

化学

(60分 100点)

必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0 C 12 N 14 O 16 S 32

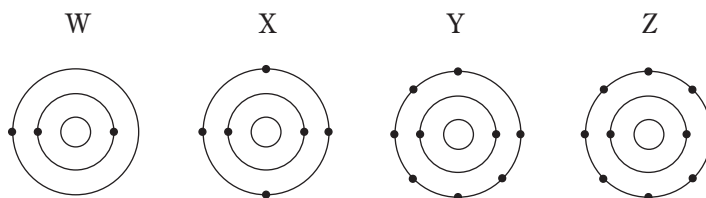
I 次の〔問1〕～〔問3〕に答えなさい。(41点)

〔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) 次の原子のうち、電子の数と中性子の数が等しい原子はどれか。

- ① ^{11}B ② ^{13}C ③ ^{15}N ④ ^{16}O ⑤ ^{19}F ⑥ ^{23}Na

(2) 次の図は、原子W、X、Y、Zの電子配置を表している。これらの原子のうち、イオン結合をつくる組合せはどれか。

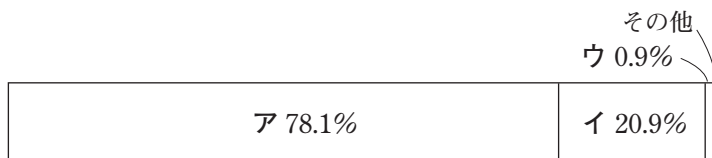


- ① WとX ② WとY ③ WとZ
④ XとY ⑤ XとZ ⑥ YとZ

(3) 周期表の第三周期の元素には、非金属元素はいくつあるか。 種類

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

(4) 次のグラフは、乾燥した空気の組成を体積%で表している。グラフ中のウに相当する物質はどれか。



- ① 酸素 ② 窒素 ③ 二酸化炭素
④ ヘリウム ⑤ アルゴン ⑥ オゾン

(5) 次の記述のうち、正しいものはどれか。

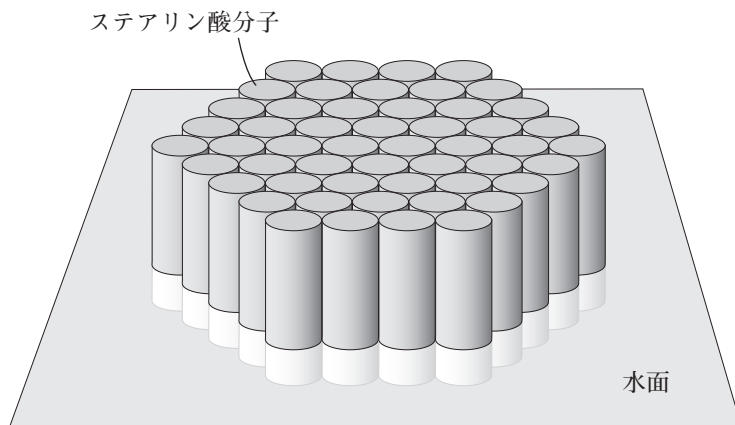
- ① ヘリウム以外の希ガス原子の価電子の数は8個である。
② 1族に属する元素をアルカリ金属元素という。
③ 2族に属する元素をアルカリ土類金属元素という。
④ ハロゲンの単体は、すべて二原子分子である。
⑤ 第4周期の元素は、すべて典型元素である。

(6) ある2価の塩基8.55 gを中和するのに、2.00 mol/Lの硫酸が25.0 mL必要であった。この塩基のモル質量 (g/mol) はいくらか。 g/mol

- ① 17 ② 34 ③ 43 ④ 74 ⑤ 86 ⑥ 171

〔問2〕 化学では、物質の量を構成粒子の個数をもとにした mol という単位で扱うことが多い。1 mol は が の炭素原子 12 g に含まれる炭素原子の数を基準にしており、1 mol あたりの粒子の数をアボガドロ定数という。

アボガドロ定数を測定するため、 X [g] のステアリン酸 $C_{17}H_{35}COOH$ を少量のヘキサン C_6H_{14} に溶かし、全体の体積を正確に 100 mL とした。水を入れたバットにこの溶液を Y [mL] 滴下すると、ヘキサンは蒸発し水面にステアリン酸分子が図のように重なることなく密に並び、 Z [cm²] の膜ができた。ステアリン酸 1 分子が占める面積を S [cm²] とすると、膜をつくっているステアリン酸分子の数は $\frac{Z}{S}$ [個] と表される(すき間は無視する)。一方、滴下したステアリン酸溶液 Y [mL] 中にはステアリン酸は mol 含まれるから、アボガドロ定数は /mol と表すことができる。また、ステアリン酸の分子膜の密度を d [g/cm³] とすると、分子膜の厚さ(分子の長さ)は cm と表すことができる。



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** に当てはまる語句と数値の組合せはどれか。

7

	ア	イ
①	原子番号	6
②	原子番号	12
③	陽子の数	6
④	陽子の数	12
⑤	質量数	6
⑥	質量数	12

(2) 文中の **ウ** に当てはまる式はどれか。 **8**

- ① $\frac{XY}{2.84}$ ② $\frac{Y}{2.84X}$ ③ $\frac{X}{2.84Y}$
 ④ $\frac{XY}{2.84} \times 10^{-4}$ ⑤ $\frac{Y}{2.84X} \times 10^{-4}$ ⑥ $\frac{X}{2.84Y} \times 10^{-4}$

(3) 文中の **エ** に当てはまる式はどれか。 **9**

- ① $\frac{Z}{2.84SXY} \times 10^{-4}$ ② $\frac{XZ}{2.84SY} \times 10^{-4}$ ③ $\frac{XYZ}{2.84S} \times 10^{-4}$
 ④ $\frac{2.84Z}{SXY} \times 10^4$ ⑤ $\frac{2.84XZ}{SY} \times 10^4$ ⑥ $\frac{2.84XYZ}{S} \times 10^4$

(4) 下線部のように、全体の体積を正確に 100 mL にするために必要なガラス器具はどれか。 **10**

- ① ビュレット ② ホールピペット ③ こまごめピペット
 ④ メスシリンダー ⑤ メスフラスコ

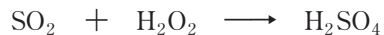
(5) 同質量のヘキサンとステアリン酸に含まれる分子の数を比べたとき、ヘキサン分子の数はステアリン酸分子の数の約何倍か。 11 倍

- ① 0.1 ② 0.3 ③ 0.5 ④ 2 ⑤ 3 ⑥ 10

(6) 文中の オ に当てはまる式はどれか。 12

- ① $\frac{XY}{100dS}$ ② $\frac{XY}{100dZ}$ ③ $\frac{XY}{100dSZ}$
- ④ $\frac{100dS}{XY}$ ⑤ $\frac{100dZ}{XY}$ ⑥ $\frac{100dSZ}{XY}$

〔問 3〕 過酸化水素水と二酸化硫黄は次式のように反応し、硫酸が生成する。



この反応では、S原子の酸化数は し、 H_2O_2 分子中のO原子の酸化数は している。したがって、 SO_2 は1 molにつき molの電子を 。一方、 H_2O_2 は1 molにつき molの電子を 。このように電子の授受が行われる化学変化を酸化還元反応という。

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 に当てはまる語句はどれか。

- ① 1増加 ② 2増加 ③ 4増加 ④ 6増加
 ⑤ 1減少 ⑥ 2減少 ⑦ 4減少 ⑧ 6減少

(2) 文中の に当てはまる語句はどれか。

- ① 1増加 ② 2増加 ③ 4増加 ④ 6増加
 ⑤ 1減少 ⑥ 2減少 ⑦ 4減少 ⑧ 6減少

(3) 文中の ・ に当てはまる数値と語句の組合せはどれか。

	ア	イ
①	1	受け取る
②	1	失う
③	2	受け取る
④	2	失う
⑤	3	受け取る
⑥	3	失う

- (4) 文中の ウ ・ エ に当てはまる数値と語句の組合せはどれか。

16

	ウ	エ
①	1	受け取る
②	1	失う
③	2	受け取る
④	2	失う
⑤	3	受け取る
⑥	3	失う

- (5) この酸化還元反応における，酸化剤と還元剤の組合せはどれか。 17

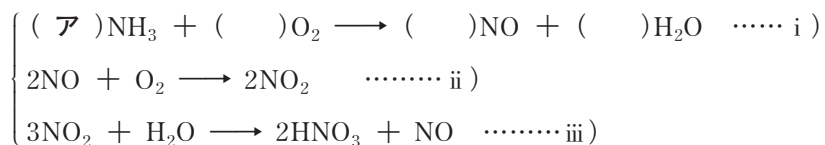
	酸化剤	還元剤
①	SO ₂	H ₂ O ₂
②	SO ₂	H ₂ SO ₄
③	H ₂ O ₂	SO ₂
④	H ₂ O ₂	H ₂ SO ₄
⑤	H ₂ SO ₄	SO ₂
⑥	H ₂ SO ₄	H ₂ O ₂

- (6) 密度 1.0 g/cm³ で質量パーセント濃度 3.3% の過酸化水素水 100 mL に，二酸化硫黄を吹き込み，過酸化水素を全て反応させた。反応によって水溶液の体積は変わらないとすると，水溶液中の硫酸の濃度は何 mol/L か。 18 mol/L

- ① 0.20 ② 0.40 ③ 0.50 ④ 1.0 ⑤ 2.0 ⑥ 4.0

Ⅱ 次の〔問1〕～〔問3〕に答えなさい。(38点)

〔問1〕 次の反応は、アンモニアから硝酸を合成する過程を表している。



i)式の反応は800～900℃で イ を触媒として行い、iii)式で生じるNOはii)、iii)式の反応を繰り返してすべてHNO₃になる。この硝酸の製法は、ウ とよばれる工業的製法である。

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i)式の空欄は係数を表している。(ア)に当てはまる係数はどれか。ただし、係数は最も小さな整数の比になるようにつけるものとする。

19

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

- (2) 文中の イ ・ ウ に当てはまる語句の組合せはどれか。

20

	イ	ウ
①	酸化鉄(Ⅲ)	ハーバー・ボッシュ法
②	酸化鉄(Ⅲ)	アンモニアソーダ法
③	酸化鉄(Ⅲ)	オストワルト法
④	白金	ハーバー・ボッシュ法
⑤	白金	アンモニアソーダ法
⑥	白金	オストワルト法

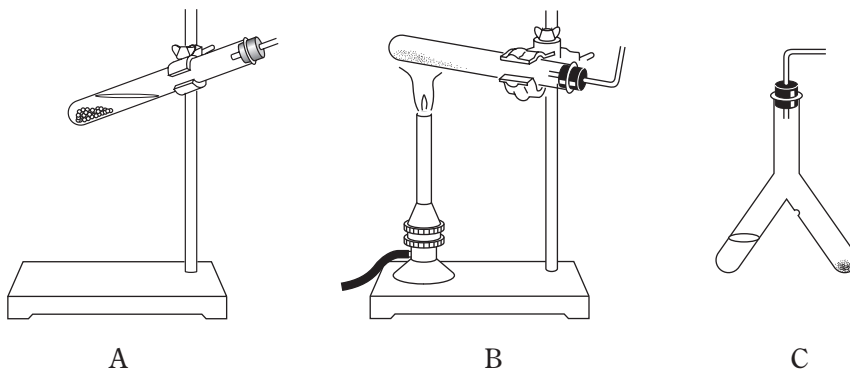
(3) 硝酸に関する記述のうち、誤っているものはどれか。 21

- ① 濃硝酸と濃塩酸を 1 : 3 で混合した溶液は、金を溶かすことができる。
- ② 濃硝酸は、光により分解するため褐色びんに入れて保存する。
- ③ 濃硝酸は、ニッケルや鉄の表面に緻密な酸化皮膜をつくる。
- ④ 濃硝酸は揮発性で、熱により分解しやすい。
- ⑤ 濃硝酸は、酸性の気体の乾燥剤として用いられる。

(4) 文中の i) ~ iii) 式の反応によって、密度 1.4 g/cm^3 、質量パーセント濃度 60% の硝酸を 300 mL つくるには、アンモニアは何 g 必要か。 22 g

- ① 17 ② 34 ③ 51 ④ 68 ⑤ 85

(5) 実験室でアンモニアを発生させるために用いる試薬と、実験器具の組合せはどれか。 23



	使用する試薬	実験器具
①	NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$	A
②	NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$	B
③	NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$	C
④	HNO_3 と NaCl	A
⑤	HNO_3 と NaCl	B
⑥	HNO_3 と NaCl	C

〔問 2〕 炭素鎖に不飽和結合や環状構造をもたない、1 価のアルコールの分子式は、炭素数を n としたとき 24 で表され、炭素数が 2 以上のものは、ア と構造異性体の関係にある。分子式が等しいアルコールと ア を区別するには、イ や Na との反応性を比較すればよい。1 価のアルコールは、その構造から第一級、第二級、第三級に分類され、おだやかに酸化すると ウ アルコールはアルデヒドに、エ アルコールはケトンに変化する。

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 24 に当てはまる分子式の一般式はどれか。

- ① $C_nH_{2n}O$ ② $C_nH_{2n+1}O$ ③ $C_nH_{2n-1}O$
 ④ $C_nH_{2n+2}O$ ⑤ $C_nH_{2n-2}O$

(2) 文中の ア ・ イ に当てはまる語句の組合せはどれか。

25

	ア	イ
①	エーテル	沸点
②	エーテル	密度
③	エーテル	水溶液の pH
④	エステル	沸点
⑤	エステル	密度
⑥	エステル	水溶液の pH

(3) 文中の ウ ・ エ に当てはまる語句の組合せはどれか。

26

	ウ	エ
①	第一級	第二級
②	第一級	第三級
③	第二級	第一級
④	第二級	第三級
⑤	第三級	第一級
⑥	第三級	第二級

(4) メタノールとエタノールに関する記述のうち、最も適当なものはどれか。

27

- ① メタノールは、工業的には高温の一酸化炭素と水から合成される。
- ② メタノールは、工業的にはエチレンに水を付加させて合成される。
- ③ エタノールをおだやかに酸化した化合物の水溶液は、ホルマリンという。
- ④ エタノールは、糖類の発酵によっても得ることができる。
- ⑤ エタノールは、第二級アルコールに分類される。

(5) 分子式の一般式が文中の 24 で表され、炭素原子を4個もつアルコールのうち、おだやかに酸化すると還元性をもつ化合物が生成するものは何種類か。ただし光学異性体は考えないものとする。 28 種類

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6

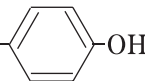
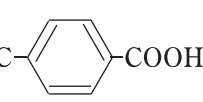
〔問3〕 芳香族カルボン酸の 29 は、トルエンを酸化すると得られる。同様に 30 は、*o*-キシレンを、31 は *p*-キシレンを酸化すると得られる。また、31 は、化合物Xと反応してペットボトルとして利用される樹脂となる。これらの芳香族カルボン酸の結晶をそれぞれ加熱すると、30 からは芳香族化合物Yが生じた。

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) 文中の 29 ~ 31 に当てはまる化合物名は、それぞれどれか。

- ① アニリン ② フェノール ③ ナトリウムフェノキシド
 ④ 安息香酸 ⑤ サリチル酸 ⑥ フタル酸
 ⑦ テレフタル酸 ⑧ アセチルサリチル酸

(2) 化合物Xの構造式はどれか。 32

- ① $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ② $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$
 ③ $\text{HO}-(\text{CH}_2)_2-\text{OH}$ ④ 
 ⑤  ⑥ $\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH}$

(3) 下線部の樹脂が生成するときのできる、結合の種類はどれか。 33

- ① エステル結合 ② アミド結合 ③ 付加重合
 ④ エーテル結合 ⑤ カップリング

(4) 100 g の 30 を加熱すると、芳香族化合物Yは何 g 得られるか。

- 34 g
 ① 78 ② 82 ③ 89 ④ 112 ⑤ 118

〔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〕 ラベルがなくなった3本の試薬びんに, それぞれ炭酸ナトリウム, 炭酸水素ナトリウム, 硫酸水素ナトリウムが入っている。これらはいずれも無水物の結晶であることがわかっている。これらの化合物を次の二つの操作によって識別した。

- ・結晶に希塩酸を加えて気体が発生するのは である。
- ・結晶を約 150℃に加熱すると質量が減少するのは である。

また, これらの結晶を水に溶かし液性を比較することによっても識別することができる。

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) 文中の ・ に当てはまる物質はどれか。
- ① 炭酸ナトリウムのみ ② 炭酸水素ナトリウムのみ
 - ③ 硫酸水素ナトリウムのみ ④ 炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウム
 - ⑤ 炭酸ナトリウムと硫酸水素ナトリウム
 - ⑥ 炭酸水素ナトリウムと硫酸水素ナトリウム

(2) 3つの化合物をそれぞれ水に溶かして同じモル濃度の水溶液をつくったとき、水溶液のpHが大きい順に並べたものはどれか。 37

- ① 炭酸ナトリウム > 炭酸水素ナトリウム > 硫酸水素ナトリウム
- ② 炭酸ナトリウム > 硫酸水素ナトリウム > 炭酸水素ナトリウム
- ③ 炭酸水素ナトリウム > 炭酸ナトリウム > 硫酸水素ナトリウム
- ④ 炭酸水素ナトリウム > 硫酸水素ナトリウム > 炭酸ナトリウム
- ⑤ 硫酸水素ナトリウム > 炭酸水素ナトリウム > 炭酸ナトリウム
- ⑥ 硫酸水素ナトリウム > 炭酸ナトリウム > 炭酸水素ナトリウム

(3) これらの化合物に関する記述のうち、最も適当なものはどれか。 38

- ① 炭酸水素ナトリウムの結晶は、空気中に放置すると風解が起こる。
- ② 炭酸ナトリウムは、ベーキングパウダーや発泡剤に使われる。
- ③ 炭酸ナトリウムは、ガラスの原料として用いられる。
- ④ 硫酸水素ナトリウムは、正塩に分類される。
- ⑤ 硫酸水素ナトリウムの水溶液は、赤色の炎色反応を示す。

〔問2〕 アセチレンは分子式 C_2H_2 で表され、炭素原子間に三重結合をもつ不飽和炭化水素である。工業的には石油を高温で分解してつくられるが、実験室では 39 に水を加えて発生させる。アセチレンは様々な有機化合物を合成する原料に用いられる他、完全燃焼させると高温が容易に得られるため溶接にも用いられる。

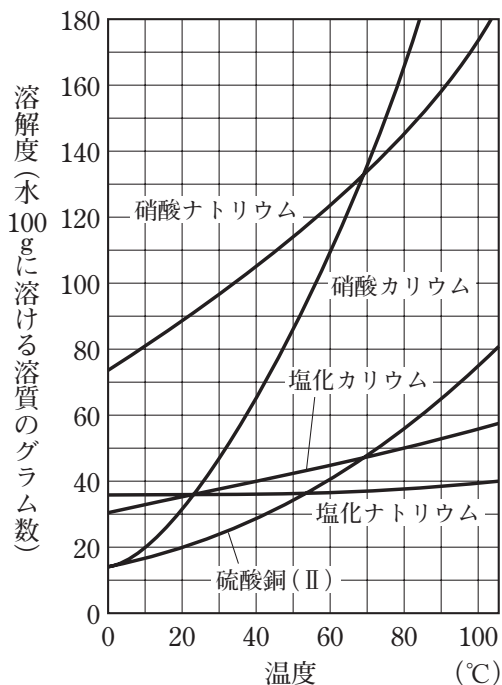
これについて、次の (1)~(3) の問いに答えなさい。答は、それぞれの解答群の中から最も適当なものを1つ選び、マークしなさい。

- (1) 文中の 39 に当てはまる物質はどれか。
- ① 炭酸カルシウム ② 炭化カルシウム ③ 水酸化カルシウム
④ 酸化カルシウム ⑤ 酢酸カルシウム
- (2) アセチレンに関する記述のうち、誤っているものはどれか。 40
- ① アセチレンは、すべての原子が直線上に位置している。
② アセチレンに触媒を用いて酢酸を付加させると、酢酸ビニルが生成する。
③ アセチレン1分子に塩素1分子が付加した化合物には、2種類の構造がある。
④ アセチレンを付加重合させると、ベンゼンが得られる。
⑤ アセチレンは、臭素や水素と置換反応を起こしやすい。
- (3) アセチレン 4.0 L を空気中で完全燃焼させるためには、空気は何 L 必要か。
ただし、空気中に酸素は 20% 含まれ、気体はすべて標準状態とする。
- 41 L
- ① 10 ② 20 ③ 25 ④ 40
⑤ 50 ⑥ 60 ⑦ 75 ⑧ 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。〕

Ⅲ B 次の〔問1〕, 〔問2〕に答えなさい。(21点)

〔問1〕 溶媒 100 g に溶解する溶質の最大量を溶解度といい, 溶解度と温度の関係を表した曲線を溶解度曲線という。



飽和水溶液中では溶解平衡が成り立っており, たとえば, 塩化ナトリウムの飽和水溶液の溶解平衡は, 次式で表される。



また, 溶液の蒸気圧, 浸透圧, 凝固点などは, 純溶媒とは異なり, さまざまな性質を示す。

これについて, 次の (1)~(4) 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) 図中の化合物のうち，飽和水溶液を冷却して結晶を取り出すことが最も難しいものはどれか。 35

- ① 硝酸ナトリウム ② 硝酸カリウム ③ 塩化カリウム
④ 塩化ナトリウム ⑤ 硫酸銅(Ⅱ)

(2) 60℃の硝酸カリウムの飽和水溶液100gを20℃に冷却すると，結晶は何g析出するか。 36 g

- ① 14 ② 30 ③ 38 ④ 52 ⑤ 80

(3) 溶液に関する記述のうち，最も適当なものはどれか。 37

- ① 水和水を含む結晶の溶解度は，水和水を除いた無水物の質量で表す。
② 気体の溶解度は，溶液の温度が上昇するほど大きくなる。
③ 希薄溶液の浸透圧は，溶液の温度が上昇するほど小さくなる。
④ 溶液の蒸気圧は，溶媒の蒸気圧より高い。
⑤ 溶液の凝固点は，溶媒の凝固点より高い。

(4) 塩化ナトリウム飽和水溶液に，次のa～cの操作を行った。塩化ナトリウムの結晶が析出する操作をすべて選んだものはどれか。 38

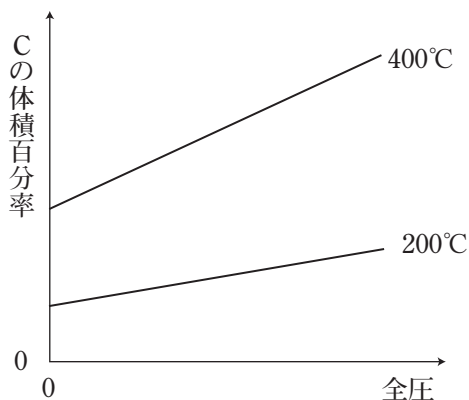
- a 濃塩酸を加える。
b 濃い硝酸銀水溶液を加える
c 濃い水酸化ナトリウム水溶液を加える。

- ① aのみ ② bのみ ③ cのみ
④ aとb ⑤ aとc ⑥ bとc

〔問2〕 気体Aと気体Bが反応し気体Cが生成する変化は可逆反応で、各係数をX, Y, Zとすると、次式で表される。



混合気体の全圧と気体Cの体積百分率の関係を200℃と400℃について表すと、次図のようになった。



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。

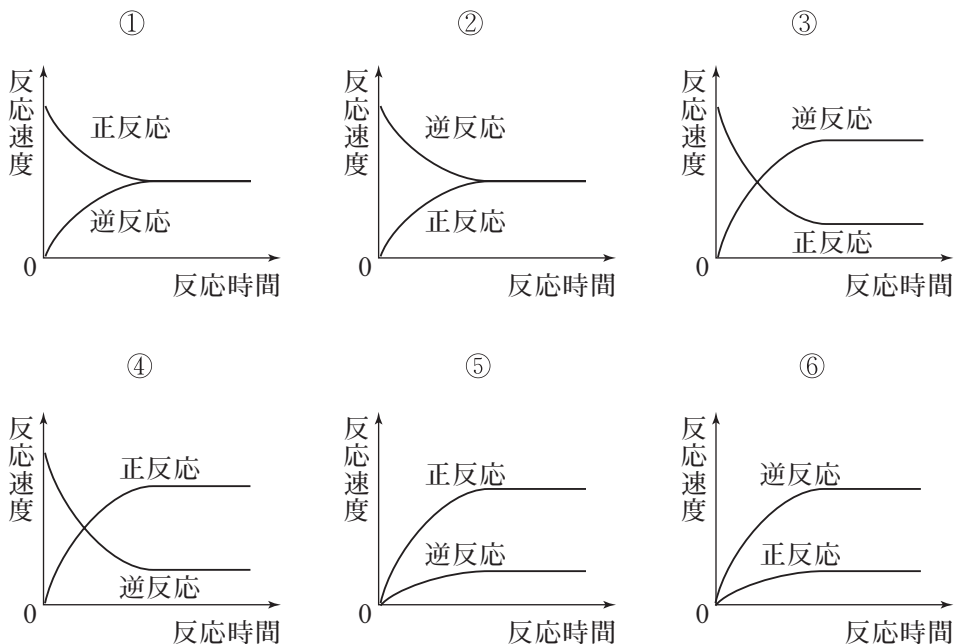
- (1) 係数X, Y, Zの関係と正反応の変化が発熱か吸熱かを正しく判断した組合せはどれか。 39

	係数X, Y, Zの関係	熱の出入り
①	$X+Y=Z$	発熱
②	$X+Y=Z$	吸熱
③	$X+Y>Z$	発熱
④	$X+Y>Z$	吸熱
⑤	$X+Y<Z$	発熱
⑥	$X+Y<Z$	吸熱

(2) この反応の平衡に関する記述のうち、誤っているものはどれか。 40

- ① 平衡定数は、200 °C のときよりも 400 °C の方が大きい。
- ② 温度が一定ならば、全圧を変化させても平衡定数は一定である。
- ③ 温度が一定ならば、触媒を用いても平衡定数は一定である。
- ④ 正反応の平衡定数と逆反応の平衡定数は、絶対値が等しく、符号が逆である。
- ⑤ 体積を一定に保ったまま He を加えても、平衡は移動しない。

(3) 気体 A と B を反応させたとき、反応時間と正反応・逆反応の反応速度の関係を表した図はどれか。 41



下 書 き