲ)	白色
⑤	塩化鉄(Ⅲ)	黄色
⑥	塩化鉄(Ⅲ)	赤色

(3) 文中の オ ・ カ に当てはまる語句の組合せはどれか。

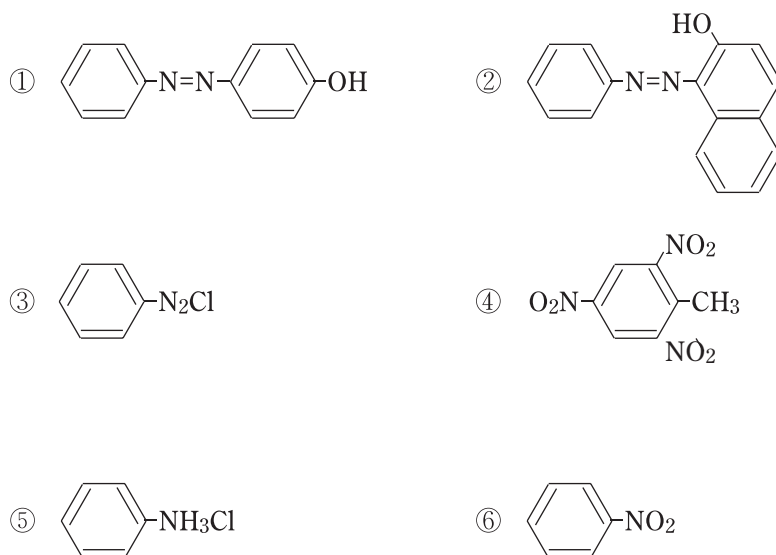
32

	オ	カ
①	加水分解	ジアゾ化
②	加水分解	カップリング
③	ジアゾ化	加水分解
④	ジアゾ化	カップリング
⑤	カップリング	加水分解
⑥	カップリング	ジアゾ化

(4) 化合物Xを加熱すると分解が起こり、気体が発生した。発生した気体はどれか。 33

- ① 水素 ② 酸素 ③ 窒素
④ 二酸化炭素 ⑤ 塩素 ⑥ 二酸化窒素

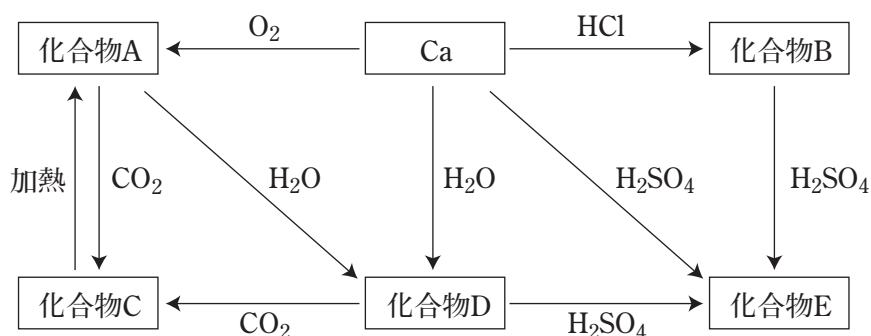
(5) 化合物Yの構造として適当なものはどれか。 34



〔ⅢA, ⅢB は選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。〕
 〔ⅢA は医療保健学部受験生が, ⅢB は薬学部受験生が解答しなさい。〕

ⅢA 次の〔問1〕, 〔問2〕に答えなさい。(21点)

〔問1〕 次図はカルシウムとその化合物についての反応系統図である。



これについて, 下の (1)~(4) の問いに答えなさい。答は, 次の解答群の中から最も適当なものを1つ選び, マークしなさい。

- 〔解答群〕 ① 化合物A ② 化合物B ③ 化合物C
 ④ 化合物D ⑤ 化合物E

(1) 水和物はセッコウとよばれ, 医療用のギプスなどに用いられるものはどれか。

35

(2) 結晶は中性の化合物で広く気体の乾燥剤として用いられるが, アンモニアの乾燥には適さないものはどれか。

36

(3) 塩素と反応させた生成物が, 漂白剤として用いられるものはどれか。

37

(4) 大理石や卵の殻の主成分で, 歯磨き粉の原料などに用いられるものはどれか。

38

〔問 2〕 体積を変えることができる容器内に、エチレンと水素の混合気体を、標準状態で 500 mL 入れて反応させたところ、水素はすべて反応した。反応後の混合気体の体積は、標準状態で 350 mL になり、ここへ臭素水を加えると臭素の色が脱色された。

これについて、次の (1)～(3) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

(1) 下線部の臭素水の色はどれか。 39

- ① 淡桃色 ② 黄緑色 ③ 赤褐色 ④ 黒紫色 ⑤ 濃青色

(2) 実験室でエチレンを発生させる操作はどれか。 40

- ① 炭化カルシウムに水を加える。
② 酢酸カルシウムを乾留する。
③ エタノールに濃硫酸を加えて 140 °C で加熱する。
④ エタノールに濃硫酸を加えて 160 °C で加熱する。
⑤ ジメチルエーテルに濃硫酸を加えて 140 °C で加熱する。
⑥ ジメチルエーテルに濃硫酸を加えて 160 °C で加熱する。

(3) 反応前の混合気体中に含まれるエチレンの、体積の割合は何%か。

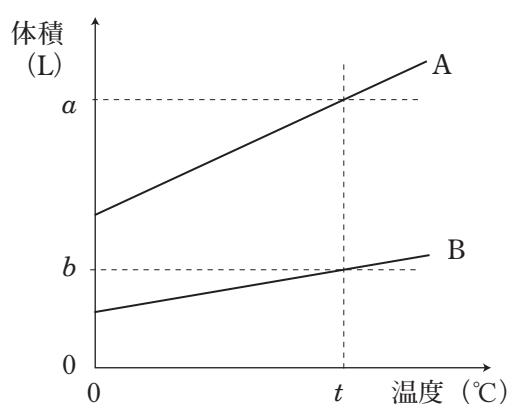
41 %

- ① 20 ② 30 ③ 40 ④ 50
⑤ 60 ⑥ 70 ⑦ 80

〔ⅢA, ⅢB は選択問題です。問題冊子表紙で指定された科目を解答しなさい。〕
 〔ⅢA は医療保健学部受験生が, ⅢB は薬学部受験生が解答しなさい。〕

ⅢB 次の〔問1〕, 〔問2〕に答えなさい。(21点)

〔問1〕 次のグラフは, 一定の圧力下で w [g] の気体Aと w [g] の気体Bについて, 温度(°C)と体積(L)の関係を示したものである。



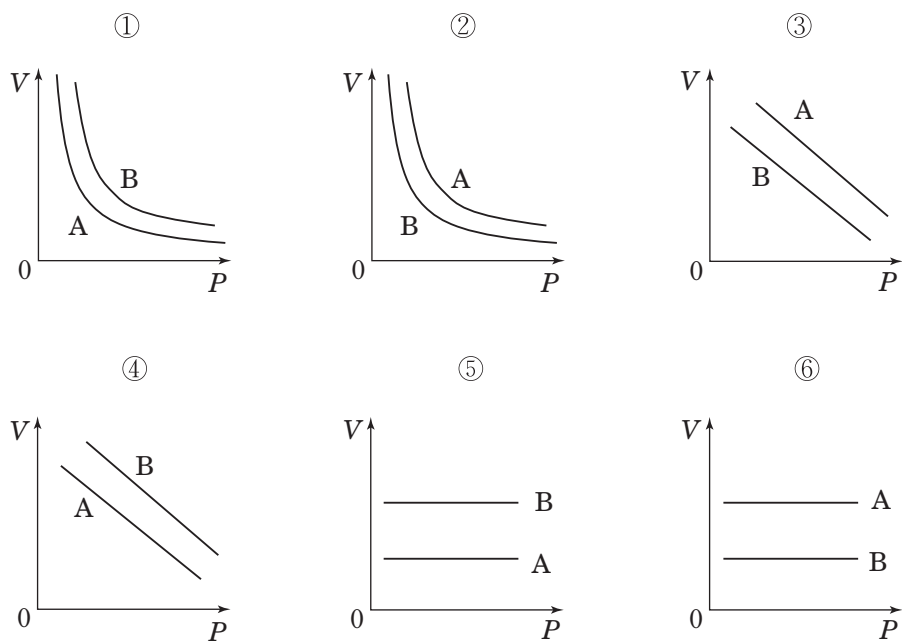
これについて, (1)~(3) の問いに答えなさい。答は, 最も適当なものをそれぞれの解答群の中から1つ選び, マークしなさい。

- (1) 気体Aの分子量を M_A としたとき, 気体Bの分子量を M_B , a , b を用いて表した式はどれか。 35

- | | | |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| ① aM_A | ② bM_A | ③ $\frac{bM_A}{a}$ |
| ④ $\frac{aM_A}{b}$ | ⑤ $\frac{aM_A}{a+b}$ | ⑥ $\frac{bM_A}{a+b}$ |

- (2) 気体Aと気体Bそれぞれ w [g] を容器に入れ、温度を一定に保ちながら、圧力と体積を変化させた。このときの変化を表すグラフはどれか。

36



- (3) 理想気体と実在気体に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

37

- ① 理想気体は分子間にはたらく力を0と仮定している。
- ② 理想気体は分子自身の体積を0と仮定している。
- ③ 高温では実在気体は理想気体に近づく。
- ④ 低圧では実在気体は理想気体に近づく。
- ⑤ 沸点の低い物質の気体ほど状態方程式からのずれが大きい。

〔問 2〕 酢酸とエタノールの混合物を加熱すると酢酸エチルが生成し、平衡状態になる。



酢酸 1.0 mol とエタノール 0.80 mol に触媒として濃硫酸を加えて、混合物の体積を 100 mL とした。温度を t_1 [°C] に保ち平衡状態となったとき、酢酸は 0.40 mol 残っていた。反応の前後で化合物の蒸発は起こらず、混合物の体積も変化しなかった。

これについて、次の (1)～(4) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを 1 つ選び、マークしなさい。

(1) 酢酸エチル生成反応における平衡定数 K を表す式はどれか。

38

① $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$

② $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$

③ $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$

④ $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}$

⑤ $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}$

⑥ $K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}$

(2) 温度 t_1 [°C] における平衡定数はどれか。

39

① 0.22

② 0.67

③ 1.5

④ 3.0

⑤ 4.5

⑥ 7.5

- (3) 触媒の濃硫酸を用いずに反応させたとき、逆反応の反応速度および平衡時の酢酸エチルの物質量は、触媒を用いたときと比べてどのように変化するか。

40

	逆反応の速度	平衡時の酢酸エチルの物質量
①	速くなる	増加する
②	速くなる	減少する
③	速くなる	変化しない
④	遅くなる	増加する
⑤	遅くなる	減少する
⑥	遅くなる	変化しない
⑦	変化しない	増加する
⑧	変化しない	減少する
⑨	変化しない	変化しない

- (4) 平衡状態になっている混合物に、0.20 mol のエタノールを加え、温度を t_2 [°C] に保って、しばらく放置した。平衡状態となったとき、酢酸エチルは全部で何 mol 生成しているか。ただし、温度 t_2 [°C] における平衡定数は 4.0 とする。

41

mol

- ① 0.20 ② 0.32 ③ 0.40 ④ 0.47
 ⑤ 0.52 ⑥ 0.60 ⑦ 0.67 ⑧ 0.80

下 書 き