

1【解答】

問1 1-② 2-③ 3-⑥ 4-⑤

問2 5・6-①・④

問3 7-①

問4 8-⑦

問5 9-⑥ 10-6 11-①

1【解説】

問1

■原則

(1)・原子（イオン化していない）に含まれる電子の数は**原子番号**（陽子の数）と同じです。

- ・陽イオンの場合、イオンの価数だけ電子が減っています。
- ・陰イオンの場合、イオンの価数だけ電子が増えています。
- ・原子番号は周期表の番号です。周期表は次の語呂合わせで覚えることができます。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca

水兵 リーベ 僕の 船 七曲がり シップス クラークか。

(2)・共有結合の成り立ちは、電子式（最外殻電子を点で表した式）を用いて表されます。

- ・最外殻電子のうち、実際に反応に関与するものを**価電子**といいます。2個の価電子は安定に対をつくることができます。対になっている価電子を**電子対**、対になっていない価電子を**不對電子**といいます。
- ・不安定な不對電子が他の原子の不對電子と共有して対になろうとするときに共有結合がつくられません。
- ・共有結合に関与しない電子対を**非共有電子対**といいます。

(3)・共有結合している各原子が共有電子対を引き付ける強さを**電気陰性度**といいます。

- ・電気陰性度の違いにより、異なる原子間の共有結合に生じる電荷の偏りを**極性**といいます。
- ・分子全体として極性をもつ分子を**極性分子**といいます。
- ・原子間の極性が互いに打ち消されて分子全体では極性をもたない分子を**無極性分子**といいます。
- ・対称な構造をもつ分子は無極性分子となります。

(4)・原子番号（陽子の数）が同じで、**質量数**（陽子の数+中性子の数）が異なる原子を**同位体**といいます。

- ・質量数は元素記号の左上に表記します。

(1) Ca^{2+} だけが18個で、その他は10個です。

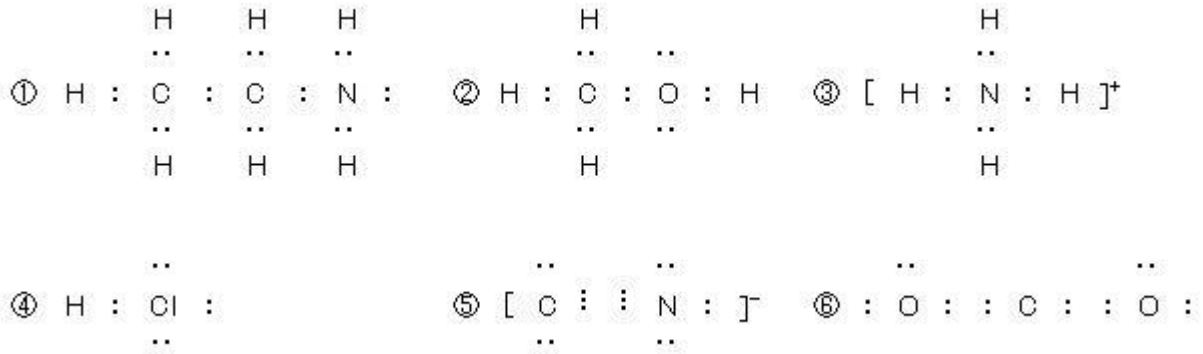
Na^+ 原子番号=11, イオンの価数=1(陽イオン) 電子の数=11-1=10

Ca^{2+} 原子番号=20, イオンの価数=2(陽イオン) 電子の数=20-2=18

Mg^{2+} 原子番号=12, イオンの価数=2(陽イオン) 電子の数=12-2=10

O^{2-} 原子番号=8, イオンの価数=2(陰イオン) 電子の数=12+2=10
 Ne 原子番号=10 電子の数=10

(2) それぞれの電子式を書くと NH_4^+ だけが非共有電子対を持ちません。



(3) CO_2 は、炭素原子と酸素原子の間には極性があるが、形が直線形なので、極性が打ち消されて分子全体として無極性分子となります。

NH_3 三角錐の各頂点に窒素原子と3つの水素原子がある非対称構造。極性分子。

H_2O $H-O-H$ の並びが直線ではなく折れ曲っているので非対称。極性分子。

酸素原子に着目すると2つの共有電子対と2つの非共有電子対をもっています。

4つの原子対が酸素原子を中心に正四面体を構成するような位置に並ぶ形になっていません。水素原子があるのは2つの共有電子対の先なので、実際の分子構造は折れ線になります。

HCl H と Cl で電気陰性度が異なるので、極性分子です。

H_2S H_2O と同様の理由で極性分子です。

CH_3OH 炭素原子に3つの水素原子と OH 基が結合しています。非対称な構造なので、極性分子です。

CH_3COOH 炭素原子に3つの水素原子と $COOH$ 基が結合しています。

非対称な構造なので、極性分子です。

(4) Mg の原子番号は12なので、陽子数は12個です。(質量数)=(陽子数)+(中性子数)なので、中性子数は

$$(中性子数) = (質量数) - (陽子数) = 26 - 12 = 14 \text{ 個}$$

となります。

問2

■原則

・有機化学で(炭素の)多重結合が解けて、別の原子団と新たに単結合する反応を付加反応といいます。

- ① エチレンに水を付加させるとエタノールが生じます。
- ② この反応はスルホン化で、ベンゼンスルホン酸を生じます。
- ③ この反応は置換反応で、クロロメタンを生じます。
- ④ ベンゼンに水素を付加させるとシクロヘキサンを生じます。
- ⑤ この反応は酸化反応で、安息香酸を生じます。
- ⑥メラニン樹脂をつくるときの縮合反応です。

問 3

■原則

- $\text{FeSO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$

試薬の水溶液	Fe^{2+} (緑黄色)	Fe^{3+} (黄褐色)
OH^-	$\text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ (青白色)	$\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ (褐色)
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$		$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ の濃青色沈殿
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ の濃青色沈殿	
KSCN	×	血赤色の錯イオン

ア. 正文です。 Fe^{2+} は緑黄色、 Fe^{3+} は黄褐色です。

イ. 正文です。 Fe^{2+} に $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ を加えると、 $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ の濃青色沈殿が生じ、 Fe^{3+} に $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ を加えると、褐色になります。

ウ. 正文です。 Fe^{3+} に $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ を加えると、 $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ の濃青色沈殿が生じ、 Fe^{2+} に $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ を加えると、青白色沈殿を生じます。

エ. 正文です。 Fe^{2+} をアルカリ性にするると $\text{Fe}(\text{OH})_2$ の緑白色沈殿を生じ、 Fe^{3+} をアルカリ性にするると $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の赤褐色沈殿を生じます。

オ. 正文です。 KSCN と血赤色の錯イオンを生じるのは、 Fe^{3+} です。

問 4

■原則

〈肥料の三大要素〉

- 窒素---タンパク質などを構成する成分です。
- リン---主に花や実の生育に関係します。核酸や ATP の成分です。
- カリウム---根の発育と水分調整に関係します。炭水化物やタンパク質合成に関与します。

⑦誤文。複合肥料とは、窒素、リン、カリウムのうち2成分以上含んでいる肥料を総称していいです。

問5

■原則

アルケン 鎖式不飽和炭化水素（二重結合1個）

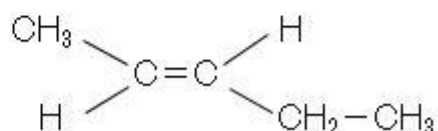
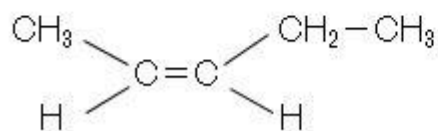
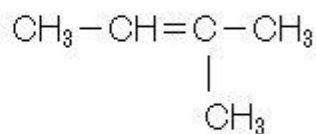
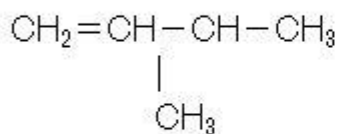
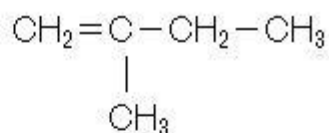
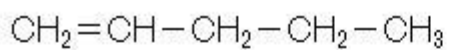
立体構造 C=C とそれに結合する4つの原子まで（計6個）が同一平面上にあります。

性質

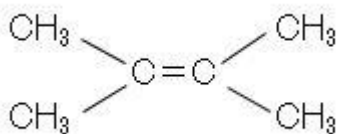
①C=Cのうち1本の結合は弱いため、付加反応しやすい状態になっています。

②臭素 Br₂（赤褐色）が付加すると脱色されます。

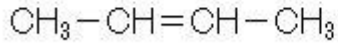
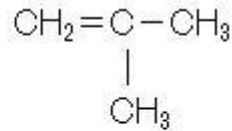
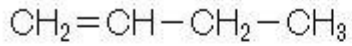
(a) C₅H₁₀のアルケンの異性体をすべて書くと、



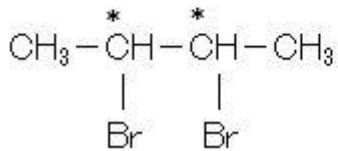
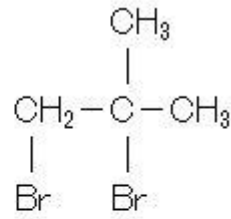
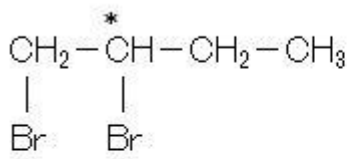
(b) C=Cに結合した次の原子までは同一平面上にあるので、炭素原子数が最大になる形は



(c) C₄H₈のアルケンの異性体をすべて書くと、



これらの異性体に臭素が付加した化合物を書き、不斉炭素原子に*をつける



2【解答】

問1 12-④ 13-⑤ 14-① 15-③ 16-⑧

問2 17-④ 18-⑤ 19-②

2【解説】

問1

■原則

物質質量 粒子の個数を基準にして表した物質の量。単位は mol

1 モル当たりの粒子の個数は 6.20×10^{23} 個 (アボガドロ数)

モル濃度[mol/L] 溶液[L]中の溶質の物質質量[mol]

$$\text{モル濃度[mol/L]} = \frac{\text{溶質の物質質量[mol]}}{\text{溶液の体積[L]}}$$

中和反応の量的関係

酸が出す H^+ の物質質量[mol] = 塩基が出す OH^- の物質質量[mol]

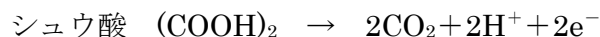
水のイオン積

水溶液中の H^+ のモル濃度と OH^- のモル濃度の積は一定

pH の定義

水溶液中の H^+ のモル濃度を $[\text{H}^+]$ とすると、
 $\text{pH} = \log_{10}([\text{H}^+])$

水酸化ナトリウムとシュウ酸を半反応式で表すと次のようになります。



水酸化ナトリウム水溶液の濃度を $[x \text{ mol/L}]$ とおくと、中和の量的関係より

水酸化ナトリウムが出す OH^- の物質質量 $[\text{mol}] = \text{シュウ酸が出す } \text{H}^+ \text{ の物質質量} [\text{mol}]$

水酸化ナトリウムの物質質量 $[\text{mol}] \times 1 = \text{シュウ酸の物質質量} \times 2 [\text{mol}]$

水酸化ナトリウム水溶液の (モル濃度 \times 体積) $\times 1 = \text{シュウ酸の (モル濃度} \times \text{体積)} \times 2$

$$x \times \frac{40}{1000} \times 1 = 0.10 \times \frac{48}{1000} \times 2 \quad \therefore x = 0.240 [\text{mol/L}]$$

この水酸化ナトリウム水溶液 75.0 mL を薄めて 0.150 mol/L にするとき、0.150 mol/L の体積を $V [\text{mol/L}]$ とおくと

$$0.240 \times \frac{75.0}{1000} = 0.150 \times \frac{V}{1000} \quad \therefore V = 120 [\text{mL}]$$

よって、必要な蒸留水の体積は

$$120 - 75.0 = 45.0 [\text{mL}]$$

混合する前の水酸化ナトリウムと酢酸の物質量は

$$\text{NaOH: } 0.150 \times \frac{20.0}{1000} = 3.00 \times 10^{-3} [\text{mol}]$$

$$\text{CH}_3\text{COOH: } 0.900 \times \frac{20.0}{1000} = 18.0 \times 10^{-3} [\text{mol}]$$



反応前 18.0×10^{-3} 3.00×10^{-3} 0 [mol]

反応量 3.00×10^{-3} 3.00×10^{-3} 3.00×10^{-3} [mol]

反応後 15.0×10^{-3} 0 3.00×10^{-3} [mol]

酢酸のモル濃度を C_a [mol/L] , 酢酸イオンのモル濃度を C_s [mol/L] , 電離定数を K_a とおく。

$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} \times K_a$ なので

$$[\text{H}^+] = \frac{15.0 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{40}}{3.00 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{40}} \times 3.00 \times 10^{-5} = 15 \times 10^{-5} [\text{mol/L}]$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(15 \times 10^{-5}) = -\log_{10}(15) - \log_{10}(10^{-5}) = -(\log_{10} 3 + \log_{10} 5) + 5 = 3.824 \approx 3.8$$

問 2

■原則

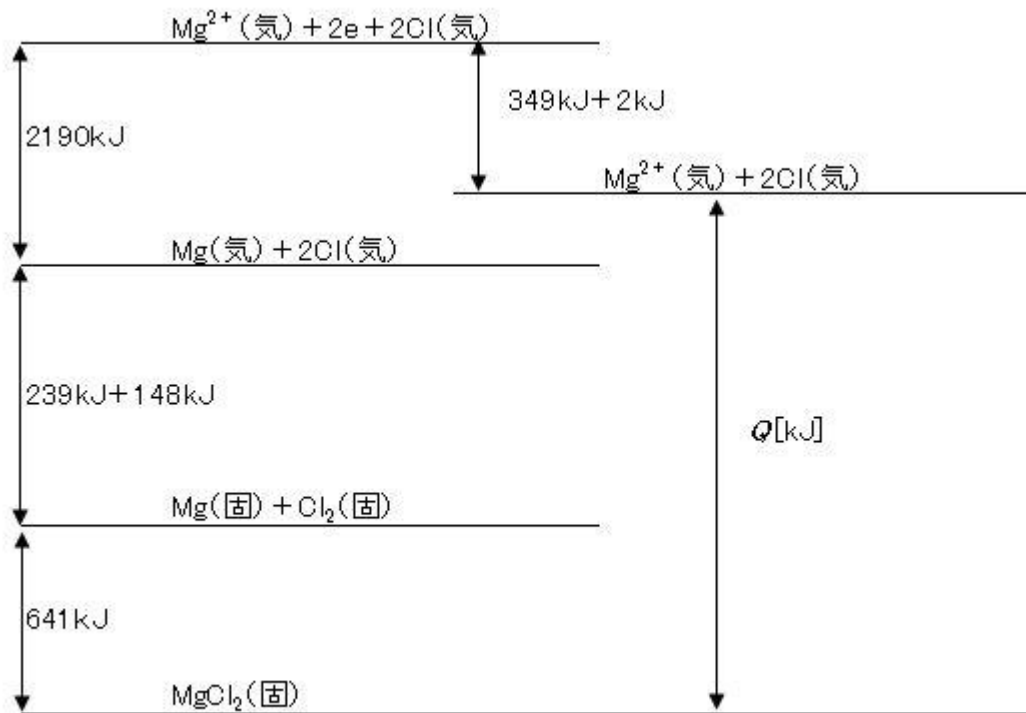
反応熱 化学反応によって放出または吸収される熱量

熱化学方程式 化学反応式に反応熱も加えて等号で結んだエネルギーに関する等式

ヘスの法則

反応熱の総和は、反応前後の物質の種類と状態のみで決まり、変化の経路にはよらない

(a)から(f)の式をエネルギーレベル図に表すと



この図より反応熱 Q [kJ/mol] を求めると

$$641 + 239 + 148 + 2190 = 349 \times 2 + Q$$

$$\therefore Q = 2520 = 2.52 \times 10^3 \text{ [kJ/mol]}$$

3【解答】

問1 20-③ 21-⑥ 22-① 23-⑦ 24-②

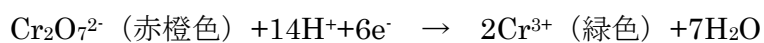
問2 27-②

3【解説】

問1

■原則

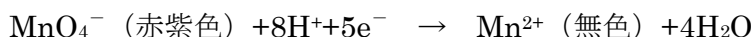
二クロム酸イオンの還元



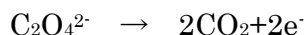
ヨウ素溶液

ヨウ素は水には溶けないが、ヨウ化カリウム溶液には溶け、褐色の溶液となる。

過マンガン酸イオンの還元（酸性条件下）



シュウ酸イオンの酸化



二酸化硫黄の酸化



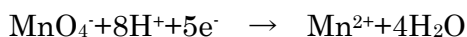
〔反応 1〕の色の変化（赤橙色から緑色）より、A か B のどちらかが、二クロム酸カリウム水溶液。また、 O_2 が発生しているので、どちらかが過酸化水素水溶液である。



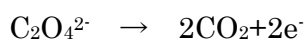
〔反応 2〕の色の変化（無色から褐色）より、ヨウ化物イオンがヨウ素になり三ヨウ化物イオンを生じたとわかるので、C がヨウ化カリウム水溶液。



〔反応 3〕，〔反応 4〕の色の変化（赤紫色から無色）より、D が過マンガン酸カリウム水溶液で、B が過酸化水素水溶液となる。よって、A が二クロム酸カリウム水溶液である。



〔反応 4〕より、 CO_2 が発生しているので、E がシュウ酸水溶液。



〔反応 6〕，〔反応 7〕ともに G を使って濁ったので、G は硫化水素水溶液であり、濁ったのは生じた S のためである。よって、F は二酸化硫黄水溶液となる。



問 2

■原則

過酸化水素は通常は酸化剤として働きますが、相手が二クロム酸カリウムと過マンガン酸カリウムの時には、還元剤となります。また、二酸化硫黄は通常還元剤として働きますが相手が硫化水素の時には酸化剤となります。

このことより、〔反応 1〕では二クロム酸カリウムが酸化剤で過酸化水素が還元剤。〔反応 2〕では過酸化水素が酸化剤でヨウ化カリウムが還元剤。〔反応 3〕では過マンガン酸カリウムが酸化剤で過酸化水素が還元剤。〔反応 6〕では、二酸化硫黄が酸化剤で、硫化水素が還元剤となります。

4【解答】

問1 28-⑦

問2 29-① 30-② 31-① 32-⑥ 33-③

問3 34-⑥

問4 35-① 36-⑧ 37-⑩

問5 38-①

問6 39-⑤

4【解説】

問1・問2.

■原則

定比例の法則 化合物中の元素の質量比は常に一定。

炭素の質量は $79.2 \times \frac{12.0}{44.0} = 21.6$ [mg]

水素の質量は $21.6 \times \frac{2.0}{18.0} = 2.4$ [mg]

酸素の質量は $31.2 - 21.6 - 2.4 = 7.2$ [mg]

したがって、それぞれの原子の物質量の比は

$$\text{C:H:O} = \frac{21.6}{12.0} : \frac{2.4}{1.0} : \frac{7.2}{16.0} = 1.8 : 2.4 : 0.45 = 12 : 16 : 3$$

よって、組成式は $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_3$

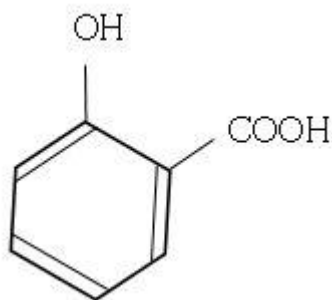
化合物Aの分子量が208、分子式は、組成式のn倍なので

$$(\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_3)_n = 208$$

$$208n = 208 \quad \therefore n = 1$$

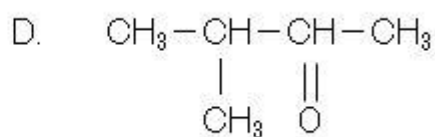
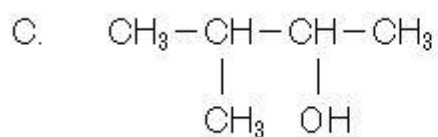
以上より、分子式は $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_3$

水酸化ナトリウム水溶液で加水分解しているのが、化合物はエステル。加水分解で生じたBは、炭酸水素ナトリウム水溶液を混合すると二酸化炭素を発生しているのがカルボン酸。また、Bは塩化鉄(Ⅲ)水溶液で呈色しているのが、フェノール性ヒドロキシ基ももつ。これらのことより、Bは、サリチル酸と同じ構造をもっている。



サリチル酸

Cは枝分かれ構造をもち、酸化すると還元性をもたないケトンDが生成しているため、第二級アルコールである。よって、C、Dは



となる。水層に溶けるのは、塩になっている化合物である。また、水層とエーテル層ならば、エーテル層の方が上層になるが、水層とクロロホルム層ならば、水層の方が上層になる。

①～⑤ 誤文。反応溶液では、Bは塩になっており、水層に溶けているが、酸性にすると、クロロホルム層やエーテル層に移る。Cは初めからクロロホルム層やエーテル層に溶けているので、①～⑤の抽出方法では分離できない。

⑥ 誤文。反応溶液ではBは水層に溶けている。

⑧ 誤文。反応溶液ではCはクロロホルム層に溶けている。クロロホルムは下層である。

⑨ 誤文。反応溶液ではBは水層に溶けており、水層は下層である。

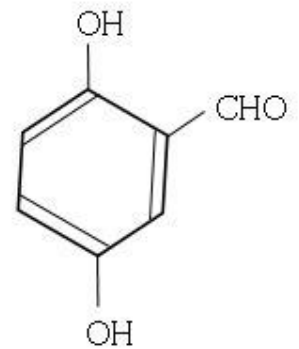
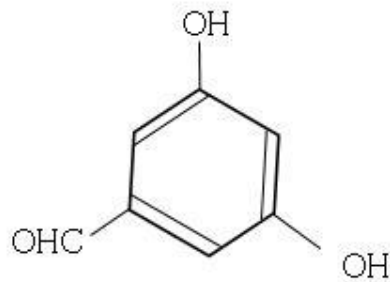
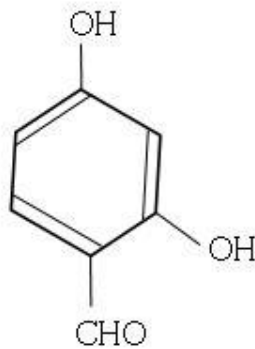
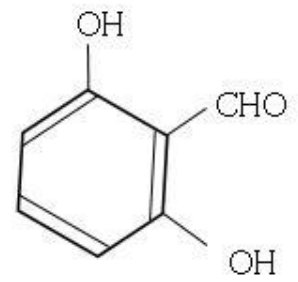
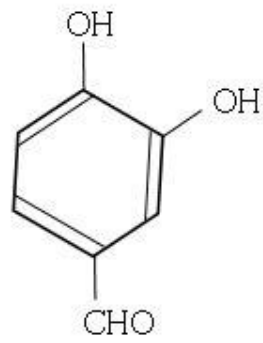
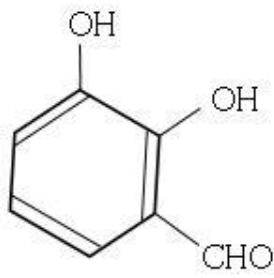
⑩ 誤文。Cはエーテルに溶けており、エーテル層は上層である。

問3.

■原則

異性体 同じ数、同じ種類の原子をもっているが違う構造をしている物質のこと。組成式は同じ。

6個の異性体は以下の通りです。



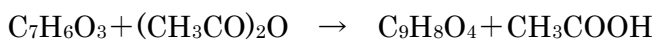
問 4.

■原則

アセチル化

アセチル化は酢酸や無水酢酸を使って
アセチル基 $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ を付加する反応です。

B の分子式は、 $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ である。これをアセチル化すると



$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4 = 180$

問 5.

■原則

アルコールの分類

第二級アルコール：OH 基をもつ C 原子に結合している C 原子の数が 2 つ

枝分かれした第二級アルコールは C だけです。

問 6.

■原則

ヨードホルム反応

メチルケトン RCOCH_3 は、ヨードホルム反応を示し、酸化されます。



CHI_3 の黄色沈殿が生じます。

5【解答】

問 1 40-⑤ 41-⑥

問 2 42-⑥

問 3 43-④ 44-① 45-⑥ 46-④

問 4 47-⑧ 48-② 49-① 50-⑧

5【解説】

問 1.

■原則

凝固点降下

凝固点降下度 Δt は溶質の物質量（溶液の質量モル濃度）に比例します。

$$\Delta t = km$$

k : モル凝固点降下 [$\text{K} \cdot \text{kg}/\text{mol}$]

m : 質量モル濃度 [mol/kg]

脂肪酸 A, B の分子量をそれぞれ M_A , M_B とおくと、

脂肪酸 A の物質量は 1 モル当たり $M_A[\text{g}]$ であるので、3.99g では $\frac{3.99}{M_A} [\text{mol}]$ となります。

溶液の質量が 50.00g なので溶液 1g 当たりでは $\frac{3.99}{M_A} \times \frac{1}{50.0} [\text{mol}/\text{g}]$

溶液 1kg 当たりのモル濃度は $\frac{3.99}{M_A} \times \frac{1000}{50.0} [\text{mol}/\text{kg}]$ となります。

同様に脂肪酸 B のモル濃度は $\frac{3.98}{M_B} \times \frac{1000}{50.0} [\text{mol}/\text{kg}]$ となります。

問題用紙に記載されている ベンゼンのモル凝固点降下 $K_f=5.12[\text{K} \cdot \text{kg}/\text{mol}]$ を使用すると、凝固点降下の公式より

$$1.44 = 5.12 \times \frac{3.99}{M_A} \times \frac{1000}{50.0} \quad \therefore M_A = 283.7 \approx 284$$

$$1.34 = 5.12 \times \frac{3.98}{M_B} \times \frac{1000}{50.0} \quad \therefore M_B = 304.1 \approx 304$$

問 2.

■原則

ヨウ素デンプン反応による色の変化は非常に鋭敏で、終点を明確に判断できます。

ヨウ素デンプン反応を用いた指示薬です。ヨウ素が存在するうちは青色を呈していますが、チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定して、ヨウ素がなくなると無色になります。

問 3.

■原則

定比例の法則 化合物中の元素の質量比は常に一定です。

脂肪酸 B を用いた滴定実験に使ったチオ硫酸ナトリウム水溶液の体積と、対照実験に使ったチオ硫酸ナトリウム水溶液の体積との差が、脂肪酸 B の炭素間二重結合と反応したと考えられる。反応式よりチオ硫酸ナトリウムの物質量は、脂肪酸の物質量の 2 倍である。脂肪酸 B の炭素間二重結合の数を n 個とすると

$$\frac{0.115}{304} \times n \times 2 = 0.200 \times \frac{23.01 - 7.88}{1000} \quad n = 3.99 \approx 4 \text{ 個}$$

よって、付加するヨウ素の質量は

$$4.00 \times 102 \times 254 = 40.64 \approx 40.6 \text{ [g]}$$

問 4.

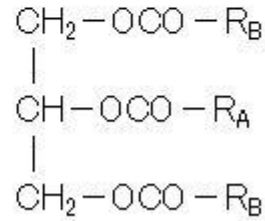
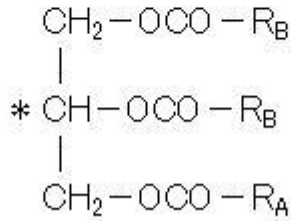
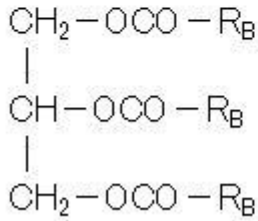
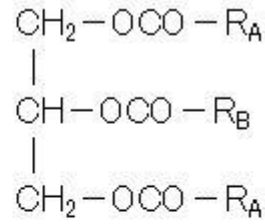
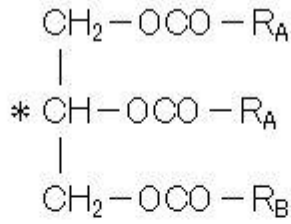
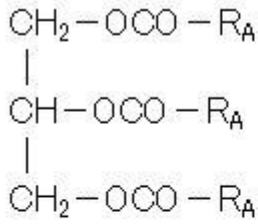
■原則

光学異性体

沸点・融点などの物理的・化学的性質は同じだが、光学的性質が異なる異性体。

存在条件 不斉炭素原子 C^* (4 本の価標に結合する原子団がすべて異なる)をもつ。

脂肪酸 A を R_A-COOH , 脂肪酸 B を R_B-COOH とすると、考えられるトリグリセリドは以下の 6 種類で、そのうち不斉炭素原子をもつものが 2 種類ある (不斉炭素原子に*をつけてある)。



よって、理論上8種類のトリグリセリドが存在し、光学異性体どうしの関係にあるのは2対です。また2番目に大きな分子量をもつトリグリセリドは



|



|



であり、二重結合は $4 \times 2 = 8$ 個です。

6【解答】

51-③ 52-⑦ 53-⑧ 54-⑩ 55-⑨ 56-①

6【解説】

■原則

金属の結晶構造

体心立方格子

立方体の中心と頂点に原子が配置された構造

単位格子中の原子数：2 配位数：8

原子半径 r と格子定数 a の関係 $r = \frac{\sqrt{3}}{4} a$

面心立方格子

立方体の各面の中心と頂点に原子が配置された構造

単位格子中の原子数：4 配位数：12

原子半径 r と格子定数 a の関係 $r = \frac{\sqrt{2}}{4} a$

51・52. (密度) = $\frac{\text{(質量)}}{\text{(体積)}}$ より, この金属の密度は, $\frac{W}{V}$ [g/cm³] である。

また, この金属は体心立方格子を取るので, 単位格子の密度は

$$\frac{\frac{A}{N_A} \times 2}{a^3} = \frac{2A}{a^3 N_A}$$

となります。よって

$$\frac{2A}{a^3 N_A} = \frac{W}{V} \quad \therefore A = \frac{a^3 W N_A}{2V}$$

53. 体心立方格子は, 立方体の中心にある原子が頂点の 8 個の原子と接しています。

54~56. この金属の原子半径を r とおくと, 体心立方格子の 1 辺が a なので $4r = \sqrt{3}a$ です。

また, 面心立方格子の 1 辺を b [cm] とおくと $4r = \sqrt{2}b$ です。よって

$$\sqrt{3}a = \sqrt{2}b \quad \therefore A = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}a = \frac{\sqrt{6}}{2}a$$

体心立方格子は原子 2 個当たりの体積が a^3 ,

面心立方格子は原子 4 個当たりの体積が $\left(\frac{\sqrt{6}}{2}a\right)^3$ です。よって

$$\left(\frac{\sqrt{6}}{2}a\right)^3 \div 2a^3 = \frac{3\sqrt{6}}{8} = 0.914 \approx 0.91$$