

化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙の記入には、必ず**HBの黒鉛筆**または**シャープペンシル(HB, 0.5 mm 芯以上)**を用いること。
4. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしないこと。
5. 合図があったら**解答用紙に受験番号**を記入し、マーク欄に**マーク**すること。また、**氏名とふりがな**を記入すること。
6. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を**マーク例**に従ってぬりつぶしなさい。一度記入したマークを消す場合は、消しゴムできれいに消しなさい。×をつけても消したことはない。例えば a にマークするとき、 $\overset{a}{\bullet}\overset{b}{\circ}\overset{c}{\circ}$ のようにマークする。
7. 解答がマーク式でないものについては、指定の場所に解答を記入すること。
8. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、**携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は必ず電源を切り、鞆の中にしまいなさい。**
11. 不正行為には厳正に対処する。不正行為を行った場合は、その時点で受験を停止とする。
12. 試験終了後、この問題冊子を持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
	

1 問1～問8に答えなさい。

問1 記述 a～e のうち、下線部の語が元素ではなく単体の意味で使われているものを1つ選びなさい。

- a 牛乳にはカルシウムが含まれる。
- b 塩酸を電気分解すると、水素と塩素が得られる。
- c 塩化ナトリウムは、塩素とナトリウムからなる。
- d 地殻中には、酸素に次いでケイ素が多量に存在する。
- e リンの同素体には、赤リンと黄リンがある。

問2 原子 a～e のうち、電子数と中性子数が等しいものを1つ選びなさい。

- a ${}^3\text{H}$
- b ${}^{18}\text{O}$
- c ${}^{20}\text{Ne}$
- d ${}^{34}\text{S}$
- e ${}^{40}\text{Ar}$

問3 次の a～e のうち、物質量が最も大きいものを1つ選びなさい。ただし、原子量は C = 12, O = 16, Cl = 35.5, Cu = 64 とし、 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (標準状態)における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。

- a 100 g の銅 Cu
- b 100 g の塩素 Cl_2
- c 100 g の二酸化炭素 CO_2
- d 標準状態で 30.0 L の酸素 O_2
- e 標準状態で 45.0 L のアルゴン Ar

問4 イオン結晶に関する記述 a～e のうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a 一般に分子結晶よりも融点が高い。
- b 融解すると電気を通す。
- c 延性・展性を示す。
- d 昇華しやすい。
- e 自由電子が結晶中を自由に移動している。

問5 水溶液の組合せ a～e のうち、いずれの水溶液も酸性を示すものを1つ選びなさい。

- a CuSO_4 水溶液 と NaHSO_4 水溶液
- b KNO_3 水溶液 と CaCl_2 水溶液
- c NaCl 水溶液 と Na_2CO_3 水溶液
- d Na_2SO_4 水溶液 と NH_4Cl 水溶液
- e $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水溶液 と NaHCO_3 水溶液

問6 アンモニアに関する記述 a～e のうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 常温・常圧で無色、刺激臭の気体である。
- b 水によく溶け、水溶液は弱い塩基性を示す。
- c 乾燥には十酸化四リンが用いられる。
- d 極性分子である。
- e 濃塩酸をつけたガラス棒を近づけると白煙を生じる。

問7 アルミニウムとその化合物に関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

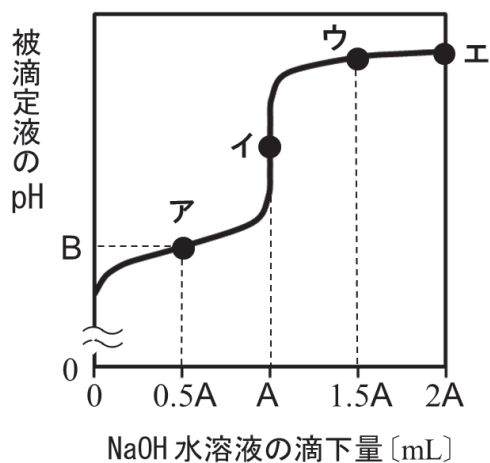
- a アルミニウムの単体は、濃硝酸と反応し水素を発生して溶ける。
- b アルミニウムの単体は、塩化アルミニウム水溶液の電気分解で得られる。
- c アルミニウムの単体は、空気中では表面に酸化アルミニウムの被膜を生じ、酸化が内部まで進行しにくい。
- d 酸化アルミニウムは、塩酸に溶けるが水酸化ナトリウム水溶液には溶けない。
- e 水酸化アルミニウムは、アンモニア水に溶けて錯イオンを生じる。

問8 金属イオン a～eのうち、それぞれを含む水溶液に、少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿を生じるが、さらに過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿が溶けるものを1つ選びなさい。

- a Ag^+
- b Cu^{2+}
- c Fe^{2+}
- d Fe^{3+}
- e Zn^{2+}

2 問1～問3に答えなさい。

問1 質量パーセント濃度が12.0%の酢酸 CH_3COOH 水溶液(密度 1.00 g/cm^3) 25.0 mL に水を加えてよく混ぜて、全量 500 mL の希釈水溶液をつくった。次に、この希釈水溶液 20.0 mL をコニカルビーカーに入れて、ビュレットから $5.00 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を滴下しながらコニカルビーカー中の水溶液(被滴定液)のpHを測定し、図の滴定曲線を作成した。(1)～(4)に答えなさい。ただし、原子量は $\text{H}=1.0$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ とする。また、酢酸の電離定数 K_a は $2.00 \times 10^{-5}\text{ mol/L}$, $\log_{10}2 = 0.30$ とする。



図

(1) pH指示薬を用いて図の中和点イの判定を行う場合、指示薬として最も適切な化合物はどれか。a～eから1つ選びなさい。

- | | | | | | |
|---|------------|---|------------|---|------|
| a | プロモチモールブルー | b | メチルオレンジ | c | デンプン |
| d | フェノールフタレイン | e | 過マンガン酸カリウム | | |

(2) 図の A の数値[mL]として最も近いものを a～f から選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 10.0 | b 20.0 | c 40.0 |
| d 60.0 | e 80.0 | f 100 |

(3) 図の B の数値として最も近いものを a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a 4.3 | b 4.7 | c 5.3 |
| d 8.7 | e 9.3 | f 9.7 |

(4) 図の滴定曲線上の点ア～エのうち、被滴定液が緩衝液となっているのはどれか。
正しいものを a～f から 1 つ選びなさい。

- | | | |
|-----|-------|-------|
| a ア | b イ | c ウ |
| d エ | e アとウ | f ウとエ |

問2 塩化銀は水に難溶性の塩であり、飽和水溶液中では①式で示した平衡状態にある。このとき温度が一定であれば、この飽和水溶液中の銀イオンと塩化物イオンのモル濃度[mol/L]の積(溶解度積： K_{sp})は一定であり、②式で表される。



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \quad \cdots\text{②}$$

(1) ~ (3) に答えなさい。ただし、 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2$ とする。

(1) $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液 30 mL に、 $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液 30 mL を加えてよく混ぜたところ、沈殿が生じ、水溶液の体積は 60 mL になった。この水溶液中の銀イオンのモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | 1.0×10^{-6} | b | 1.5×10^{-6} | c | 1.0×10^{-5} |
| d | 1.5×10^{-5} | e | 1.0×10^{-4} | f | 1.5×10^{-4} |

(2) $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液 30 mL に、 $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液 15 mL を加えてよく混ぜたところ、沈殿が生じ、水溶液の体積は 45 mL になった。この水溶液中の塩化物イオンのモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | 1.0×10^{-5} | b | 1.5×10^{-5} | c | 2.0×10^{-5} |
| d | 1.0×10^{-4} | e | 1.5×10^{-4} | f | 2.0×10^{-4} |

(3) (2) で沈殿が生じた後の水溶液中の銀イオンのモル濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | 1.0×10^{-9} | b | 1.0×10^{-8} | c | 1.0×10^{-7} |
| d | 1.0×10^{-6} | e | 1.0×10^{-5} | f | 1.0×10^{-4} |

問3 白金電極を用いて, 下記の水溶液A～Eの電気分解をそれぞれ行った。(1)と(2)に答えなさい。

A : H_2SO_4 水溶液

B : NaOH 水溶液

C : CuSO_4 水溶液

D : AgNO_3 水溶液

E : KI 水溶液

(1) 陰極で水素 H_2 が発生した水溶液は何種類あるか。a～eから選びなさい。

a 1 b 2 c 3 d 4 e 5

(2) 陽極で酸素 O_2 が発生した水溶液は何種類あるか。a～eから選びなさい。

a 1 b 2 c 3 d 4 e 5

3 混合気体X～Zに関する問1～問3に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

問1 混合気体Xは、メタン CH_4 、一酸化炭素 CO 、酸素 O_2 からなる混合気体である。温度 T [K]、圧力 P [Pa]のもとで1.00 Lの体積を占めるXを密閉容器に封入後、点火し、Xに含まれていた CH_4 と CO を完全燃焼した後、乾燥剤を用いて生成した水を完全に除いたところ、得られた気体の体積は、温度 T [K]、圧力 P [Pa]のもとで0.52 Lであった。次に、この気体をソーダ石灰に通して二酸化炭素 CO_2 を完全に吸収させたところ、気体の体積は温度 T [K]、圧力 P [Pa]のもとで0.16 Lとなった。燃焼前の CH_4 、 CO 、 O_2 の体積は温度 T [K]、圧力 P [Pa]のもとでそれぞれ何Lか。

最も近い数値をa～fから1つずつ選びなさい。

a 0.12

b 0.16

c 0.20

d 0.24

e 0.48

f 0.64

- 問2 混合気体Yは、窒素 N_2 と水素 H_2 からなる混合気体であり、含有する N_2 と H_2 の物質量の比は1:3である。Yを触媒とともに密閉容器に封入し、温度を T [K]に保ったところ、①式で表される可逆反応が進行して平衡状態となった。



平衡状態になったとき、容器内の気体の全物質量は50 molであり、生成したアンモニア NH_3 の体積百分率は60%であった。(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 平衡状態になったとき、容器内に存在する N_2 と H_2 の物質量は合わせて何molか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

a 10	b 15	c 20
d 25	e 30	f 35

- (2) ①式の可逆反応が始まる前、容器内に含まれていた N_2 と H_2 の物質量は合わせて何molか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

a 30	b 40	c 50
d 60	e 70	f 80

問3 混合気体Zは、窒素 N_2 と二酸化炭素 CO_2 からなる混合気体である。(1)と(2)に答えなさい。ただし、原子量は $\text{C} = 12$, $\text{N} = 14$, $\text{O} = 16$ とし、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

(1) 容積2.00 Lの密閉容器に2.32 gのZを封入し、 27°C に保ったところ、容器内の気体の全圧は $7.50 \times 10^4 \text{ Pa}$ となった。i)とii)に答えなさい。

i) 2.32 gのZには、 N_2 と CO_2 が合わせて何mol含まれているか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | 2.0×10^{-3} | b | 4.0×10^{-3} | c | 6.0×10^{-3} |
| d | 2.0×10^{-2} | e | 4.0×10^{-2} | f | 6.0×10^{-2} |

ii) 2.32 gのZに含まれる N_2 は何molか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | 1.0×10^{-3} | b | 2.0×10^{-3} | c | 4.0×10^{-3} |
| d | 1.0×10^{-2} | e | 2.0×10^{-2} | f | 4.0×10^{-2} |

(2) 容積 2.00 L の密閉容器に、0.50 L の水と $\boxed{\text{ア}}$ g の Z を封入し、27℃ に保って振り混ぜたところ、Z に含まれる CO_2 の一部が水に溶解し、十分な時間の後、容器内の CO_2 の分圧は 2.00×10^5 Pa となった。i) と ii) に答えなさい。ただし、27℃、 1.00×10^5 Pa では、 CO_2 は水 1 L に対して 0.030 mol 溶解し、 CO_2 の水への溶解はヘンリーの法則に従うものとする。また、水の蒸気圧、水の体積変化、水に溶解する N_2 の物質量は無視できるものとする。

i) 容器内に気体として存在する CO_2 は何 mol か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| a 0.110 | b 0.120 | c 0.130 |
| d 0.140 | e 0.150 | f 0.160 |

ii) $\boxed{\text{ア}}$ にあてはまる数値として最も近いものを a ~ f から選びなさい。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 2.24 | b 4.41 | c 6.96 |
| d 8.70 | e 11.0 | f 12.2 |

4 問1～問6に答えなさい。

問1 分子式が C_7H_8O でベンゼン環をもつ化合物は何種類あるか。a～fから選びなさい。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| a 2 | b 3 | c 4 |
| d 5 | e 6 | f 7 |

問2 エタンと1-ブテンの混合気体2.04 gに臭素を完全に付加させたところ、2.40 gの臭素が付加した。混合気体中のエタンは何gか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $Br = 80$ とする。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| a 0.36 | b 0.45 | c 0.84 |
| d 1.20 | e 1.59 | f 1.68 |

問3 次の文の空欄 **ア** ~ **エ** にあてはまる化合物の組合せ a ~ f のうち、正しいものを選びなさい。

らせん状に巻いた銅線を加熱し、空气中で少し冷却して黒色の **ア** に変化させた後、熱いうちにメタノール蒸気に触れさせると、刺激臭をもつ **イ** が生成する。フェーリング液に **イ** の水溶液を加えて加熱すると、赤色の **ウ** が沈殿する。この際、**イ** は酸化されて **エ** の塩（陰イオン）となり、水溶液中に溶けている。

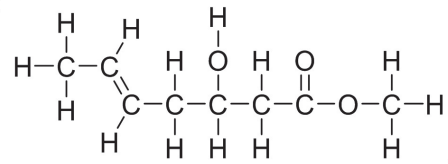
	ア	イ	ウ	エ
a	酸化銅(Ⅰ)	アセトアルデヒド	酸化銅(Ⅱ)	酢酸
b	酸化銅(Ⅰ)	ホルムアルデヒド	酸化銅(Ⅱ)	ギ酸
c	酸化銅(Ⅰ)	アセトアルデヒド	酸化銅(Ⅱ)	ギ酸
d	酸化銅(Ⅱ)	ホルムアルデヒド	酸化銅(Ⅰ)	酢酸
e	酸化銅(Ⅱ)	アセトアルデヒド	酸化銅(Ⅰ)	酢酸
f	酸化銅(Ⅱ)	ホルムアルデヒド	酸化銅(Ⅰ)	ギ酸

問4 次の a ~ f のうち、付加反応が進行するものを1つ選びなさい。

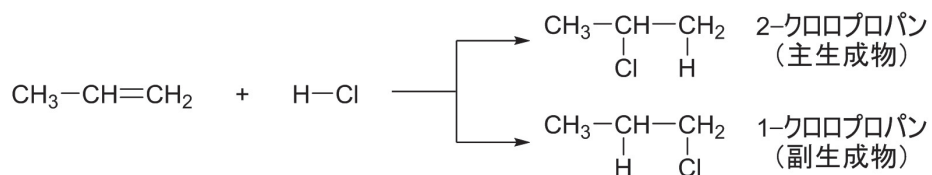
- a ベンゼンに鉄粉を触媒として塩素を作用させる。
- b トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させる。
- c ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱する。
- d メタンに紫外線を照射しながら塩素を作用させる。
- e エタノールと濃硫酸の混合物を 160 ~ 170 °C で加熱する。
- f ベンゼンに紫外線を照射しながら塩素を作用させる。

問5 分子式 $C_9H_{14}O_4$ で表される化合物 A を完全に加水分解すると、B、C および D が生成した。B の分子式は $C_4H_8O_4$ であり、1 mol の B に対して、触媒存在下、水素を反応させると、1 mol の水素が付加した。B を 160 °C で加熱すると、分子内脱水反応が起こり、五員環構造をもつ E が生成した。C、D はいずれもヨードホルム反応を示した。D を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、F が得られた。F は工業的にクメン法によって合成されている。B ~ D の構造式を書きなさい。ただし、構造式は例にならってすべての原子および価標（共有結合を表す線）を略さず書きなさい。

例：



問6 分子構造が対称でないアルケンにH-X型 (H-Cl, H-OH など) の分子が付加する場合, アルケンの二重結合を形成する炭素原子のうち, Hは水素原子の多い炭素原子に結合し, Xは水素原子の少ない炭素原子に結合した生成物が主生成物として得られる。この経験則は, **マルコフニコフ則**と呼ばれ, 多くのアルケンへの付加反応によくあてはまる。例えば, プロペンにH-Clが付加する場合, 2-クロロプロパンが主生成物として得られる。



アルケンAは炭素と水素のみからなり, 二重結合を1つもつ。Aに臭化水素を付加させたところ, **マルコフニコフ則**に従った主生成物Bが得られた。Bの分子量はAの分子量の2.45倍であった。また, Bは不斉炭素原子をもたない。(1)と(2)に答えなさい。ただし, 原子量はH = 1.0, C = 12, Br = 80とする。

(1) Aの分子式として適切なものをa~fから選びなさい。

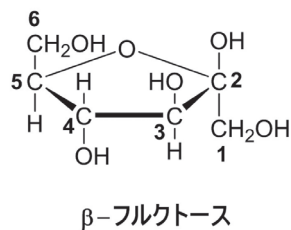
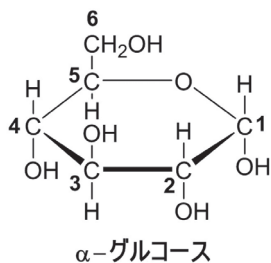
- | | | | | | |
|---|---------------------------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| a | C_3H_6 | b | C_4H_8 | c | C_5H_{10} |
| d | C_6H_{12} | e | C_7H_{14} | f | C_8H_{16} |

(2) Bの構造式を書きなさい。ただし, 構造式は問5にならってすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さず書きなさい。

5 問1～問3に答えなさい。

問1 次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

分子式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ で表される二糖 A, B, C がある。A は α -グルコースの1位の炭素原子に結合した $-OH$ と、 α -グルコースの4位の炭素原子に結合した $-OH$ の間で脱水縮合したものである。B は α -グルコースの1位の炭素原子に結合した $-OH$ と、 β -フルクトースの2位の炭素原子に結合した $-OH$ の間で脱水縮合したものである。C は、2分子の α -グルコースが1位の炭素原子に結合した $-OH$ どうしで脱水縮合したものである。



(1) A～Cの水溶液の還元性に関する記述について正しいものを a～h から1つ選びなさい。

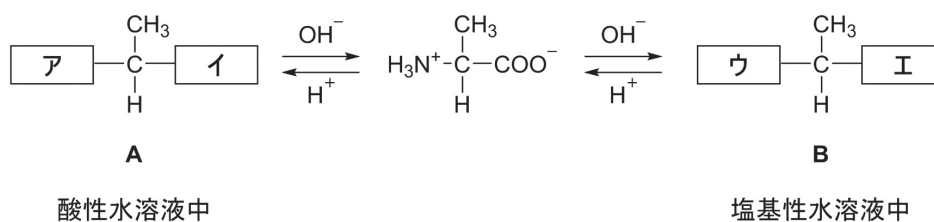
- | | |
|---------------|-----------------|
| a Aのみが還元性を示す。 | b Bのみが還元性を示す。 |
| c Cのみが還元性を示す。 | d AとBが還元性を示す。 |
| e AとCが還元性を示す。 | f BとCが還元性を示す。 |
| g すべて還元性を示す。 | h いずれも還元性を示さない。 |

- (2) 85.5 g の A を酵素反応によりグルコースに完全に加水分解した。得られたグルコースを完全にアルコール発酵させたとすると、エタノールは何 g 生成するか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、原子量は H=1.0, C=12, O=16 とする。また、グルコースを酵母によりアルコール発酵させると、次式に示すようにエタノールと二酸化炭素を生成する。



- a 11.5 b 23.0 c 34.5
d 46.0 e 57.5 f 69.0

- 問2 アミノ酸であるアラニンは、水溶液中で図のような電離平衡の状態にあり、水溶液の pH によって異なったイオンの形となる。酸性水溶液中で A の構造が多く存在し、塩基性水溶液中で B の構造が多く存在する。



構造式中の $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{イ}}$ を占める部分として、適切な組合せを a ~ f から選びなさい。

	ア	イ	ウ	エ
a	H ₂ N-	-COOH	H ₂ N-	-COO ⁻
b	H ₂ N-	-COOH	H ₃ N ⁺ -	-COOH
c	H ₂ N-	-COO ⁻	H ₂ N-	-COOH
d	H ₂ N-	-COO ⁻	H ₃ N ⁺ -	-COOH
e	H ₃ N ⁺ -	-COOH	H ₂ N-	-COOH
f	H ₃ N ⁺ -	-COOH	H ₂ N-	-COO ⁻

- 問3 油脂A～Eは、パルミチン酸、リノール酸、オレイン酸の3種類の脂肪酸から構成されている。A～Eの構成脂肪酸のモル百分率[%]を表に示す。(1)と(2)に答えなさい。

表

	構成脂肪酸のモル百分率[%]*		
	パルミチン酸 $C_{15}H_{31}COOH$	リノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$	オレイン酸 $C_{17}H_{33}COOH$
油脂A	6	78	16
油脂B	16	40	44
油脂C	45	15	40
油脂D	13	9	78
油脂E	23	57	20

*油脂を構成する脂肪酸の総物質質量[mol]に対する各脂肪酸の物質質量[mol]の割合

- (1) けん化価の最も大きい油脂をa～eから選びなさい。

a 油脂A b 油脂B c 油脂C
d 油脂D e 油脂E

- (2) ヨウ素価の最も大きい油脂をa～eから選びなさい。

a 油脂A b 油脂B c 油脂C
d 油脂D e 油脂E

