

1D 化 学

2月3日

(解答番号 1 ~ 38)

原子量および定数は、次の通りとする。また、同一の問中で解答に複数回同じ選択肢が必要なときには、同じ選択肢を何回選んでも良い。

H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24 Al = 27 S = 32

Cl = 36 K = 39 Ca = 40 Cu = 64 Zn = 65

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、

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

I 次の文を読み、問1～問10に答えよ。

物質が溶媒に「溶ける」という現象や、溶液から「析出する」という現象を利用して、様々な物質の状態もしくは性質を明らかにすることができる。固体の場合、一定量の溶媒に溶質を最大量まで溶かした溶液を飽和溶液という。水 100 g に溶質を溶かしながら (ア) 溶解平衡 と呼ばれる状態を作り、溶媒の温度を変化させながら飽和溶液時の溶質の質量 (g) を測定して、この数値を固体の溶解度とすると、溶解度曲線は溶解温度と溶解度の関係から得られる。また、(イ) 再結晶 と呼ばれる操作を行うことで溶質を精製することができる。

一般に、溶媒の温度上昇に伴い、固体の溶解度は増加するが、気体の溶解度は低下する。1803年にイギリスで (ウ) ヘンリー が気体の溶解度に関する法則を発見するが、この法則はアンモニアや塩化水素など、溶解度が大きい気体には適応できないことが知られている。一方、不揮発性の溶質（不揮発性物質）を溶媒に溶かした場合、純粋な溶媒（何も溶かしていない溶媒）と比べて蒸気圧が低くなる現象（蒸気圧降下）が生じ、あわせて (エ) 沸点上昇 と (オ) 凝固点降下 という現象が生じる。

問1 (ア) 溶解平衡 の状態を説明したものとして、もっとも適当なものを次の ①～⑤ のうちから一つ選べ。

1

- ① 溶解が完全に停止した状態
- ② 単位時間あたりに溶解する粒子と析出する粒子の数が等しい状態
- ③ 溶質がすべて析出した状態
- ④ 溶媒が完全に蒸発した状態
- ⑤ 単位時間あたりに溶解する粒子の数が析出する粒子の数を上回っている状態

問2 (イ) 再結晶に関する説明として、もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

2

- ① 溶媒を変えてすべての溶質を溶かす方法
- ② 溶解度の温度依存性を利用して精製する方法
- ③ 一度溶かした溶質を完全に気化させる方法
- ④ 結晶水を除去する方法
- ⑤ すべての不純物を溶かす方法
- ⑥ 溶解度を越えた溶質をすべて固体に戻す方法

問3 80℃の硝酸カリウム飽和水溶液135 gを40℃まで冷却すると、硝酸カリウムはおよそ何g析出するか。もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、硝酸カリウムの溶解度は40℃で64.0、80℃で170とする。

3

- ① 20.0 g ② 27.0 g ③ 44.0 g ④ 53.0 g ⑤ 88.0 g ⑥ 108 g

問4 下線部(ウ)に関する説明として、もっとも適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。なお、気体は純物質とし、圧力は溶解する気体の圧力とする。

4

- ① 圧力が一定のとき、温度が上がると溶ける気体の物質量は増加する。
- ② 圧力が高くなるほど溶媒に溶ける気体の物質量は増加する。
- ③ 圧力と体積の関係により、溶解度は常に一定である。
- ④ 溶ける気体の物質量は気体の反応性に依存する。

問5 温度27℃、全圧 1.0×10^5 Paの N_2 と O_2 の混合気体が水1.0 Lに接しているとき、この水に溶解する O_2 の物質量はおよそ何molか。もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 1.0×10^5 Pa、27℃において水1.0 Lに溶ける O_2 の最大の物質量は 1.2×10^{-3} molで、この混合気体中の N_2 と O_2 の物質量比は3:2とする。

5

- ① 2.4×10^{-4} mol ② 4.8×10^{-4} mol ③ 6.0×10^{-4} mol
- ④ 7.2×10^{-4} mol ⑤ 8.4×10^{-4} mol ⑥ 9.6×10^{-4} mol

問6 (エ) 沸点に関する説明として、もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

6

- ① 溶質を加えると溶液の沸点は低くなる。
- ② 沸点上昇は溶媒の種類には依存しない。
- ③ 溶液の蒸気圧が大気圧と等しくなるときに沸騰する。
- ④ 溶液の沸点上昇は溶質の濃度に関係である。
- ⑤ 沸点は溶質の分子量に比例する。
- ⑥ 純水の沸点は水溶液の沸点より高い。

問7 沸点上昇度に関する次の説明のうち、内容が正しいものはどれか。もっとも適当なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。

7

- ① 沸点上昇度は、溶液の質量モル濃度と無関係である。
- ② 沸点上昇度は、溶質の電離度に反比例する。
- ③ 溶液のモル濃度が増加するときに沸点上昇度は減少する。
- ④ 沸点上昇度はすべての溶質粒子（分子、イオン）の質量モル濃度の和に比例する。
- ⑤ 沸点上昇度を求めるには、溶質の溶解度が必要である。

問8 水 100.00 g に不揮発性の非電解質 1.08 g を溶かした溶液の沸点はおよそ何℃ 上昇するか。もっとも適当なものを次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、水のモル沸点上昇を $0.50 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、不揮発性の非電解質の分子量を 360 とする。

8

- ① 0.0030°C ② 0.010°C ③ 0.015°C ④ 0.030°C
- ⑤ 0.033°C ⑥ 0.066°C ⑦ 0.15°C

問9 (オ) 凝固点降下に関する説明として、もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

9

- ① 凝固点降下は、溶媒の種類に依存しない。
- ② 溶質を加えると、水の凝固点は 0°C より高くなる。
- ③ 凝固点降下は、溶質の電離度に関係である。
- ④ 溶液の凝固点は、純溶媒の凝固点より常に高い。
- ⑤ 凝固点降下度は、すべての溶質粒子（分子、イオン）の質量モル濃度に比例する。
- ⑥ 凝固点降下度は、溶質の分子量が小さいほど大きくなる。

問10 水 100 g に塩化ナトリウム (NaCl) 0.59 g を溶かした希薄溶液の凝固点はおよそ何℃ か。もっとも適当なものを次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、NaCl の電離度は 1.0 とし、水のモル凝固点降下を $1.9 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

10

- ① -0.20°C ② -0.38°C ③ -0.43°C ④ -0.46°C
- ⑤ -0.49°C ⑥ -0.52°C ⑦ -0.55°C

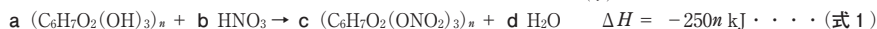
II 次の文を読み、問1～問10に答えよ。

セルロースは多数のグルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) が脱水縮合した構造を有している。セルロースが、 n 個のグルコースの重合で生じると仮定すると、縮合して生じる水は 11 個である。したがって、セルロースの構造は、 $n \times (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) -$ 11 $\times (\text{H}_2\text{O})$ と考えることができ、これをまとめると、



となる。ここで、 n は平均重合度であり、通常、十分に大きい値であるため両端の $\text{H}-$ と $-\text{OH}$ を省略し、一般に $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ と表される。また、セルロース両端以外のグルコース単位にはヒドロキシ基が3つ存在するので、^(ア) $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3)_n$ と表されることもある。

ヒドロキシ基がオキシ酸と反応して生成する物質は 12 と呼ばれる。例えば、セルロースに混酸を作らせると、硝酸 12 である ^(イ) トリニトロセルロースが生成する。この反応式とエンタルピー変化 (ΔH) は次の式1のように表されるが(注：熱化学方程式も併記している)、^(ウ) 硫酸の役割も重要である。



(a、b、c および d はいずれも係数を表し、とりうる最小の自然数とする)

いま、以下に示す反応条件でセルロースからトリニトロセルロースの調製を行った。

[反応条件]

セルロース (平均重合度1000) 使用量：32.4 kg

市販の硝酸 (硝酸水溶液)：質量パーセント濃度70%、密度1.42 g/cm³

反応温度：25℃

ただし、本反応は過不足なく進行し、副産物の生成はないものとする。

問1 文中の 11 にあてはまるものとして、もっとも適当なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① $n-2$ ② $n-1$ ③ n ④ $n+1$ ⑤ $n+2$

問2 文中の 12 にあてはまるものとして、もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① アセテート ② アルドース ③ エステル
④ エーテル ⑤ 糖アルコール ⑥ ペプチド

問3 下線部 (ア) について、このような表記の化学式を何というか。もっとも適当なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 分子式 ② 組成式 ③ 構造式 ④ 示性式 ⑤ 実験式

13

問4 (イ) トリニトロセルロースに関する (a)～(c) の説明文のうち、内容に誤りがあるものはいくつあるか。もっとも適当なものを次の ①～④ のうちから一つ選べ。ただし、すべて正しい場合は ④ を選べ。

14

- (a) 火薬の原料である。
- (b) 着火すると、一瞬で燃え尽きる。
- (c) 一部を加水分解したものはセルロイドの原料である。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 0

問5 (ウ) 硫酸に関する次の (a)～(d) の説明文のうち、内容に誤りがあるものはいくつあるか。もっとも適当なものを次の ①～⑤ のうちから一つ選べ。ただし、すべて正しい場合は ⑤ を選べ。

15

- (a) 混酸とは、濃硝酸と濃硫酸の混合物である。
- (b) 反応系の脱水作用により、反応を促進する。
- (c) 反応系のpHを低下させ、硝酸の酸化力を補強する。
- (d) 式1の反応において、セルロースの構造がほぐれ、反応が進行しやすくする。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 0

問6 反応に用いたセルロースの物質質量 (mol) はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑧ のうちから一つ選べ。ただし、物質質量は平均分子量より算出するものとする。

16

① 0.10 mol ② 0.20 mol ③ 0.30 mol ④ 0.40 mol
⑤ 0.50 mol ⑥ 0.60 mol ⑦ 0.70 mol ⑧ 0.80 mol

問7 反応で消費される硝酸の物質質量 (mol) はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑧ のうちから一つ選べ。

17

① 100 mol ② 200 mol ③ 300 mol ④ 400 mol
⑤ 500 mol ⑥ 600 mol ⑦ 700 mol ⑧ 800 mol

問8 問7の硝酸として市販の硝酸を用いるとすると、必要な体積 (L) はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑥ のうちから一つ選べ。

18

① 8.0 L ② 18.0 L ③ 28.0 L
④ 38.0 L ⑤ 48.0 L ⑥ 58.0 L

問9 反応で生成するトリニトロセルロースの物質質量 (mol) はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑦ のうちから一つ選べ。

19

① 0.074 mol ② 0.13 mol ③ 0.20 mol ④ 0.25 mol
⑤ 0.34 mol ⑥ 0.37 mol ⑦ 0.54 mol

問10 反応で放出される熱量 (kJ) はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑥ のうちから一つ
選べ。

20

- ① 1.9×10^4 kJ ② 3.2×10^4 kJ ③ 5.0×10^4 kJ
④ 6.3×10^4 kJ ⑤ 8.5×10^4 kJ ⑥ 9.3×10^4 kJ

(次の頁にも設問があります)

Ⅲ 次の文を読み、問1～問4に答えよ。

銅の単体は 21 の光沢をもち展性・延性が大きく、銅の化合物を含む水溶液は 22 の炎色反応を示す。塩酸や希硫酸とは反応しないが、(ア) 熱濃硫酸とは反応して気体を発生する。また、銅の単体を空气中で加熱すると、1000℃ に達しない温度では 23 の酸化銅(Ⅱ)となるが、1000℃ 以上の高温で加熱すると、24 の酸化銅(Ⅰ)となる。

銅の化合物である硫酸銅(Ⅱ)五水和物は青色の結晶であり、その結晶構造では、銅(Ⅱ)イオンに4個の水分子が配位結合してテトラアクア銅(Ⅱ)イオンとなり、残りの1個はこのイオンと硫酸イオンの両方に水素結合している。硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶を加熱容器に入れて、徐々に温度を上昇させていくと、加熱温度によって段階的に水和水を失い、113℃ 以上では硫酸銅(Ⅱ)一水和物となり、150℃ 以上では 25 粉末状の化合物になる。さらに強く加熱すると、約700℃ 付近では無色で刺激臭のある気体の 26 が発生して、酸化銅(Ⅱ)になる。

問1 文中の 21 ～ 26 にあてはまるものとして、もっとも適当なものをそれぞれの選択肢のうちから一つ選べ。

[21 ～ 25 の選択肢]

- ① 赤色 ② 黄色 ③ 赤紫色 ④ 橙赤色
⑤ 黄緑色 ⑥ 青緑色 ⑦ 白色 ⑧ 黒色

[26 の選択肢]

- ① 水素 ② 酸素 ③ 二酸化硫黄 ④ 三酸化硫黄 ⑤ 硫化水素

問2 下線部(ア)の反応の説明文(a)～(e)のうち、内容に誤りのあるものはどれか。その組み合わせとしてもっとも適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。 27

- (a) 銅によって硫酸が還元されて、硫黄原子の酸化数は+6から+4に変化する。
(b) 銅によって硫酸が酸化されて、硫黄原子の酸化数は+6から+2に変化する。
(c) 銅64gが熱濃硫酸と完全に反応すると、発生した気体のうち、無色で刺激臭がある気体の体積は273K、 1.013×10^5 Paにおいて22.4Lである。
(d) 銅は水素よりイオン化傾向が大きいため、希塩酸や希硫酸などの酸とは反応しない。
(e) 銅と熱濃硫酸が反応すると赤色の溶液となる。

- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問3 硫酸銅（Ⅱ）五水和物 15.0 g を120℃ に加熱したとき、失われた水和水の質量はおよそいくらか。

もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

28

- ① 0.18 g ② 0.54 g ③ 0.90 g ④ 1.4 g ⑤ 1.6 g
⑥ 2.1 g ⑦ 2.7 g ⑧ 3.2 g ⑨ 3.6 g ⑩ 4.3 g

問4 硫酸銅（Ⅱ）五水和物 15.0 g を750℃ まで加熱したとき、固体として存在する化合物の質量はおよ

そいくらか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

29

- ① 1.2 g ② 2.4 g ③ 3.2 g ④ 4.8 g ⑤ 5.6 g
⑥ 6.0 g ⑦ 6.7 g ⑧ 7.1 g ⑨ 8.0 g ⑩ 9.1 g

(次の頁にも設問があります)

Ⅳ 次の文を読み、問 1～問 8 に答えよ。

(ア) 二酸化炭素やメタンは温室効果を持ち、地球温暖化の原因の一つであるといわれていることから、空气中におけるそれらの濃度を下げようとする様々な試みが検討されてきた。X 氏と Y 氏が、化学的性質を利用して二酸化炭素の固定化（除去）方法を開発するために以下のような実験を行った。

<実験 A>

図 1 に示すような、発生する気体を捕集するための管を備えた密閉容器（容積：約 200 mL）にドライアイス 44 g を入れ、管から出てくる気体を (イ) ポリスチレン製カートリッジ に詰めた水酸化ナトリウムに通じた。ドライアイスが消失した後カートリッジの質量を計測したところ、実験開始前に比べて 11 g 増えていた。

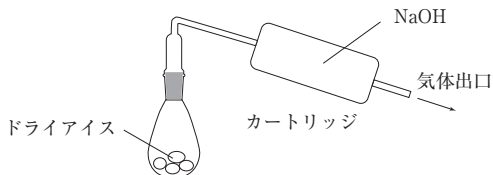


図 1. 実験 A の装置

<実験 B>

密閉容器に気体の二酸化炭素 44 g と気体の (ウ) エチレンオキシド (C_2H_4O) 44 g を入れ、固体の触媒を加えて反応させたところ以下に示す反応が起こり、液体の化合物 A が 70 g 得られた。



構造式中の線の折れ曲がりに存在する C や、C に結合している H は省略している。

<実験後の議論>

X 氏：実験 A では安価に手に入る水酸化ナトリウムを用いているので、効率は高くないけれど空気中の二酸化炭素固定が可能であることは示せたと思う。

Y 氏：確かにそうだね。ただ、水酸化ナトリウムは潮解性を示すし、この反応の発熱量も大きいよね。

X 氏：カートリッジ式にしたのは、中身が劣化したら交換できるからだよ。空気中に含まれる二酸化炭素は約 0.04% だから、実用的には発熱も問題にはならないはずだよ。

Y 氏：劣化した (エ) カートリッジの処分方法も問題として残りそうだね。

X 氏：それは今後の課題だと思う。実験 B では化合物 A が廃棄物として残るのかな？

Y 氏：化合物 A は炭酸と (オ) エチレングリコールのエステルに相当する化合物なんだけれど、実は

(カ) リチウムイオン電池の電解液に利用されているんだ。

X氏：二酸化炭素が効率よく固定化できるだけでなく、生成物が製品としての応用もできて一石二鳥の反応なんだね。なぜすぐに実用化しないの？

Y氏：実験Bではエチレンオキシドの入手方法やコストが課題だね。工業的には(キ) エチレンと酸素を反応させて作られているよ。また、今のところ反応が高温・高圧でないと進まないの、より優れた触媒の開発が必要だと思うよ。

問1 下線部(ア)の二酸化炭素分子、メタン分子の構造として、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。

二酸化炭素： 30 メタン： 31

- ① 直線状 ② 正三角形 ③ 直角二等辺三角形 ④ 頂角120°の二等辺三角形
⑤ 三角柱 ⑥ 正四面体 ⑦ 正六面体 ⑧ 正八面体

問2 (イ) ポリスチレンの再利用に関する説明文(a)～(e)のうち、内容に誤りのあるものの組み合わせとしてもっとも適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。 32

- (a) ポリスチレンのマテリアルリサイクルでは、不純物が混入しても性能は劣化しない。
(b) ポリスチレンのマテリアルリサイクルで、発泡ポリスチレンを得ることができる。
(c) ポリスチレンのサーマルリサイクルでは、燃焼時に塩化水素を生じるので処理が必要である。
(d) ポリスチレンのサーマルリサイクルで発生する熱エネルギーは、電気エネルギーに変換することができる。
(e) ポリスチレンのケミカルリサイクルでは、熱分解によって塩化ビニルが得られる。
- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問3 (ウ) エチレンオキシドと同一の分子式である有機化合物として、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。 33

- ① メタノール ② ホルムアルデヒド ③ ギ酸 ④ エチレン
⑤ アセチレン ⑥ ジメチルエーテル ⑦ エタノール ⑧ アセトアルデヒド

(次の頁にも設問があります)

問4 下線部(エ)の処分方法に関する説明文(a)～(e)のうち、内容に誤りのあるものはいくつあるか。もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただしすべて正しい場合は⑥を選べ。

34

- (a) カートリッジ内には水溶性のものが含まれていることから河川に投棄すればよい。
 (b) カートリッジ内には炭酸ナトリウムしか残存しないので、ソーダガラスの製造にそのまま用いることができる。
 (c) カートリッジ内には数種類の塩基性化合物が含まれているので慎重に中和する必要がある。
 (d) 水酸化ナトリウムは潮解性があるため廃棄物は固体のみとなる。
 (e) 二酸化炭素を十分に吸収させたカートリッジは中性の廃棄物しか排出しない。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 0

問5 下線部(オ)のエチレングリコールとのエステル結合を持つ高分子化合物として、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。

35

- ① ナイロン66 ② ポリエチレン ③ PET ④ ポリビニルアルコール
 ⑤ ビニロン ⑥ フェノール樹脂 ⑦ エポキシ樹脂 ⑧ ポリプロピレン

問6 (カ) リチウムイオン電池の開発により、2019年にノーベル化学賞を受賞した人物を次の①～⑧のうちから一つ選べ。

36

- ① 福井謙一 ② 白川英樹 ③ 野依良治 ④ 田中耕一
 ⑤ 下村脩 ⑥ 鈴木章 ⑦ 根岸英一 ⑧ 吉野彰

問7 (キ) エチレンに関する説明文(a)～(e)のうち、内容の正しいものの組み合わせとしてもっとも適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。

37

- (a) 160～170℃に加熱した濃硫酸にエタノールを滴下するとエチレンが生成する。
 (b) 臭素水にエチレンを通じると赤褐色が消失する。
 (c) エチレンは工業的にはナフサの熱分解によって得られる。
 (d) エチレンにCl₂を付加させると塩化ビニルが生成する。
 (e) エチレンにはシス-トランス異性体が存在する。

① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
 ⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
 ⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問 8 X 氏と Y 氏の議論などを踏まえ、二酸化炭素の固定化（除去）技術の問題点に関する考察としてもっとも適当なものを、次の ①～⑧ のうちから一つ選べ。

38

- ① 二酸化炭素を大気中から除去することは不可能である。
- ② 安価な資材を調達できたとしても、それを製造することで発生する二酸化炭素の量が、除去できる二酸化炭素の量を上回る場合は意味がない。
- ③ 安価な資材は毒性が低く、安全性が高いから安価に売られているに違いない。
- ④ 廃棄物の処理方法に課題があるとしても、地球温暖化問題の方が重要なのでただちに大気中の二酸化炭素を減らす方法を実行するべきである。
- ⑤ 高温・高圧を必要とする反応であっても、二酸化炭素を減らす目的のためには何も問題はない。
- ⑥ 二酸化炭素は人間の生存のためには不要であるので、大気中の濃度 0 % を目指すための技術が必要とされている。
- ⑦ 気体の二酸化炭素は固定化が困難であるので、一度ドライアイスにすればよい。
- ⑧ 触媒を用いる反応は必ず可逆反応となるので、原理的に二酸化炭素の固定化には向いていない。

2D 化 学

2月4日

(解答番号 ～)

原子量および定数は、次の通りとする。また、同一の問中で解答に複数回同じ選択肢が必要なときには、同じ選択肢を何回選んでも良い。

H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24 Al = 27

S = 32 Cl = 36 K = 39 Ca = 40 Cu = 64 Zn = 65

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、

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

I 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

物質が液体中に均一に溶ける現象を溶解という。例えば、硝酸カリウム (KNO_3) のようなイオン結晶は、水に溶解しやすいものが多い。これは、硝酸カリウムを水に溶解すると、電離により K^+ と NO_3^- に分かれ、 K^+ は水分子の 原子側、 NO_3^- は水分子の 原子側と静電気的な引力により安定化するためである。この現象を という。一方、同じイオン結晶でも、硫酸バリウムなどは水に溶けにくい。これは、 による安定化の効果よりも、異なる符号の電荷をもつイオン同士の による安定化の効果が大きいためである。

また、非電解質であるスクロースやエタノールなどは、硝酸カリウムのように水中で電離しないものの、水には溶けやすい。これらの分子にはヒドロキシ基があり、ヒドロキシ基と水分子との間に が生じて されるために溶けやすい。ヒドロキシ基のように極性があり、 されやすい部分を といい、エタノール中のエチル基のように極性が小さく、 されにくい部分を という。これに対し、無極性分子は極性分子の水にほとんど溶けず、無極性溶媒には溶けやすい性質がある。

一定の温度で一定量の溶媒に溶質を溶かしていくと、ある量以上になった時に溶解しなくなる。この限界まで溶質が溶けた溶液のことを飽和溶液という。この限界までに溶けた溶質の量を溶解度といい、通常、固体の溶解度は、溶媒 100 g に溶ける溶質の最大質量 (g) として表される。

問1 文中の 1 ～ 7 にあてはまるものとして、もっとも適当なものを次の①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。

- ① 水素結合 ② 配位結合 ③ イオン結合 ④ 親水基 ⑤ 溶解平衡
⑥ 金属結合 ⑦ 疎水基 ⑧ 水和 ⑨ 水素 ⑩ 酸素

問2 次のアルコールを、水に対する溶解度が大きい順で並べるとどのようになるか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちからそれぞれ一つ選べ。

8

- ① 1-ヘキサノール>1-ペンタノール>1-ブタノール>1-プロパノール
② 1-ヘキサノール>1-ブタノール>1-プロパノール>1-ペンタノール
③ 1-ブタノール>1-ヘキサノール>1-ペンタノール>1-プロパノール
④ 1-ブタノール>1-プロパノール>1-ヘキサノール>1-ペンタノール
⑤ 1-ブタノール>1-プロパノール>1-ペンタノール>1-ヘキサノール
⑥ 1-プロパノール>1-ブタノール>1-ペンタノール>1-ヘキサノール
⑦ 1-プロパノール>1-ブタノール>1-ヘキサノール>1-ペンタノール
⑧ 1-プロパノール>1-ペンタノール>1-ヘキサノール>1-ブタノール
⑨ 1-ペンタノール>1-プロパノール>1-ブタノール>1-ヘキサノール
⑩ 1-ペンタノール>1-ヘキサノール>1-プロパノール>1-ブタノール

問3 次の化合物群のうち、以下に示す (a)～(d) の性質に該当する化合物はいくつあるか。もっとも適当なものを次の①～⑨のうちからそれぞれ一つ選べ。ただし、該当するものがない場合は⑨を選べ。

[化合物群]

グルコース、炭酸カルシウム、ヨウ素、塩化ナトリウム、ナフタレン、
エタノール、リノール酸、セルロース

(a) 水に溶解するがヘキサンに溶けにくいもの： 9

(b) 水には溶けにくいがヘキサンに溶けるもの： 10

(c) 水にもヘキサンにも溶けるもの： 11

(d) 水にもヘキサンにも溶けにくいもの： 12

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 0

問4 40℃の塩化カリウム飽和水溶液 280 g に溶解している塩化カリウムはおよそ何 g か。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、塩化カリウムの 40℃ における溶解度は 40.0 とする。

13

- ① 10.0 g ② 20.0 g ③ 30.0 g ④ 40.0 g ⑤ 50.0 g
⑥ 60.0 g ⑦ 70.0 g ⑧ 80.0 g ⑨ 90.0 g ⑩ 100 g

(次の頁にも設問があります)

問5 問4の塩化カリウム飽和水溶液を 10°C に冷却すると、およそ何gの塩化カリウムが析出するか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、塩化カリウムの 10°C における溶解度は 30.0 とする。

14

- ① 4.00 g ② 10.0 g ③ 14.0 g ④ 20.0 g ⑤ 24.0 g
⑥ 30.0 g ⑦ 34.0 g ⑧ 40.0 g ⑨ 44.0 g ⑩ 50.0 g

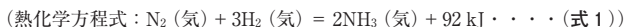
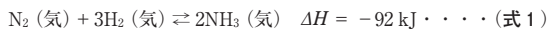
問6 問4の塩化カリウム飽和水溶液を加熱して水 50.0 g を蒸発させたのち、液温を 40°C に戻した場合、析出する塩化カリウムはおよそ何gか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

15

- ① 10.0 g ② 20.0 g ③ 30.0 g ④ 40.0 g ⑤ 50.0 g
⑥ 60.0 g ⑦ 70.0 g ⑧ 80.0 g ⑨ 90.0 g ⑩ 100 g

Ⅱ 次の文を読み、問1～問4に答えよ。

アンモニアは、工業的には窒素と水素の単体から合成される。この工業的製法はハーバー・ボッシュ法と呼ばれ、16 が応用され、高圧条件とすることでアンモニアの生成率を増加させている。工業的には、圧力約 3.0×10^7 Pa、温度 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ で、触媒には Fe_3O_4 に少量の Al_2O_3 や K_2O を加えたものが用いられる。この反応の反応式とエンタルピー変化は式1のとおりである。(熱化学方程式も併記している)



問1 文中の 16 にあてはまるものとして、もっとも適当なものを次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① ルシャトリエの原理 ② ヘスの法則 ③ ラウールの法則
④ ヘンリーの法則 ⑤ ファントホッフの法則 ⑥ ドルトンの法則
⑦ ボイル・シャルルの法則

問2 式1の反応が平衡状態のとき、以下の(a)～(e)の操作を行うことで平衡はどちらに移動するか。もっとも適当なものを次の①～③のうちからそれぞれ一つ選べ。

(a) 窒素を加える。: 17

(b) 触媒を加える。: 18

(c) 減圧する。: 19

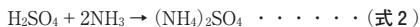
(d) 温度・全圧一定でアルゴンを加える。: 20

(e) 温度・体積一定でアルゴンを加える。: 21

- ① 左向き ② 移動しない ③ 右向き

問3 式1で生成したアンモニアは気体であるため、中和滴定で直接定量することは難しい。そのため、逆滴定という方法により、アンモニアの生成量を求めることとした。まず、生成したアンモニアを 0.25 mol/L の硫酸水溶液 10 mL にすべて吸収させ(式2)、次に、未反応の硫酸を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ(式3)、 37.5 mL で中和反応が完了した。発生したアンモニアの体積は、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 27°C でおよそいくらか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

22



- ① 0.031 mL ② 0.062 mL ③ 0.31 mL ④ 0.62 mL ⑤ 3.1 mL
⑥ 6.2 mL ⑦ 31 mL ⑧ 62 mL ⑨ 310 mL ⑩ 620 mL

問4 単体の窒素 2.0 mol と水素 6.0 mol を、温度一定で体積 2.0 L の容器中で反応させたところ、アンモニア 2.0 mol を生成して平衡状態に達した。このときの式 1 の平衡定数 K はおよそいくらか。もっとも適当なものを次の ①～⑦ のうちから一つ選べ。

23

- ① $0.029 \text{ (mol/L)}^{-2}$ ② $0.059 \text{ (mol/L)}^{-2}$ ③ $0.11 \text{ (mol/L)}^{-2}$ ④ $0.29 \text{ (mol/L)}^{-2}$
⑤ $0.59 \text{ (mol/L)}^{-2}$ ⑥ 1.1 (mol/L)^{-2} ⑦ 2.3 (mol/L)^{-2}

Ⅲ 次の文を読み、問 1～問 3 に答えよ。

アルミニウムの単体はボーキサイトから不純物を取り除き、これを溶融塩電解して製造される。ボーキサイトは [24] が主成分であるが、少量の酸化鉄(Ⅲ)などの不純物が入っている。ボーキサイトに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えると、[24] は (ア) 両性酸化物なので濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶解するが、酸化鉄(Ⅲ)は不溶性であるため除くことができる。酸化鉄(Ⅲ)などの不純物を除いた後に加水分解をすると、[25] が得られ、それを濾別して焼成することで [24] の結晶が得られる。

内側を炭素でおおった電解槽を [26] とし、炭素棒を [27] として、氷晶石 (Na_3AlF_6) を入れて通電して約 1000°C で融解し、[24] を溶かし込んで電気分解すると、[26] ではアルミニウムの単体が融解状態のまま電解槽の底にたまる。

一方、[27] では O^{2-} が酸化されるが酸素は発生せず、高温のため電極の炭素と反応して (イ) 一酸化炭素または二酸化炭素が発生するが不純物として残らない。しかし、[27] の炭素は次第に消耗するので、補給する必要がある。

また、このような化学反応にもとづいて、生成したアルミニウムの物質量を推定することができる。例えば、ある一定の電流を流して溶融塩電解を行ったところ、発生した一酸化炭素と二酸化炭素の混合気体の質量は 3.12 kg で、この混合気体の 300 K 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ における体積は $2.49 \times 10^3\text{ L}$ であった。発生した一酸化炭素と二酸化炭素はすべて電気分解によって生じたものとする、この反応によって [27] の炭素の質量はおおよそ [28] kg 減少し、生成したアルミニウムの質量は、おおよそ [29] kg と推定される。

問 1 文中の [24] ～ [29] にあてはまるものとして、もっとも適当なものをそれぞれの選択肢のうちから一つ選べ。

[[24]、[25] の選択肢]

- ① 酸化アルミニウム ② ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム ③ 硫化鉄(Ⅱ)
④ 塩化鉄(Ⅲ) ⑤ 四酸化三鉄 ⑥ 水酸化アルミニウム
⑦ テトラヒドロキシドアルミン酸ナトリウム

[[26]、[27] の選択肢]

- ① 陰極 ② 陽極

[[28]、[29] の選択肢]

- ① 1.2 ② 2.2 ③ 3.7 ④ 4.1 ⑤ 4.5
⑥ 4.8 ⑦ 5.1 ⑧ 5.4 ⑨ 5.9 ⑩ 6.4

(次の頁にも設問があります)

問2 次に示す化合物群のうち、(ア) 両性酸化物に分類される化合物はいくつあるか。その個数としてもっとも適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。

30

[化合物群]

二酸化炭素、酸化ナトリウム、酸化亜鉛、酸化カルシウム、

酸化スズ(Ⅳ)、酸化鉛(Ⅱ)、酸化銅(Ⅱ)、三酸化硫黄

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

問3 下線部(イ)の反応を、炭素原子1 molの電子(e^-)の授受に着目した反応式で表したとき、一酸化炭素と二酸化炭素が発生する反応はどのように表されるか。もっとも適当なものを次の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。

一酸化炭素が発生する反応： 31

二酸化炭素が発生する反応： 32

- ① 炭素原子は2 molの電子を失って酸化され、1 molの一酸化炭素が生成した。
- ② 炭素原子は2 molの電子を受け取って還元され、1 molの一酸化炭素が生成した。
- ③ 炭素原子は4 molの電子を失って酸化され、1 molの一酸化炭素が生成した。
- ④ 炭素原子は4 molの電子を受け取って還元され、1 molの一酸化炭素が生成した。
- ⑤ 炭素原子は4 molの電子を失って酸化され、1 molの二酸化炭素が生成した。
- ⑥ 炭素原子は4 molの電子を受け取って還元され、1 molの二酸化炭素が生成した。
- ⑦ 炭素原子は8 molの電子を失って酸化され、1 molの二酸化炭素が生成した。
- ⑧ 炭素原子は8 molの電子を受け取って還元され、1 molの二酸化炭素が生成した。

Ⅳ 医薬品に関する次の文を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。

体内に侵入した病気の原因となる細菌やウイルスに直接作用し、治療に用いる医薬品を化学療法薬と呼ぶ。ドイツの医師ドーマクが連鎖球菌感染症の治療薬として 1930 年代に見出した ^(ア) プロントジル (図 1、**化合物 1**) ははじめての化学療法薬である。プロントジルはアゾ染料と呼ばれる赤色色素から見出され、体内で分解されたスルファニルアミドが化学療法薬として効果を示す。スルファニルアミドおよびその誘導体(図 1、**化合物 2**) はサルファ剤と呼ばれ、第二次世界大戦中の創傷感染による死亡率の低下に大きく貢献した。サルファ剤の発見以前は、細菌感染に対して効果が弱く症状の改善を期待する程度のもしか使用されていなかったが、発見後は細菌に選択的に作用する化学療法薬という概念が広がり、化学合成されたサルファ剤のみならず、微生物からも多様な抗生物質 (図 2) が発見されている。例えば図 2 に示す**化合物 3** は微生物から初めて発見された抗生物質である。**化合物 4** は結核の治療薬として開発されたものであり、細菌の ^(イ) タンパク質合成を阻害する。**化合物 5** もタンパク質合成を阻害する抗生物質であるがその作用は異なる。サルファ剤は、ビタミンの一種である葉酸を合成する際に必要な**酵素 1** の基質に、構造的に類似していることから、^(ウ) 酵素 1 に結合し葉酸の合成を阻害する。葉酸は細菌にとって必須な栄養素であることからサルファ剤によって細菌の生育が抑制される。一方、ヒトは葉酸を体内で合成できず、ビタミンとして食物から取り込んでいるため、サルファ剤による影響が少ない。

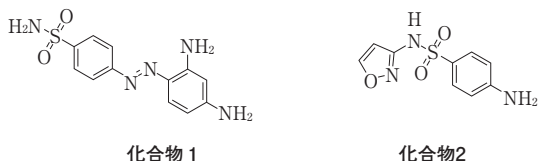


図 1 サルファ剤の構造

構造式中の線の折れ曲がり存在する C や、C に結合している H は省略している。

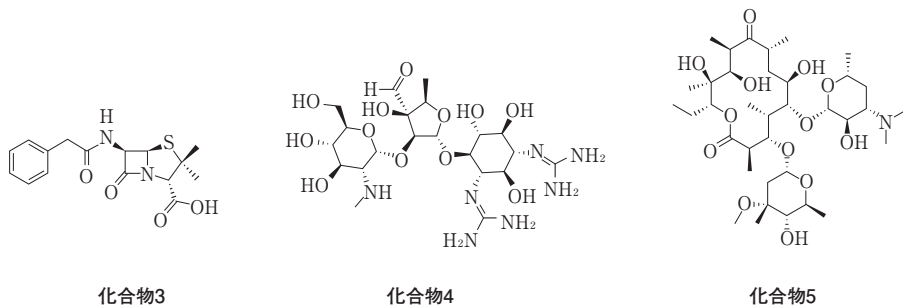


図 2 抗生物質の構造

構造式中の線の折れ曲がりおよび線の先端に存在する C や、C に結合している H は省略している。

問 1 (ア) プロントジルは図3のような経路で合成されるが、プロントジルを合成するために必要な操作 (a)～(d) はどのような操作か。もっとも適当な操作を次の①～⑨のうちからそれぞれ一つ選べ。

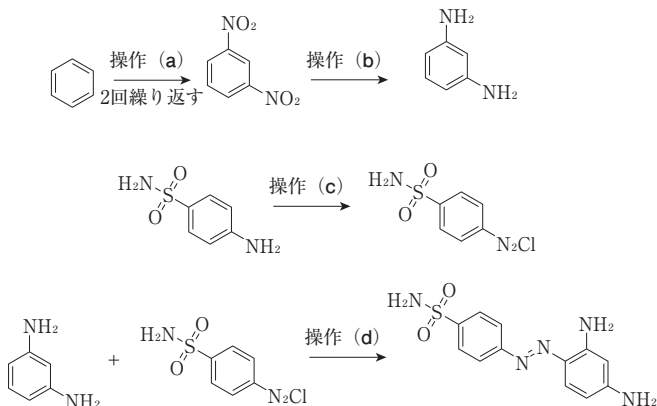


図3 プロントジルの合成経路

構造式中の線の折れ曲がり存在する C や、C に結合している H は省略している。

操作 (a) : 33 操作 (b) : 34 操作 (c) : 35 操作 (d) : 36

- ① 弱酸性下において低温で混合したのち、塩基性にする。
- ② 濃硫酸とともに加熱する。
- ③ ナトリウムフェノキシドの水溶液を加える。
- ④ スズと塩酸を加えて加熱したのち、反応液を塩基性にする。
- ⑤ 5℃ 以下に冷やしながら塩酸と亜硝酸ナトリウムを加える。
- ⑥ 希塩酸を加えて加熱する。
- ⑦ 塩化アルミニウムを触媒とし、プロペンと反応させる。
- ⑧ 無水酢酸に濃硫酸を加えて反応させる。
- ⑨ 濃硫酸と濃硝酸の混合液を加えて加熱する。

問2 次に示す官能基 (a)～(e) は、図2で示した化合物3、化合物4、化合物5の構造中どれに存在するか。もっとも適当なものを次の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。

- (a) ヒドロキシ基： 37 (b) カルボキシ基： 38 (c) ニトロ基： 39
 (d) アミノ基： 40 (e) アゾ基： 41

- ① 化合物3のみに存在する。 ② 化合物4のみに存在する。
 ③ 化合物5のみに存在する。 ④ 化合物3と4に存在する。
 ⑤ 化合物4と5に存在する。 ⑥ 化合物3と5に存在する。
 ⑦ すべての化合物に存在する。 ⑧ どの化合物にも存在しない。

問3 (イ) タンパク質に関する次の説明文 (a)～(d) のうち、内容の正しいものはいくつあるか。もっとも適当なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、すべて誤っている場合は⑤を選べ。

42

- (a) 生体内のタンパク質は、 β -アミノ酸が縮合してできている。
 (b) 生体内のタンパク質合成に関わるRNAは、通常、二重らせん構造を取っている。
 (c) ジスルフィド結合は、タンパク質の三次構造の形成に関わる結合の一つである。
 (d) RNAの情報からタンパク質が合成される過程を翻訳と呼ぶ。

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 0

問4 下線部(ウ)について、図4は化合物2と酵素1との相互作用を模式的に表したものである。化合物2と酵素1は点線で示した分子間の相互作用により結合すると予想されている。図中の相互作用(a)、(b)は何というか。もっとも適当なものを次の①～④のうちからそれぞれ一つ選べ。

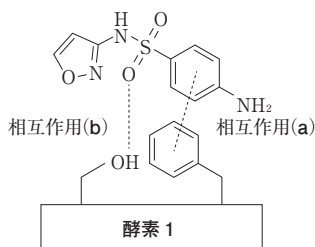


図4 化合物2と酵素1の相互作用の模式図

相互作用(a)、(b)に関与しない酵素1の構造は省略している。

線の折れ曲がりおよび線の先端に存在するCや、Cに結合しているHは省略している

相互作用(a)： 43 相互作用(b)： 44

- ① ファンデルワールス力 ② イオン結合 ③ 共有結合 ④ 水素結合

3D 化 学

2月5日

(解答番号 ～)

原子量および定数は、次の通りとする。また、同一の問中で解答に複数回同じ選択肢が必要なときには、同じ選択肢を何回選んでも良い。

H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24 Al = 27 S = 32

Cl = 36 K = 39 Ca = 40 Cu = 64 Zn = 65

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、

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

I 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

原子の中心には、正の電荷をもつ があり、そのまわりを負の電荷をもつ電子が回っている。
 は、正の電荷をもつ と電荷のない から構成される。 に含まれる の数は、元素によって決まっており、この数を という。また、 の中の と の数の和を という。また、同じ元素の原子には、 の数は同じだが、 の数が異なるために が違うものがある。このような原子同士を (ア) 同位体 という。

一般に のまわりを取り巻いている電子は、いくつかの層に分かれて存在している。この層を電子殻という。内側から順にK殻、L殻、M殻、N殻…などと呼ばれ、K殻には2個、L殻には8個、M殻には18個、N殻には32個の電子が入ることができる。電子は、原則として に近いK殻から入っていく。このような電子殻への電子の入りを電子配置という。また、もっとも外側の電子殻に入っている最外殻電子は、原子同士が結合したり、イオンになったりする際に重要な役割を果たす。これを価電子という。

問1 文中の ～ にあてはまるものとして、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちからそれぞれ一つ選べ。

- | | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| ① 粒子 | ② 価数 | ③ 陽子 | ④ 質量数 |
| ⑤ 原子番号 | ⑥ 周期律 | ⑦ 中性子 | ⑧ 原子核 |

問2 (ア) 同位体 に関して、ホウ素 (B) には ^{10}B (相対質量 10) と ^{11}B (相対質量 11) の同位体が存在し、ホウ素の原子量は 10.8 である。この場合の ^{10}B と ^{11}B の存在比として、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。

- | | | |
|---|---|---|
| ① $^{10}\text{B} : 10\% , ^{11}\text{B} : 90\%$ | ② $^{10}\text{B} : 20\% , ^{11}\text{B} : 80\%$ | ③ $^{10}\text{B} : 30\% , ^{11}\text{B} : 70\%$ |
| ④ $^{10}\text{B} : 40\% , ^{11}\text{B} : 60\%$ | ⑤ $^{10}\text{B} : 50\% , ^{11}\text{B} : 50\%$ | ⑥ $^{10}\text{B} : 60\% , ^{11}\text{B} : 40\%$ |
| ⑦ $^{10}\text{B} : 70\% , ^{11}\text{B} : 30\%$ | ⑧ $^{10}\text{B} : 80\% , ^{11}\text{B} : 20\%$ | ⑨ $^{10}\text{B} : 90\% , ^{11}\text{B} : 10\%$ |

問3 (ア) 同位体に関して、硫黄には ^{32}S 、 ^{33}S 、 ^{34}S 、 ^{36}S の同位体が天然に存在する。また、塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体が天然に存在する。これらの同位体から、全部で何種類の二塩化硫黄(SCl_2)の組み合わせが考えられるか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

7

- ① 2種類 ② 4種類 ③ 6種類 ④ 8種類 ⑤ 10種類
⑥ 12種類 ⑦ 14種類 ⑧ 16種類 ⑨ 18種類 ⑩ 20種類

問4 塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体が存在し、その存在比は ^{35}Cl が75%、 ^{37}Cl が25%である。これを踏まえると、四塩化炭素(CCl_4)の中で、すべての塩素原子が ^{37}Cl のものはおよそ何%存在するか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、炭素の同位体は考えないものとする。

8

- ① 0.09% ② 0.19% ③ 0.29% ④ 0.39% ⑤ 0.49%
⑥ 0.59% ⑦ 0.69% ⑧ 0.79% ⑨ 0.89% ⑩ 0.99%

問5 (ア) 同位体の中には、原子核から放射線を出しながら別の原子核に変化するものがあり、これを放射性同位体という。放射性同位体は壊変によりその個数が減少していくが、その個数が半分になるまでの時間を半減期という。半減期が30年であるセシウム(^{137}Cs)の量が、最初の1/16になるまでにおよそ何年かかるか。もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

9

- ① 30年 ② 60年 ③ 90年 ④ 120年 ⑤ 150年
⑥ 180年 ⑦ 210年 ⑧ 240年 ⑨ 270年 ⑩ 300年

(次の頁にも設問があります)

問6 原子の電子配置を、例) に示すように各電子殻に存在する電子の数で表すとする。このとき、次の a～h の電子配置をもつ原子のうち、(1)～(6) にあてはまるものはどれか。もっとも適当なものをそれぞれ ①～⑧ のうちから一つ選べ。

例) K(2)、L(8)、M(10)、N(2) : K 殻に 2 個、L 殻に 8 個、M 殻に 10 個、N 殻に 2 個の電子配置

a : K(2)、L(1)

b : K(2)、L(6)

c : K(2)、L(7)

d : K(2)、L(8)

e : K(2)、L(8)、M(1)

f : K(2)、L(8)、M(7)

g : K(2)、L(8)、M(8)、N(1)

h : K(2)、L(8)、M(8)、N(2)

(1) 安定なイオンとなった場合、ヘリウムと同じ電子配置をとるもの

10

(2) 価電子の数をもっとも少ないもの

11

(3) イオン化エネルギーがもっとも小さいもの

12

(4) 電気陰性度がもっとも大きいもの

13

(5) 貴ガスの原子を除いて原子半径(原子の大きさ)がもっとも大きいもの

14

(6) アルゴン (Ar) と同じ電子配置のイオンが生じ、そのイオン半径がもっとも大きいもの

15

① a ② b ③ c ④ d ⑤ e ⑥ f ⑦ g ⑧ h

II 次の文を読み、問1～問4に答えよ。

酸化還元反応は常に同時に起こり、酸素原子や水素原子の授受で定義することもできるが、より一般的には電子の授受で表される。物質の燃焼は酸化還元反応の一つである。例えば、銅を空気中で加熱すると酸化銅(Ⅱ)が生成する。この反応では、銅が電子を失い酸化される一方で、酸素は電子を受け取り還元されている。また、酸化還元反応は、私たちの身近なところでも利用されており、水質汚濁の指標である

(ア) 化学的酸素要求量(COD)の測定や (イ) さびを防止するためのめっき処理がある。

問1 次の(a)～(d)の物質について、下線を付した原子の酸化数を大きい順に並べたものとして、もっとも適当なものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。

16

(a) NH₃ (b) HNO₃ (c) Cr₂O₇²⁻ (d) H₂O₂

- ① (a) > (b) > (c) > (d) ② (a) > (b) > (d) > (c) ③ (b) > (a) > (c) > (d)
 ④ (b) > (a) > (d) > (c) ⑤ (c) > (b) > (a) > (d) ⑥ (c) > (b) > (d) > (a)
 ⑦ (d) > (a) > (b) > (c) ⑧ (d) > (b) > (c) > (a)

問2 次の化学反応(a)～(e)において、下線部の物質が酸化剤として働いている反応はどれか。その組み合わせとして、もっとも適当なものを次の①～⑩のうちから一つ選べ。

17

(a) I₂ + SO₂ + 2H₂O → 2HI + H₂SO₄

(b) SO₂ + 2H₂S → 3S + 2H₂O

(c) O₂ + 2C₆H₈O₆ → 2C₆H₈O₆ + 2H₂O

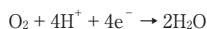
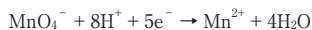
(d) 2KI + H₂SO₄ + H₂O₂ → I₂ + 2H₂O + K₂SO₄

(e) 2KI + Cl₂ → 2KCl + I₂

- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
 ⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
 ⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問3 (ア) 化学的酸素要求量(COD)の測定は、水中(1 L)の有機化合物を酸化分解するのに必要な酸素の質量(mg)を表したものである。実際の測定では、まず、酸素の代わりに過マンガン酸カリウムなどの酸化剤を用いて有機物を酸化し、次に、用いた酸化剤量をそれに相当する酸素の質量(mg)に換算する。いま、ある河川水のCODを測定するため、過マンガン酸カリウムを用いて河川水1.0 L中の有機化合物を酸化すると、必要な過マンガン酸カリウムは 2.4×10^{-4} molであった。この河川水のCOD(mg/L)はおおよそいくらか。もっとも適当なものを次の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし、酸性条件で過マンガン酸イオンと酸素が酸化剤として働くときの半反応式は次の通りである。

18



- ① 0.0060 mg/L ② 0.060 mg/L ③ 0.12 mg/L ④ 5.6 mg/L ⑤ 6.1 mg/L
 ⑥ 7.2 mg/L ⑦ 8.2 mg/L ⑧ 9.4 mg/L ⑨ 9.6 mg/L

問4 下線部（イ）について、鉄の表面に亜鉛をめっきしたものをトタンといい、建築材料に用いられる。

トタンは、鉄の表面に亜鉛の酸化皮膜が形成されることでさびにくく、また、鉄が露出しても亜鉛が優先して酸化されるため、鉄が保護される。鉄の表面に亜鉛をめっきするため、鉄板を陰極、亜鉛板を陽極として硫酸亜鉛水溶液に浸潤し、5.0 A の定電流で1分間電気分解したとする。このとき、鉄板の表面にできる亜鉛めっきの厚さは最大でおよそ何 mm か。もっとも適当なものを次の①～⑨のうちから一つ選べ。ただし、亜鉛の密度は 7.14 g/cm^3 、めっきが施される鉄板の表面積は 10 cm^2 とし、鉄板の表面に一定速度で均一にめっきされるものとする。

19

- ① $1.0 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ② $1.4 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ③ $1.8 \times 10^{-3} \text{ mm}$ ④ $1.0 \times 10^{-2} \text{ mm}$
⑤ $1.4 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ⑥ $1.8 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ⑦ $1.0 \times 10^{-1} \text{ mm}$ ⑧ $1.4 \times 10^{-1} \text{ mm}$
⑨ $1.8 \times 10^{-1} \text{ mm}$

Ⅲ 次の文を読み、問1～問7に答えよ。

地球の地殻の構成元素を存在量（質量）の順番で並べると、もっとも多い元素は酸素であり、2番目がケイ素である。次に、アルミニウム、鉄、カルシウム、ナトリウム、カリウム、マグネシウムといった金属元素が続く。金属元素は自然界に単体で存在することは極めて稀である。自然界ではアルミニウムは 20 という鉱石として存在するため、工業的には 20 を精製して得られる 21 から (ア) 溶融塩電解法で単体を製造している。アルミニウムは (イ) 両性金属であり、酸性および塩基性の水溶液と反応する。鉄は地殻中に酸化物や硫化物として含まれる。鉄は湿った空气中で酸化されやすく、赤さびを生じる。一方、鉄を空气中で強く熱すると (ウ) 黒さびを生じる。カルシウムは炭酸塩やケイ酸塩として自然界に広く多量に存在する。カルシウム化合物を主成分とする鉱物としては石灰石やセッコウなどがある。ナトリウムやカリウムは、岩石や海水中にイオンとして含まれ、比較的存在量の多い元素である。ソーダ石灰ガラスの原料となる炭酸ナトリウムは (エ) アンモニアソーダ法によって大量につくられる。マグネシウムは地殻中や海水中に存在する。

問1 20 ～ 21 にあてはまるものとして、もっとも適当なものをそれぞれの選択肢のうちから一つ選べ。

[20 の選択肢]

- ① ホタル石 ② かんらん石 ③ デイサイト ④ チャート
⑤ ボーキサイト ⑥ 苦灰石 ⑦ スピネル

[21 の選択肢]

- ① $\text{Al}(\text{OH})_3$ ② Al_2O_3 ③ AlO ④ $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$
⑤ AlN ⑥ AlCl ⑦ AlCl_3

問2 (ア) 溶融塩電解法について、単体を得る方法として同じ原理で工業的に製造されていない元素はどれか。もっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。 22

- ① K ② Na ③ Mg ④ Cu ⑤ Ca ⑥ Li

問3 (イ) 両性金属について、アルミニウム以外の両性金属の組み合わせとして正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 23

- ① Sr, Mg ② Na, Ca ③ Zn, Pd ④ Sn, Pb

問4 (ウ) 黒さびについて、鉄の黒さびの主成分としてもっとも適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 24

- ① FeCl_2 ② FeCl_3 ③ FeSO_4 ④ FeO
⑤ Fe_2O_3 ⑥ Fe_3C ⑦ Fe_3N ⑧ Fe_3O_4

(次の頁にも設問があります)

問5 次の記述 (a)～(e) のうち内容に誤りのあるものはどれか。その組み合わせとしてもっとも適当なものを次の ①～⑩ のうちから一つ選べ。

25

- (a) アルミニウムは 13 族元素で、単体の融点は 660°C である。また、単体の密度は鉄の約 $\frac{1}{3}$ で軽く、アルミニウムを含む合金であるジュラルミンは強度にすぐれる。
- (b) 鉄の原子は +2 と +3 の酸化数の化合物をつくりやすく、複数ある鉄の酸化物のうちの一つである Fe_2O_3 はハーバー・ボッシュ法の触媒となる。
- (c) CaCl_2 の水溶液に CO_2 を通じると沈殿は生じるが、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の水溶液に CO_2 を通じても沈殿は生じない。
- (d) ナトリウムとカリウムは岩石や海水中にイオンとして含まれ、比較的存在量が多い。また、いずれの単体も密度は 1 g/cm^3 に満たない。
- (e) マグネシウムの水酸化物は水によく溶けるが、炭酸塩はほとんど溶けない。
- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
 ⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
 ⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問6 (エ) アンモニアソーダ法で炭酸ナトリウムを 20 kg 製造するためには、原料の塩化ナトリウムは少なくとも何 kg 必要か。もっとも適当なものを次の ①～⑧ のうちから一つ選べ。ただし、各反応は完全に進行するものとする。

26

- ① 11 kg ② 14 kg ③ 22 kg ④ 28 kg
 ⑤ 36 kg ⑥ 45 kg ⑦ 46 kg ⑧ 57 kg

問7 マグネシウム 6.0 g に 2.0 mol/L の塩酸 50 mL を反応させたとき、発生する水素の体積は 0°C 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ において最大でおよそ何 L か。もっとも適当なものを次の ①～⑦ のうちから一つ選べ。

27

- ① 0.60 L ② 1.1 L ③ 2.2 L ④ 2.8 L ⑤ 4.5 L ⑥ 5.6 L ⑦ 9.0 L

Ⅳ 次の文を読み、問1～問7に答えよ。

脂質異常症では、血液中の^(ア)脂質の濃度が高いことが原因となり、血管につまりを発生させて高血圧や心臓疾患を引き起こしうる。脂質異常症の中でもコレステロール(図1)の濃度が高い症状に対しては、スタチンと称される脂質降下薬が用いられている。スタチンにはいくつかの種類の化合物があるが、世界で初めて発見されたスタチンは、1973年に遠藤章らがアオカビの一種の培養液より発見した^(イ)メバスタチン(図1)である。その後、スタチンがなぜ脂質異常症の治療に役立つかが研究され、^(ウ)HMG-CoA(ヒドロキシメチルグルタリル CoA、図1)を還元して^(エ)メバロン酸(図1)を合成する^(オ)酵素を阻害していることがわかっている。メバロン酸は、生体内でコレステロールなどを合成(生合成)する際に必須な化合物である。

メバロン酸は1956年に田村学造によって初めて発見され、火落酸(ひおちさん)と命名されていたが、後にメバロン酸と名称が変更された。日本酒の製造の際、ある条件下では白濁を生じ製造に失敗する火落ちという現象が古くから知られていた。この現象は、製造時に用いられるコウジカビが生産したメバロン酸を^(カ)乳酸菌の一種が捕食し、旺盛に生育してしまうことで起こる。

一言でコウジカビと称しても、膨大な種類の近縁の微生物がこれまでに発見されており、それらが生産する化合物も様々である。人間に対して毒性を示す化合物を生産する種も存在し、その毒性化合物としては^(キ)シトリニン(図1)が代表的である。食品、もしくはサプリメントとして紅麹菌が用いられてきたが、赤色の色素であるアノカフラビン(図1)の他、モナコリンKと呼ばれるスタチンの一種を生産する一方で、紅麹菌の近縁種にはシトリニンを生産するものも存在するため、安全のためには極めて厳密に微生物を管理しなければならない。

(次の頁にも設問があります)

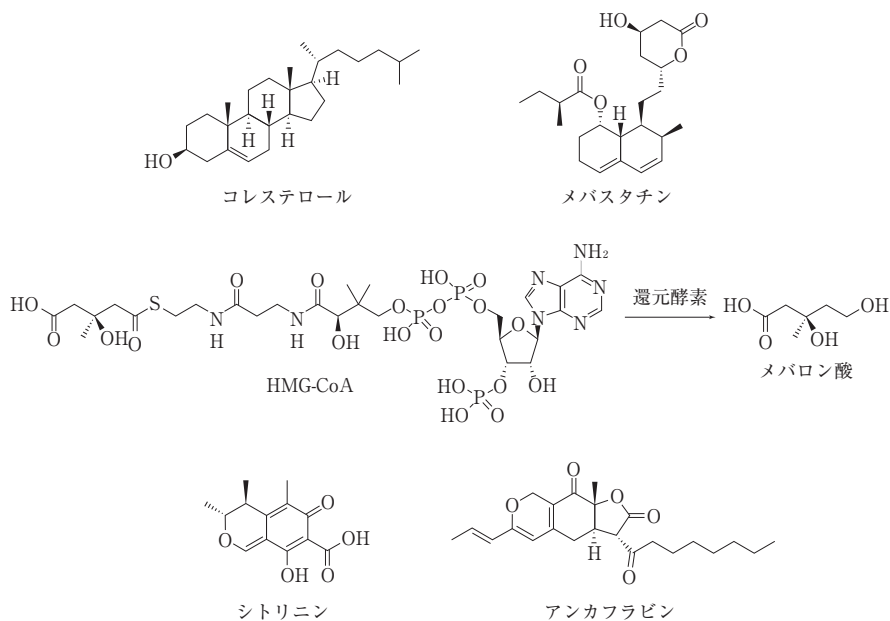


図 1

構造式中の線の折れ曲がりおよび線の先端に存在する C や、C に結合している H は省略している。

構造式中の太線は結合が紙面手前に、破線は結合が紙面奥側に向いていることを示す。

問 1 (ア) 脂質とは一般に、生物から単離される水に不溶な物質の総称であり、その中にはコレステロールのようなステロイドや、油脂が含まれる。油脂に関する正しい説明文の組み合わせとして、もっとも適当なものを次の ①～⑩のうちから一つ選べ。

28

- (a) 油脂は炭素数の多い脂肪酸とグリセリンのエステルである。
- (b) 油脂は炭素数の多い脂肪酸とグリセリンのエーテルである。
- (c) 油脂に含まれる脂肪酸には不飽和脂肪酸は含まれない。
- (d) アマニ油は空气中で酸化されて固化しやすいため油絵の具に用いられている。
- (e) 天然の油脂を構成する脂肪酸の炭素数は偶数のものが多い。

- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
- ⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
- ⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問2 (イ) メバスタチンに存在するヒドロキシ基が結合した炭素原子は不斉炭素原子である。それも含めてメバスタチンには不斉炭素原子がいくつあるか。もっとも適当なものを次の①～⑨のうちから一つ選べ。

29

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9

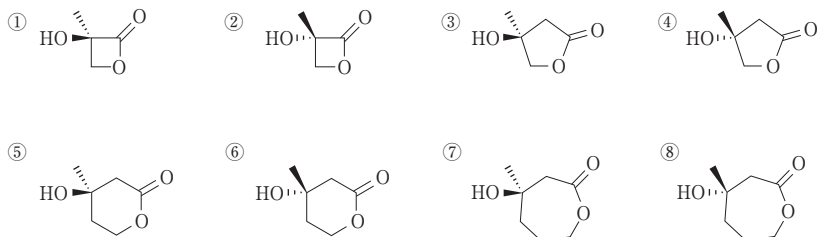
問3 (ウ) HMG-CoAと (キ) シトリニンには、次に示す官能基 (a)～(d) は構造中に存在するか。正しい組み合わせとしてもっとも適当なものを次の①～④のうちからそれぞれ一つ選べ。

- (a) エステル結合 30
(b) カルボキシ基 31
(c) エーテル結合 32
(d) アゾ基 33

- ① HMG-CoA のみに存在する ② シトリニンのみに存在する
③ 両方の化合物に存在する ④ 両方の化合物に存在しない

問4 (エ) メバロン酸は分子内でエステル結合を形成することができる。図1に示したメバロン酸から生成するエステルの構造として、正しいものを次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし生成したエステルの不斉炭素原子に結合した原子団の配置は反応の前後で変化しないものとする。

34



(次の頁にも設問があります)

問5 (オ) 酵素を構成するタンパク質の反応に関する説明文 (a)～(e) のうち、内容に誤りのあるものの組み合わせとして、もっとも適当なものを次の ①～⑩ のうちから一つ選べ。

35

- (a) ニンヒドリン反応ではアミド結合を検出できるので、全てのタンパク質はニンヒドリン反応を示す。
- (b) キサントプロテイン反応で黄色を呈色した場合は、チロシンが含まれている可能性がある。
- (c) キサントプロテイン反応で赤紫～青紫色を呈色した場合は、リシンが含まれている可能性がある。
- (d) タンパク質の水溶液に固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、硫酸銅 (II) 水溶液を加えると橙黄色沈殿を生じる。
- (e) タンパク質の水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、発生した気体に濃塩酸を近づけると塩化アンモニウムの白煙がみられる。
- ① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
- ⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
- ⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問6 (カ) 乳酸菌が生産する乳酸に関する正しい説明文はいくつあるか、もっとも適当なものを次の ①～⑤ のうちから一つ選べ。ただし全て誤っている場合は ⑤ を選べ。

36

- (a) 乳酸にナトリウム (単体) を加えると水素が発生する。
- (b) 乳酸には不斉炭素原子が存在するので、鏡像異性体が存在する。
- (c) 乳酸の水溶液は弱酸性を示す。
- (d) 乳酸2分子が脱水縮合したラクチドの開環重合により生分解性樹脂が得られる。
- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 0

問7 生物が生産する天然有機化合物に関する推察文として、もっとも適当なものを次の ①～⑧ のうちから一つ選べ。

37

- ① 天然有機化合物は多様な炭素骨格を持っていることからヒトの生体には影響を与えない。
- ② 微生物が生産する有機化合物はごく微量であるため安全性が高い。
- ③ 硫黄は特殊な性質を示すので天然有機化合物の中には硫黄原子を含むものはない。
- ④ 天然有機化合物の中には医薬品として用いることができる可能性を持つものが存在する。
- ⑤ 天然の色素は構造が単純なので安定である。
- ⑥ 天然の色素はベンゼン環を含んでいるため毒性が強い。
- ⑦ 全ての天然有機化合物は生体内でつくられるため水溶性である。
- ⑧ 天然有機化合物は酵素の作用によってつくられるため工業的規模で生産することは不可能である。

4D 化 学

3月3日

(解答番号 ～)

原子量および定数は、次の通りとする。また、同一の間中で解答に複数回同じ選択肢が必要なときには、同じ選択肢を何回選んでも良い。

H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 Mg = 24 Al = 27 S = 32

Cl = 36 K = 39 Ca = 40 Cu = 64 Zn = 65

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、

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

I 次の問1～問5に答えよ。

問1 ろ過に関する次の記述のうち、正しいものはいくつあるか。その個数としてもっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、正しいものがない場合には⑥を選べ。

- (a) ろ過に用いる円錐状に開いたろ紙は、四つ折りにしたろ紙をその頂角がおおむね $45^\circ \sim 60^\circ$ 程度になるように開いたものである。
- (b) ろ過に用いる円錐状に開いたろ紙の大きさは、用いる漏斗（ろうと）の大きさよりも一回り大きいことが望ましい。
- (c) 円錐状に開いたろ紙はろうとに密着させて使用する。
- (d) ひだ折りにしたろ紙を用いると、ろ過の時間を短縮することができる。
- (e) ろ過の速度を高めるためには吸引ろ過法も有効である。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 0

問2 ガスバーナーに関する次の記述のうち、正しいものはいくつあるか。その個数としてもっとも適当なものを次の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、正しいものがない場合には⑦を選べ。

2

- (a) ガスバーナー本体は、ガス管につながれる台座部分、ガス調整ネジおよび燃焼筒と一体になっている空気調整ネジから構成されている。
- (b) ガスバーナーへの点火時には、ガスと空気の混合比がおおよそ1：1であることが望ましい。
- (c) ガスバーナーへの点火の手順は「ガスバーナーのガス調整ネジを開く → ライター（あるいはマッチ）に着火 → この炎をガスバーナーに近づける」である。
- (d) 点火が完了後、空気量を調節して高さ5 cm 程度の炎とし、さらにガス量を調節して適正な火力にする。
- (e) 適正な状態の炎においては、その先端付近が黄色、根本付近が青色である。
- (f) 適正な状態の炎においては、内炎の方が外炎よりも高温である。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 0

問3 実験器具の使用に関する次の記述のうち、正しいものはいくつあるか。その個数としてもっとも適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、正しいものがない場合には⑥を選べ。

3

- (a) 体積を正確にはかりとる器具類に入れられた液体の液面は少し湾曲する。したがって、正確な計量のためには、やや斜め下方から目盛りを読むことが望ましい。
- (b) 正確な濃度の塩化ナトリウム水溶液を調製する際には、正確にはかりとった塩化ナトリウムをメスフラスコに入れ、ここに純水を添加して溶解させる。液面を標線にあわせた後、栓をしてよく混ぜる。
- (c) 駒込ビペットでの液体の出し入れは、ゴムキャップの操作によって行う。この操作は、通常、親指と人差し指で行われる。
- (d) ホールビペットやメスビペットで有害物質を吸い上げる際には、安全ピペットを使用することが望ましい。
- (e) 駒込ビペットのキャップや安全ピペットはゴム製であるので、これらの内部にまで液を吸い上げる際には、液の性質や状態に注意が必要である。

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 0

(次の頁にも設問があります)

問4 ある硫酸水溶液を正確に希釈したい。この時、[硫酸水溶液をはかりとる器具]、[その器具の状態（注：現状は、水道水での洗浄が終了し、濡れたままの状態）] および [希釈に使用する器具] について、もっとも適当なものをそれぞれの選択肢のうちから一つ選べ。

[硫酸水溶液をはかりとる器具の選択肢]

4

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

[その器具の状態（注：現状は、水道水での洗浄が終了し、濡れたままの状態）の選択肢]

5

- ① そのまま使用する。
② アルコールですすぎ、そのまま使用する。
③ 硫酸水溶液ですすぎ、そのまま使用する。
④ 硫酸水溶液ですすぎ、加熱乾燥してから使用する。

[希釈に使用する器具の選択肢]

6

- ① 三角フラスコ ② メスフラスコ ③ ビーカー ④ メスシリンダー
⑤ メートルガラス

問5 グルコースを原料として酵母菌によって発酵を行うと、「エタノール」と「ある気体」が生成する。この気体を捕集する手法として、不適当なものを次の①～③のうちから一つ選べ。

7

- ① 水上置換法 ② 上方置換法 ③ 下方置換法

II 次の文を読み、問1～問2に答えよ。

私たちが通常扱う気体（実在気体）は、 1.013×10^5 Pa、273 K の環境下で 1 mol の気体の体積を実際に測定すると、8にしたがって算出される体積とわずかにずれることが多い。一方、すべての温度、圧力で状態方程式が成り立つと仮定した気体を理想気体という。

実在気体の性質を考えるために、3種類の純粋な実在気体 A、B、C を物質量 n mol ずつ用意した。実在気体 A、B、C のそれぞれの性質は、実在気体 A は無色、無臭の気体ですべての気体の中で最も軽く、亜鉛に硫酸を加えると発生する。捕集して得られた実在気体 A は、酸化銅（II）と反応させると酸化銅（II）が還元されて銅になる。実在気体 B は空気より軽い無色・無臭の気体である。実験室では、酢酸ナトリウム（無水塩）と水酸化ナトリウムを加熱すると発生する。捕集して得られた実在気体 B を臭素水に吹き込んで光をあてると置換反応が起こり、臭素水の赤褐色が消える。実在気体 C は実験室では石灰石（主成分は炭酸カルシウム）に希塩酸を反応させると発生する。捕集して得られた実在気体 C は水に少し溶け、その水溶液は弱い酸性を示す。

これらの実在気体 A、B、C について、温度 T は 273 K で一定とし、圧力 P [Pa] を変化させながら、それぞれの体積 V [L] を測定し、気体定数 R として式(1)によりこれらの関係を表す変数 Z の値を算出した。

$$\text{式(1)}: Z = \frac{PV}{nRT}$$

さらに、実在気体 A、B、C のそれぞれについて、圧力を 0（ゼロ）とした仮想的状態を起点として、変数 Z の値を縦軸にとり、圧力 P を横軸としてプロットしたところ、図1が得られた。理想気体の変数 Z の値は、圧力の変化にかかわらず、常に9となると考えられる。しかし、圧力が 0（ゼロ）付近の低圧領域では、実在気体 B と C の Z の値は理想気体の値より小さい。これは、実在気体にかかる圧力をわずかに増加させると分子同士が10ため、11の影響が強く現れ、理想気体よりも12が13するからである。さらに、実在気体にかかる圧力を増加させていくと、やがて Z の値が増加する傾向を示した。これは、実在気体にかかる圧力の増加にともない、気体の密度が14なり、個々の分子自体がもつ12の影響が現れ、実在気体の12が同じ条件における理想気体の12よりも13しにくくなるからである。実在気体 A の Z の値は、9から減少することなく増加するのみであった。これは、実在気体 A は分子量が小さな15であり、11の影響がかなり16、273 K のとき分子自身の12の影響だけが現れるからであると考えられる。

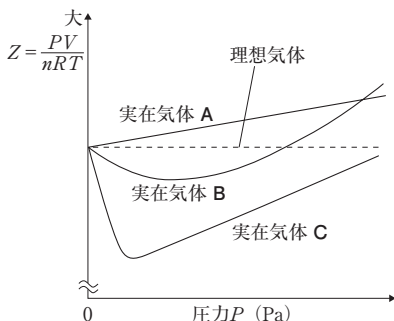


図1 圧力変化に伴う理想気体からのずれ

問1 文中の 8 ～ 16 にあてはまるものとして、もっとも適当なものをそれぞれの選択肢のうちから一つ選べ。

[8 の選択肢]

- ① 質量保存の法則 ② 倍数比例の法則 ③ アボガドロの法則 ④ 気体反応の法則

[9 の選択肢]

- ① 1.0×10^{-2} ② 1.0×10^{-1} ③ 1.0×10^0 ④ 1.0×10^1 ⑤ 1.0×10^2

[10 、 12 の選択肢]

- ① 接近する ② 離れる ③ 反発する ④ 解離する ⑤ 結合する
⑥ 体積 ⑦ 質量 ⑧ 電気陰性度 ⑨ イオン半径 ⑩ 荷電子の数

[11 、 15 の選択肢]

- ① 極性分子 ② 無極性分子 ③ 単原子分子 ④ 多原子分子 ⑤ 分子間力
⑥ 共有結合 ⑦ 配位結合 ⑧ 電気陰性度 ⑨ 共有電子対 ⑩ 荷電子の数

[13 、 14 、 16 の選択肢]

- ① 大きく ② 小さく ③ 強く ④ 平衡に ⑤ 増加 ⑥ 減少

問2 実在気体 A、B、C の分子量はそれぞれおよそいくつか。もっとも適当なものを次の ①～⑩ のうちから一つ選べ。

実在気体 A の分子量： 17

実在気体 B の分子量： 18

実在気体 C の分子量： 19

[17 ～ 19 の選択肢]

- ① 1 ② 2 ③ 16 ④ 17 ⑤ 28
⑥ 30 ⑦ 32 ⑧ 37 ⑨ 44 ⑩ 72

Ⅲ 次の問1～問4に答えよ。

問1 次の(a)～(d)の反応や特徴にあてはまるイオンとして、もっとも適当なものを次の①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。

(a) チオシアン酸カリウム水溶液を加えると、血赤色溶液になる。: 20

(b) ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液を加えると、濃青色沈殿(紺青)が生成する。: 21

(c) 希塩酸を加えると白色沈殿が生じ、この沈殿は光にあたると分解して黒～紫色を帯びる。: 22

(d) 硝酸銀水溶液を加えると、暗赤色の沈殿が生じる。: 23

① Ag^+ ② Cu^{2+} ③ Fe^{2+} ④ Fe^{3+} ⑤ Cl^- ⑥ CrO_4^{2-}

問2 次の(a)～(c)は、合金の成分や特徴を説明した文である。それぞれにあてはまる合金としてもっとも適当なものを、次の①～⑩からそれぞれ一つ選べ。

(a) 主な成分はCu-Snであり、鑄造性に富む。: 24

(b) 融点が適度に低く、主な成分はSn-Ag-Cuである。: 25

(c) 強じんで錆びにくく、主な成分はCu-Znである。: 26

① マグネシウム合金 ② ジュラルミン ③ 無鉛はんだ ④ 低融点合金
⑤ ステンレス鋼 ⑥ インバー ⑦ 青銅 ⑧ 黄銅
⑨ ニクロム ⑩ 形状記憶合金

問3 次の(a)～(d)は、カルシウムを含む化合物に関する説明文である。内容の正誤の組み合わせとしてもっとも適当なものを、次の①～⑩のうちから一つ選べ。

27

(a) 水酸化カルシウムは漆喰や乾燥剤に用いられる。

(b) 塩化カルシウムの結晶は、カルシウムイオンと塩化物イオンが共有結合することで形成される。

(c) 酸化カルシウムは水と反応すると酸性を示す化合物を生成する。

(d) 炭酸水素カルシウムを含む水溶液から二酸化炭素が放出され、再び炭酸カルシウムが析出したものが鍾乳石である。

① (a): 正、(b): 正、(c): 正、(d): 正	② (a): 誤、(b): 正、(c): 正、(d): 正
③ (a): 正、(b): 誤、(c): 正、(d): 正	④ (a): 正、(b): 正、(c): 誤、(d): 正
⑤ (a): 正、(b): 正、(c): 正、(d): 誤	⑥ (a): 誤、(b): 誤、(c): 正、(d): 正
⑦ (a): 正、(b): 誤、(c): 誤、(d): 正	⑧ (a): 正、(b): 正、(c): 誤、(d): 誤
⑨ (a): 誤、(b): 誤、(c): 誤、(d): 正	⑩ (a): 誤、(b): 誤、(c): 誤、(d): 誤

(次の頁にも設問があります)

問4 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生する。20.0 g の炭酸カルシウムを完全に反応させるためには2.00 mol/L の塩酸を少なくとも何 mL 加える必要があるか。また、この時に発生する二酸化炭素はおよそ何 g か。もっとも適当なものをそれぞれの選択肢より一つ選べ。

[塩酸の液量の選択肢：

- ① 10 mL ② 13 mL ③ 20 mL ④ 25 mL ⑤ 50 mL
⑥ 100 mL ⑦ 125 mL ⑧ 200 mL ⑨ 250 mL

[二酸化炭素の質量の選択肢：

- ① 2.2 g ② 4.4 g ③ 8.8 g ④ 11 g ⑤ 18 g

Ⅳ ペプチドに関する次の文を読み、問1～問5に答えよ。

複数のアミノ酸が脱水縮合によってつながった構造のものをペプチドと呼ぶ。ペプチドは数個から数十のアミノ酸が縮合したものの総称であるが、特にアミノ酸2分子が縮合して生じたものを〔 a 〕ペプチド、アミノ酸3分子が縮合して生じたものを〔 b 〕ペプチドという。生物はホルモン作用、神経伝達作用、抗菌作用などさまざまな働きをするペプチドを体の中で合成しており、5分子のアミノ酸からつくられるエンケファリンは脳において鎮痛作用を示す。エンケファリンがどのようなアミノ酸から作られているのかを調べるために以下の実験を行った。

＜実験＞

1. エンケファリンを完全に加水分解したところ、4種類のアミノ酸 A、B、C、D からできていることがわかった。
2. アミノ酸 A、B、C、D を水酸化ナトリウムとともに加熱分解したのち、酢酸鉛（Ⅱ）水溶液を加えたところ、アミノ酸 B のみ黒色沈殿を生じた。
3. アミノ酸 A、B、C、D に (ア) 塩化鉄（Ⅲ）を加えたところ、アミノ酸 A のみ紫色に呈色した。
4. 芳香族アミノ酸の -COOH 側のペプチド結合を特異的に切断する (イ) 酵素で加水分解したところ、アミノ酸 A、B およびペプチド X が得られた。
5. 0.1 mol のペプチド X を加水分解したところ 0.2 mol のアミノ酸 C と 0.1 mol のアミノ酸 D が得られた。
6. アミノ酸 C は不斉炭素原子を持たなかった。
7. アミノ酸 D をジアゾ化したのち酸性水溶液中で加熱し加水分解するとフェニル乳酸（図1）が得られた。

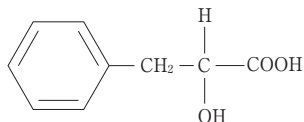


図1 フェニル乳酸の構造

問1 文中の〔 a 〕と〔 b 〕にあてはまる語句の組み合わせとして、もっとも適当なものを次の

①～④のうちから一つ選べ。

30

- | | | | | | |
|---|----------|----------|---|----------|----------|
| ① | 〔 a 〕:モノ | 〔 b 〕:ジ | ② | 〔 a 〕:モノ | 〔 b 〕:トリ |
| ③ | 〔 a 〕:ジ | 〔 b 〕:トリ | ④ | 〔 a 〕:ジ | 〔 b 〕:モノ |

（次の頁にも設問があります）

問2 次の (a)～(e) のうち、下線部 (ア) のように塩化鉄 (Ⅲ) を加えて青紫～赤紫に呈色する化合物はいくつあるか。その個数としてもっとも適当なものを次の ①～⑥ のうちから一つ選べ。ただし、すべて呈色しない場合は ⑥ を選べ。

31

- (a) サリチル酸 (b) 安息香酸 (c) ベンジルアルコール
(d) アセチルサリチル酸 (e) エタノール

① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 0

問3 下線部 (イ) の酵素の性質に関する次の説明文のうち、誤っている説明文の組み合わせとしてもっとも適当なものを次の ①～⑩ のうちから一つ選べ。

32

- (a) 酵素反応が最も盛んになるときのpHを最適pHと呼ぶが、ヒトの酵素の最適pHはすべて中性付近である。
(b) 酵素濃度が一定の条件下では、基質の濃度を増加させると反応速度は直線的に増加する。
(c) 酵素は特定の基質にしか作用しない。
(d) 多くの酵素は特定の反応を触媒するが、活性化エネルギーを下げることはない。
(e) 多くの酵素は最適温度より高温にすることにより失活する。

① (a)、(b)、(c) ② (a)、(b)、(d) ③ (a)、(b)、(e) ④ (a)、(c)、(d)
⑤ (a)、(c)、(e) ⑥ (a)、(d)、(e) ⑦ (b)、(c)、(d) ⑧ (b)、(c)、(e)
⑨ (b)、(d)、(e) ⑩ (c)、(d)、(e)

問4 アミノ酸 A、B、C、D として、もっとも適当なものを次の ①～⑩ のうちからそれぞれ一つ選べ。

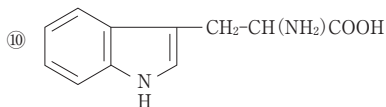
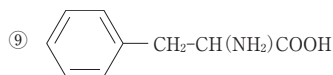
アミノ酸 A : 33

アミノ酸 B : 34

アミノ酸 C : 35

アミノ酸 D : 36

- ① $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ② $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
③ $\text{HO-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ④ $(\text{CH}_3)_2\text{CH-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
⑤ $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ⑥ $\text{CH}_3\text{-S-CH}_2\text{CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
⑦ $\text{H}_2\text{N-CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ⑧ HO-  $\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$



問5 エンケファリンのアミノ酸の配列順序をアミノ酸 A、B、C、D で示したとき、もっとも適当なものを次の ①～⑨ のうちから一つ選べ。ただし、N 末端のアミノ酸を左側に C 末端のアミノ酸を右側に示すものとする。

37

- ① アミノ酸 B-アミノ酸 A-アミノ酸 D-アミノ酸 C-アミノ酸 C
- ② アミノ酸 A-アミノ酸 D-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 B
- ③ アミノ酸 B-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 D-アミノ酸 A
- ④ アミノ酸 A-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 D-アミノ酸 B
- ⑤ アミノ酸 B-アミノ酸 D-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 A
- ⑥ アミノ酸 A-アミノ酸 B-アミノ酸 D-アミノ酸 C-アミノ酸 C
- ⑦ アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 D-アミノ酸 B-アミノ酸 A
- ⑧ アミノ酸 B-アミノ酸 A-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 D
- ⑨ アミノ酸 D-アミノ酸 C-アミノ酸 C-アミノ酸 A-アミノ酸 B