

略解

① 問1 b 問2 e 問3 c 問4 e 問5 d 問6 c

問7 b 問8 a 問9 a 問10 b 問11 b 問12 e

問13 a 問14 d 問15 b 問16 d 問17 c 問18 a

問19 b 問20 c 問21 d 問22 b 問23 e

問24 ア:a イ:i ウ:c エ:c

問25 c 問26 b 問27 a

② 問28 d 問29 b 問30 ア:c イ:d ウ:c

問31 ア:b イ:j ウ:b 問32 b 問33 d

問34 ア:c イ:c ウ:c エ:b

問35 ア:d イ:a ウ:g

③ 問36 d 問37 a 問38 f 問39 e 問40 a

問41 c 問42 b 問43 d 問44 f 問45 e

1

原則 1. 電子殻と最大収容電子数 → 問 1 に利用

原子内では原子核の周囲を原子番号と同じ数の電子が回っている。ただし、これらの電子は、最大収容電子数の異なる電子殻に分れて回っている。この電子殻の名称は、原子核に近い順に、K 殻、L 殻、M 殻、N 殻、等と呼ばれる。なお、最大収容電子数は、M 殻が 2 個、L 殻が 8 個、M 殻が 18 個、N 殻が 32 個、等と決まっており、一般に、 n 番目の電子殻の最大収容電子数は、 $2n^2$ 個である。また、電子の各電子殻への配列の仕方を電子配置と呼び、最も外側の電子殻に配置された電子のことを最外殻電子または価電子と呼ぶ。なお、この最外殻電子（価電子）と原子核の距離が短いほど、結合エネルギーは大きくなる。

原則 2. 主な糖類 → 問 5・問 6 に利用

主な糖類を下表に示す。

分類	名称	分子式	構成する単糖
単糖類	グルコース	$C_6H_{12}O_6$	—
	フルクトース		
	ガラクトース		
二糖類	スクロース	$C_{12}H_{22}O_{11}$	グルコース+フルクトース
	マルトース		グルコース+グルコース
	ラクトース		グルコース+ガラクトース
多糖類	デンプン	$(C_6H_{10}O_5)_n$	α -グルコース
	セルロース		β -グルコース
	グリコーゲン		α -グルコース

原則 3. ファンデルワールス力と水素結合 → 問 7・問 9 に利用

ともに分子間に生じる力（分子間力）であるが、ファンデルワールス力があらゆる分子間にはたらくのに対し、水素結合は一部の極性分子（主にフッ素、酸素、窒素の水素化合物）間にはたらく。ちなみに、水素結合の強さは、共有結合の $1/10 \sim 1/20$ 程度と小さいが、ファンデルワールス力と比較すると 10 倍程度強い。

原則 4. ヘンリーの法則 → 問 11 に利用

一定温度で、一定量の溶媒に溶ける気体の物質質量・質量は、その気体の圧力（分圧）に比例する。これをヘンリーの法則と言う。ヘンリーの法則は、溶解度が小さい気体でよく成立する。例えば、 H_2 、 O_2 、 N_2 のように溶解度が小さく、水と反応しない気体で、ヘンリーの法則はよく成立する。

原則 5. 凝固点降下 → 問 12 に利用

溶媒に対する溶質の割合が小さい希薄な溶液を冷却していくと、溶液中の溶媒だけが先に凝固し始める温度（凝固点）に達するが、この凝固点は純溶媒の凝固点よりも低い。この現象を凝固点降下と言ひ、溶液と純溶媒の凝固点の差を凝固点降下度と言う。この凝固点降下度は、次式のように溶液の質量モル濃度に比例する。

$$\text{凝固点降下度 } [K] = (k_f [K \cdot \text{kg/mol}]) \times (\text{質量モル濃度 } [\text{mol/kg}])$$

ここで、 k_f は溶媒に固有の定数でモル凝固点降下と呼ばれる。

原則 6. 電離定数と水素イオン指数 → 問 15 に利用

一般に、弱酸性水溶液中のある物質のモル濃度 $[A]$ とその陰イオンのモル濃度 $[A^-]$ および水素イオン (H^+) のモル濃度 $[H^+]$ の 3 つが平衡状態にあるとき、 $K_a = \frac{[A^-][H^+]}{[A]}$ が定義

できる。この定数 K_a を酸の電離定数と言う。また、 $\frac{[A^-]}{[A]}$ を電離度と言う。同様に、弱塩

基性水溶液中のある物質のモル濃度 $[A]$ とその陽イオンのモル濃度 $[A^+]$ および水酸化物イオン (OH^-) のモル濃度 $[OH^-]$ の 3 つが平衡状態にあるとき、 $K_b = \frac{[A^+][OH^-]}{[A]}$ が定義で

きる。この定数 K_b を塩基の電離定数と言う。また、 $\frac{[A^+]}{[A]}$ を電離度と言う。

また、水溶液の水素イオン濃度 $[H^+]$ の大きさを表すとき、次式で定義される水素イオン指数 pH (ペーハー) がしばしば用いられる。

$$pH = -\log_{10}[H^+] = \log_{10} \frac{1}{[H^+]} \quad \text{または} \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

例えば、 $[H^+] = 10^{-7}$ は $pH = 7$ 、 $[H^+] = 10^0$ は $pH = 0$ 、 $[H^+] = 10^{-14}$ は $pH = 14$ となる。また、 $pH = 7$ 、 $pH < 7$ 、 $pH > 7$ の各水溶液は、それぞれ中性、酸性、塩基性を示す。なお、純粋な水では $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} [\text{mol/L}]^2$ という式が成り立つので、次式のように、水素イオン指数 pH は水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ から計算できる。

$$pH = 14 - pOH = 14 + \log_{10}[OH^-]$$

例えば、 $[OH^-] = 10^{-7}$ は $pH = 7$ 、 $[OH^-] = 10^{-14}$ は $pH = 0$ 、 $[OH^-] = 10^0$ は $pH = 14$ となる。

原則 7. 物質質量とモル質量・モル濃度 → 問 17・問 23・問 24 に利用

物質を構成している粒子（原子、分子、イオン等）の個数をもとに表現した物質の数量を、物質質量と呼ぶ。物質質量は、次式で表される。

$$\text{物質量 [mol]} = \frac{\text{粒子の個数}}{\text{アボガドロ定数}} = \frac{\text{粒子の個数}}{6.02 \times 10^{23} \text{ [/mol]}}$$

また、同一種類の粒子 1 mol あたりの質量のことをモル質量と呼ぶ。原子（分子、イオン）のモル質量は、原子量（分子量、式量）に単位 g/mol をつけたものである。例えば、CO₂ の分子量は 44 であるから、CO₂ のモル質量は 44 g/mol となる。また、次式のように、物質の質量をモル質量で割ったものは物質量となる。

$$\text{物質量 [mol]} = \frac{\text{物質の質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}}$$

例えば、CO₂ 88 g の物質量は、CO₂ のモル質量が 44 g/mol であるから、 $\frac{88 \text{ [g]}}{44 \text{ [g/mol]}} =$

2 [mol] と計算できる。

質量だけでなく、濃度（＝溶液中に存在する溶質の割合）についてもモルを使って表すことがあり、次式のように溶液 1 L 当りの溶質の物質量で表した濃度をモル濃度と言う。

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

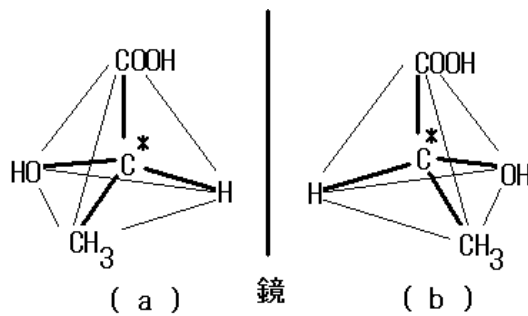
例えば、NaCl 0.01 mol を溶かした 2 L の水溶液のモル濃度は、 $\frac{0.01 \text{ [mol]}}{2 \text{ [L]}} = 0.005 \text{ [mol/L]}$

と計算できる。なお、次式のように溶媒 1kg 当りの溶質の物質量で表した濃度のことを質量モル濃度と言う。

$$\text{質量モル濃度 [mol/kg]} = \frac{\text{溶質の物質量 [mol]}}{\text{溶媒の質量 [kg]}}$$

原則 8. 不斉炭素原子 → 問 19 に利用

4 種の異なる原子または原子団と結合している炭素原子のことを、不斉炭素原子と言う。不斉炭素原子は、他の炭素原子と区別するため、構造式中では C* のように記述される。一般に不斉炭素原子をもつ化合物は正四面体構造をしているため、互いに鏡映対称の 2 種の異性体が存在する。例えば、乳酸の分子は、下図のように 2 種の異性体が存在する。



C* : 不斉炭素原子

(図は http://www.geocities.jp/don_guri131/image8/kougakuseitai.gif より引用)

原則 9. 有機化合物の官能基 → 問 20・問 26・問 27 に利用

化合物の特性を示す原子団 (または原子) を官能基と呼ぶ。構造式が似ている 2 つの化合物の間でも、ただ一つの官能基が異なるだけで、特性が大きく異なる場合も多い。そこで、有機化合物において比較的頻繁に現れる官能基を、一覧として下表に示す。

官能基	同族体の名称	有機化合物の例
ヒドロキシ基 (-OH)	アルコール (※ 1、※ 2)	エタノール
	フェノール類	フェノール
カルボキシ基 (-CO - OH)	カルボン酸 (※ 2、※ 3)	ギ酸、酢酸
アミノ基 (-NH ₂)	アミン (※ 3)	アニリン
アルデヒド基 (-CO - H)	アルデヒド	ホルムアルデヒド
ケトン基 (-CO -)	ケトン	アセトン
ニトロ基 (-NO ₂)	ニトロ化合物	ニトロベンゼン
スルホ基 (-SO ₂ - OH)	スルホン酸	ベンゼンスルホン酸
シアノ基 (-CN)	ニトリル	アセトニトリル
チオール基 (-SH)	-	システイン
エーテル結合 (-O -) (※ 1)	エーテル (※ 1)	ジメチルエーテル
エステル結合 (-CO - O -) (※ 2)	エステル (※ 2)	酢酸メチル
アミド結合 (-CO - NH -) (※ 3)	アミド (※ 3)	アセトアニリド
ジスルフィド結合 (-S - S -)	-	シスチン

(※ 1) アルコールどうしが縮合すると、エーテル結合を含むエーテルが生成される。

(※ 2) カルボン酸とアルコールが縮合すると、エステル結合を含むエステルが生成される。なお、カルボン酸に限らず、オキシ酸 (硝酸、硫酸、等) とアルコールの縮合で生じた化合物も、-CO - O - 結合を含まないがエステルと言う。また、カルボン酸どうしが縮合すると、酸無水物ができる。

(※ 3) カルボン酸とアミンが縮合すると、アミド結合を含むアミドが生成される。なお、アミノ酸どうしのアミド結合をペプチド結合と言う。

原則 10. 主要なアミノ酸

→ 問 21・問 25 に利用

分類	名称	略号	示性式	等電点 pH
中性 アミノ酸	グリシン	Gly	$\text{H}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	6.0
	アラニン	Ala	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	6.1
	バリン*	Val	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	6.0
	セリン	Ser	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	5.7
	システイン	Cys	$\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	5.1
	メチオニン*	Met	$\text{CH}_3-\text{S}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	5.7
	フェニルアラニン*	Phe	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	5.5
	チロシン	Tyr	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	5.7
酸性 アミノ酸	アスパラギン酸	Asp	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2.8
	グルタミン酸	Glu	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	3.2
塩基性 アミノ酸	リシン*	Lys	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	9.7

*：必須アミノ酸（ヒトの体内で合成できないアミノ酸）を示す。必須アミノ酸は、上記 4 種類とロイシン、イソロイシン、トリプトファン、トレオニン、ヒスチジンの計 9 種類がある。

原則 11. アミノ酸の等電点

→ 問 21 に利用

一般に、水溶液中のアミノ酸は、双生イオン、陽イオン、陰イオンと言ったイオンの形で存在するが、水溶液の pH がある値になったとき、各イオンの共存する平衡混合物の電荷は全体として 0 になる。このときの pH を、アミノ酸の等電点と言う。等電点では、アミノ酸のほとんどが双生イオンとなっている。そのため、アミノ酸水溶液に電極を浸して電圧を加える電気泳動実験を行うと、アミノ酸が陽極へも陰極へも移動しないことが確認できる。なお、水溶液の pH が等電点より小さい（大きい）場合、アミノ酸のほとんどが陽（陰）イオンとなるため、陰（陽）極へ移動する。

原則 12. イオン化傾向と電池・電気分解

→ 問 22 に利用

金属の単体が水もしくは水溶液中で電子を放出し、陽イオンに変わろうとする性質のことを、その金属のイオン化傾向と呼んでいる。イオン化傾向の大きさは、金属の種類によって異なる。イオン化傾向の大きいものから、主な金属と H_2 を順に並べると、次のようになる。

K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb [H_2] Cu Hg Ag Pt Au

なお、イオン化傾向の異なる 2 種類の金属を電解液に浸して電池を構成したとき、負極がイオン化傾向の大きい方の金属、正極がイオン化傾向の小さい方の金属になる。また、2 種

類の金属のイオン化傾向の差が大きいほど、電池の起電力は大きくなる。なお、電池には充電のできない一次電池（マンガン乾電池、銀電池、リチウム電池、等）と充電のできる二次電池（鉛蓄電池、ニッケル-カドミウム電池、リチウムイオン電池、等）がある。

また、イオン化傾向の大きい金属（K、Ca、Na、Mg、Al 等）では、その金属イオンを含む水溶液の電気分解を行っても、 H_2 が発生するだけで、その金属の単体は析出しない。そのため、イオン化傾向の大きい金属では、水溶液ではなく無水塩そのものを高温で融解して電気分解を行う融解塩電解と言う方法により、金属単体を抽出する。なお、この融解塩電解では、金属の単体は陰極側に析出する。

原則 1 3. ファラデー定数と電気分解 → 問 24 に利用

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ [C/mol] は、電子 1 mol が有する電気量の絶対値である。すなわち、ファラデー定数は、電気素量にアボガドロ定数をかけたものである（次式参照）。

$$F = (1.60 \times 10^{-19} \text{ [C]}) \times (6.02 \times 10^{23} \text{ [/mol]}) = 9.65 \times 10^4 \text{ [C/mol]}$$

このファラデー定数は電気分解の量的計算をするときに使われる。電気分解を行う回路に流れた電気量（＝電流×時間）をファラデー定数で割った値が、電気分解反応に関わった電子の物質量となるからである。

原則 1 4. 原子量と分子量・式量 → 問 26 に利用

炭素原子の同位体 ^{12}C の相対質量を 12 としたとき、各元素において、同位体の存在比を考慮した原子 1 個の相対質量の平均値を原子量と言う。例えば、水素 H、窒素 N、酸素 O、塩素 Cl の原子量の有効数字 3 桁の値は、それぞれ 1.01、14.0、16.0、35.5 である。なお、同位体とは、原子番号が同じであるが、質量数が異なるものである。また、質量数とは、原子核中の陽子数と中性子数の和である。例えば、塩素 Cl では、 ^{35}Cl 、 ^{37}Cl という 2 つの同位体がある。ここで、 ^{35}Cl の左肩の数字は、質量数が 35 であることを表す。

また、分子 1 個を構成する原子の原子量の総和を分子量と言う。また、分子を構成する原子の比で表した式を組成式と言い、組成式を構成する原子量の和を式量と言う。例えば、マレイン酸 $C_4H_4O_4$ の分子量は、 $12 \times 4 + 1.0 \times 4 + 16 \times 4 = 116$ となる。また、マレイン酸の組成式は CHO となり、式量は $12 \times 1 + 1.0 \times 1 + 16 \times 1 = 29$ となる。なお、イオンからなる物質（例えば、NaCl）や金属単体（例えば、Ag）では、分子に相当する単位粒子がないので、組成式や式量が用いられる。

問 1

【方針】

選択肢にある原子は、いずれも最外殻が L 殻であることに気づく。この点に着目して、原子の構造や周期表に関する知識と「原則 1. 電子殻と最大収容電子数」の知識などを利用し

て解く。

【解説】

最外殻が同じ原子間では、原子番号が大きい原子ほど陽子数が増えて、電子を引き付ける力が強くなるので、原子の半径は小さくなる。ただし、希ガスは例外である。よって、Fの原子半径が最も小さい。ゆえに、解答はbである。

問 2

【方針】

原子の価電子数から分子やイオンの非共有電子対の数が求められることに気づく。この点に着目して、各選択肢の分子やイオンのうち、最も非共有電子対が少ないものを探す。

【解説】

非共有電子対は、HF (a) が 3 対、OH⁻ (b) と H₂O (c) が 2 対、H₃O⁺ (d) が 1 対、NH₄⁺ (e) が 0 対である。ゆえに、解答は e である。

問 3

【方針】

いずれも酸と塩基から生じた塩であることに気づく。したがって、各選択肢の塩について、もとの酸と塩基の性質などを考え、アルカリ性になるものを探す。

【解説】

Li₂CO₃ のように弱酸と強塩基から生じた塩は、アルカリ性（塩基性）を示す。ゆえに、解答は c である。

問 4

【方針】

アセテート繊維が属する繊維の種類を答える問題である。したがって、アセテート繊維の生成方法などの知識にもとづいて、正しいものを選ぶ。

【解説】

アセテート繊維は、セルロースと無水酢酸を反応させてから、ヒドロキシ基（-OH）をアセチル化したもので、半合成繊維である。ゆえに、解答は e である。

問 5・問 6

【方針】

いずれも糖類についての知識問題である。したがって、「原則 2. 主な糖類」の知識などを利用して解く。

【解説】

(問 5)

ラクトース (d) を加水分解して得られるのは、グルコースとガラクトースである。ゆえに、解答は d である。

(問 6)

グリコーゲンにヨウ素 (I) を加えると、青色ではなく赤褐色を呈する。よって、c が誤っている。ゆえに、解答は c である。

問 7

【方針】

ヌクレオチドどうしの塩基対は比較的簡単に切れるので、共有結合やイオン結合ではないことに気づく。この点を踏まえて、「原則 3. ファンデルワールス力と水素結合」の知識などを利用して解く。

【解説】

核酸中のヌクレオチドは、アデニン (A) とチミン (T)、グアニン (G) とシトシン (C) という組み合わせで、水素結合により塩基対をつくっている。ゆえに、解答は b である。

問 8

【方針】

極性を打ち消しあう分子は構造が点対称であることに気が付く。したがって、各選択肢の分子構造から点対称でないものを探す。

【解説】

極性を打ち消し合わないものは、構造式が a の分子である。ゆえに、解答は a である。

問 9

【方針】

カルボキシ基 ($-\text{COOH}$) のある分子は強い水素結合をつくることに気づく。この点を踏まえて、「原則 3. ファンデルワールス力と水素結合」の知識などを利用して解く。

【解説】

カルボキシ基は 2 つの部位で水素結合をつくれることもあり、カルボキシ基をもつカルボン酸 (酢酸など) どうしは、強い水素結合をつくる。ゆえに、解答は a である。

問 10

【方針】

実在気体と理想気体の違いを問う知識問題である。したがって、実在気体と理想気体に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

a : 実在気体では、理想気体と異なり、分子の大きさや分子間力が存在するが、この 2 つが

およぼす影響は高温・低圧になるほど小さくなる。そのため、高温・低圧では理想気体に近づく。ゆえに、誤っている。

b : 正しい。

c : 理想気体は液体にはならない。ゆえに、誤っている。

d : 理想気体は、分子の大きさや分子間力を考慮していない。ゆえに、誤っている。

e : 実在気体は、一定圧力で低温にすると、体積が理想気体より小さくなる。ゆえに、誤っている。

以上より、解答は b である。

問 11

【方針】

気体の水への溶解度についての知識問題である。したがって、「原則 4. ヘンリーの法則」などの知識を利用して解く。

【解説】

a : 正しい。

b : 一般に、低温になるほど気体は水によく溶ける。ゆえに、誤っている。

c : 正しい。

d,e : ヘンリーの法則に合致した記述である。ゆえに、正しい。

以上より、解答は b である。

問 12

【方針】

水溶液の凝固点降下についての問題であると気づく。したがって、「原則 5. 凝固点降下」の知識などを利用して解く。

【解説】

凝固点降下度は、溶質の全ての粒子の質量モル濃度に比例する。例えば、 CaCl_2 のような電解質が溶解している溶液では、 Ca^{2+} と Cl^- の粒子に分かれるため、溶質の粒子数は 3 倍になる。したがって、溶液中での総イオン数が最も多い「0.10 mol/kg 塩化カルシウム水溶液」(e) において、最も凝固点が低くなる。ゆえに、解答は e である。

問 13

【方針】

試薬の保存方法についての知識問題である。したがって、試薬に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

a : 黄リンは自然発火のおそれがあるので、水中に保存する。ゆえに、正しい。

- b : 濃硝酸は光で分解するため、褐色のガラス瓶に保存する。ゆえに、誤っている。
- c : Na 等のアルカリ金属は水と反応するため、水中に保存できない。ゆえに、誤っている。
- d : フッ化水素酸は SiO_2 と反応するため、ガラス瓶に保存できない。ゆえに、誤っている。
- e : 水酸化ナトリウム水溶液は吸湿性が極めて強いため、密閉度の低いガラス栓は使えない。ゆえに、誤っている。
- 以上より、a が正しい。ゆえに、解答は a である。

問 14

【方針】

「赤褐色」と言う文言より、水酸化鉄 (III) が生じたことに気づく。したがって、水酸化鉄 (III) や透析膜に関する知識などにもとづいて、各記述の正誤を判別する。

【解説】

水酸化鉄 (III) のコロイド溶液ができるので、透析膜を通過できるものは H^+ 、 Cl^- 、 H_2O の 3 つだけである。この点を踏まえて、各記述の正誤を考える。

- a : Cl^- と Ag^+ が反応して、 AgCl (白い沈殿) が生じる。ゆえに、正しい。
- b : H^+ により、酸性を示す。ゆえに、正しい。
- c : 正しい。
- d : 透析膜の外側の液体は赤褐色にならない。ゆえに、誤っている。
- e : 正しい。
- 以上より、d が誤っている。ゆえに、解答は d である。

問 15

【方針】

水素イオン濃度を求める問題である。したがって、「原則 6. 電離定数と水素イオン指数」の知識を利用して解く。

【解説】

酢酸のモル濃度が 0.18 [mol/L] であるから、水素イオン濃度は

$$[\text{H}^+] = \sqrt{(\text{酢酸のモル濃度}) \times K_a} = \sqrt{0.18 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ [mol/L]}$$

となる。ゆえに、解答は b である。

問 16

【方針】

「 H_2S を通すと沈殿が生じた」と言う文言より、金属の硫化物が生じたことに気づく。この点を踏まえて、金属の硫化物に関する知識などにもとづいて解く。

【解説】

HCl (塩酸) を加えると AgCl が沈殿する。その後、酸性条件の下で H₂S を通すから、CuS だけが沈殿する。ゆえに、解答は d である。

問 17

【方針】

「0℃, 1 気圧で 10 L の二酸化炭素」という文言より、二酸化炭素の物質量が求められることに気づく。この点を踏まえて、「原則 7. 物質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ という反応式より、求める酸素の質量は

$$10 \times \frac{5}{3} \times \frac{1}{22.4} \times 32.0 = 23.80 \approx 23.8 \text{ [g]}$$

となる。ゆえに、解答は c である。

問 18

【方針】

フェノールの性質や特徴についての問題である。したがって、フェノールに関する知識にもとづいて、記述の正誤を判定する。

【解説】

a : フェノールは臭素 (Br₂) と置換反応を起こして、2,4,6-トリブロモフェノールが生じる。ゆえに、正しい。

b : エタノールより酸性は強い。ゆえに、誤っている。

c : 6 個の炭素原子は同一平面上にある。ゆえに、誤っている。

d : 塩化鉄 (III) 水溶液と反応すると紫色になる。ゆえに、誤っている。

e : 水に溶けにくいだが、水酸化ナトリウム水溶液とは反応して溶解する。ゆえに、誤っている。

以上より、a が正しい。ゆえに、解答は a である。

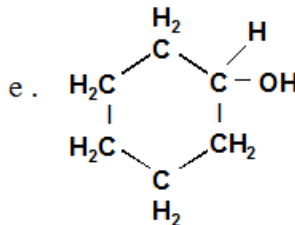
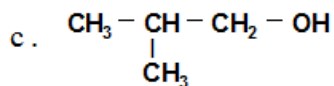
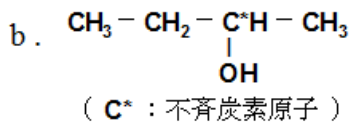
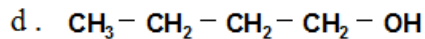
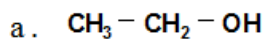
問 19

【方針】

アルコールに還元したときに「不斉炭素原子」をもつものを選ぶ問題である。したがって、「原則 8. 不斉炭素原子」の知識などを利用して解く。

【解説】

a~e の各分子をアルコールに還元すると、以下のようになる。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

よって、b が不斉炭素原子をもつ。ゆえに、解答は b である。

問 20

【方針】

脱水を伴わない反応を選ぶ問題である。したがって、反応に関係する官能基も考慮しながら、脱水を伴う反応か伴わない反応かを考える。なお、「原則 9. 有機化合物の官能基」の知識も参考として利用する。

【解説】

a : ニトロ化されるので、脱水を伴う。

b : 縮合が起きるので、脱水を伴う。

c : 糖は鎖状と環状で同じ分子式をもつ。ゆえに、脱水を伴わない。

d : 硝酸エステルをつくる反応であるから、脱水を伴う。

e : アミド結合を生じる反応であるから、脱水を伴う。

以上より、c が脱水を伴わない。ゆえに、解答は c である。

問 21

【方針】

最初に脱離するのは酸性溶液中で最も陰イオンになりやすいものであると気づく。この点を踏まえて、「原則 10. 主要なアミノ酸」と「原則 11. アミノ酸の等電点」の知識を利用して解く。

【解説】

最も陰イオンになりやすいものは、等電点の小さい酸性アミノ酸、すなわちグルタミン酸である。したがって、グルタミン酸 (d) が最初に脱離する。ゆえに、解答は d である。

問 22～問 24

【方針】

いずれも電気分解についての知識問題や計算問題である。したがって、「原則 12. イオン

化傾向と電池・電気分解」や「原則 1 3. ファラデー定数と電気分解」、「原則 7. 物質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

(問 22)

NaCl 水溶液の陽極： $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

〃 陰極： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

CuSO_4 水溶液の陽極： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$

〃 陰極： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

AgNO_3 水溶液の陽極： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$

〃 陰極： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

以上の各反応式より、イオン化傾向が H_2 よりも小さい Cu と Ag が析出することがわかる。また、3 種類の気体 (H_2 、 O_2 、 Cl_2) が発生するが、このうち塩素 (Cl_2) だけが水に溶けて反応する。したがって、NaCl 水溶液は水槽 C であるとわかる。よって、残りの 2 つの水槽の陰極において金属 (Cu 、 Ag) が析出する。すなわち、②と④で金属が析出する。ゆえに、解答は b である。

(問 23)

問題冊子の冒頭に記載の $\text{Cu}=63.5$ 、 $\text{Ag}=107.9$ を使って、 Cu と Ag の析出量を求めると、

$$\text{Cu} : \frac{0.448}{22.4} \times 2 \times \frac{1}{2} \times 63.5 = 1.27 \text{ [g]}$$

$$\text{Ag} : \frac{0.448}{22.4} \times 2 \times 107.9 = 4.316 \text{ [g]}$$

となる。よって、質量が最も小さかったのは Cu である。したがって、a~e の各記述に該当する金属は以下のようになる。

a,b,c : Cu と Ag の両方に当てはまる。

d : いずれにも当てはまらない。

e : Cu にのみ当てはまる。

以上より、解答は e である。

(問 24)

求める時間を x 秒とおくと、次式が成り立つ。

$$\frac{2.00 \times x}{9.65 \times 10^4} = \frac{0.448}{22.4} \times 2$$

これを解くと、 $x = 1.93 \times 10^3$ [秒] となる。ゆえに、解答はア-a、イ-i、ウ-c、エ-c である。

問 25~問 27

【方針】

いずれもアミノ酸やペプチドについての知識問題や計算問題である。したがって、「原則 1 0. 主要なアミノ酸」や「原則 9. 有機化合物の官能基」、「原則 1 4. 原子量と分子量・式量」の知識を利用して解く。

【解説】

(問 25)

必須アミノ酸は、ロイシン、イソロイシン、メチオニン、リシン、バリン、フェニルアラニン、トリプトファン、トレオニン、ヒスチジンの9種類である。よって、c (リシンとメチオニン) が該当する。ゆえに、解答はcである。

(問 26)

ペプチド結合が1つ生じると水分子1個が失われるから、直鎖ペプチドAの分子量を x とおくと、

$$x = 105 + 146 + 149 + 181 - 18 \times 3 = 527$$

となる。ゆえに、解答はbである。

(問 27)

左側から1番目にリシンがある場合、リシンが生成して、分子量がわかる。

左側から2番目にリシンがある場合、リシンを含めたジペプチドの分子量がわかる。

左側から3番目にリシンがある場合、リシンを含めたトリペプチドの分子量がわかる。

左側から4番目にリシンがある場合、加水分解しないため直鎖ペプチドAの分子量となる。

以上より、リシンの位置がどこにあっても、その位置をこの実験により決定できる。ゆえに、解答はaである。

2

原則 7. 物質質量とモル質量・モル濃度 (前述) → 問 28・問 31・問 34・問 35 に利用

原則 1 4. 原子量と分子量・式量 → 問 35 に利用

原則 1 5. 気体の状態方程式 → 問 28・問 31 に利用

一般に、体積 V [L]、圧力 P [Pa]、温度 T [K]、物質質量 n [mol] の気体においては、次式で表される気体の状態方程式が成り立つ。

$$PV = nRT$$

なお、 R は気体定数と呼ばれるもので、 $R \cong 8.31 \times 10^3$ [Pa・L/(K・mol)] である。

また、気体の状態方程式より、標準状態 (0 °C、 1.01×10^5 Pa) での気体 1 mol の占める体積は、気体の種類によらず 22.4 L となる。

問 28～問 31

【方針】

いずれの設問も、ある気体 A についての知識問題や計算問題である。したがって、「原則 1 5. 気体の状態方程式」や「原則 7. 物質質量とモル質量・モル濃度」の知識などを利用して、順に解いてゆく。

【解説】

(問 28)

気体 A の分子量を x とおくと、気体の状態方程式より、次式が成り立つ。

$$1.01 \times 10^5 \times 0.658 = \frac{0.800}{x} \times 8.31 \times 10^3 \times 300$$

これを解くと、 $x \cong 30.0$ となる。したがって、気体 A は一酸化窒素 (NO) である。ゆえに、解答は d である。

(問 29)

a : 酸素が当てはまる。

b : 窒素酸化物は酸性雨の原因になるから、一酸化窒素が当てはまる。

c : 一酸化炭素が当てはまる。

d : 二酸化炭素が当てはまる。

e : 水素が当てはまる。

f : 窒素が当てはまる。

以上より、解答は b である。

(問 30)

水蒸気 の 分 圧 を $P_{\text{H}_2\text{O}}$ [Pa] とすると、

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 1.01 \times 10^5 \times \frac{505-488}{505} = 3.4 \times 10^3 \text{ [Pa]}$$

となる。ゆえに、解答はア-c、イ-d、ウ-cである。

(問 31)

気体 A の物質量を n [mol] とすると、気体の状態方程式を用いて、

$$n = \frac{1.01 \times 10^5 \times 0.488}{8.31 \times 10^3 \times 300} = 1.97 \times 10^{-2} \approx 2.0 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

となる。ゆえに、解答はア-b、イ-j、ウ-bである。

問 32～問 35

【方針】

いずれも水溶液の滴定についての知識問題や計算問題である。したがって、「原則 7. 物質量とモル質量・モル濃度」や「原則 1 4. 原子量と分子量・式量」の知識などを利用して、順に解いてゆく。

【解説】

(問 32)

メニスカスの下の線が標線と一致するようにする。ゆえに、解答は b である。

(問 33)

a : 溶液 B は簡単に揮発しない。ゆえに、誤っている。

b : 色が見えにくくなることはない。ゆえに、誤っている。

c : エタノールには変化しない。ゆえに、誤っている。

d : 局所的に溶液が中和点を超えているだけである。ゆえに、正しい。

e : フェノールフタレインどうしの反応により赤色になることはない。ゆえに、誤っている。

f : アセトアルデヒドには変化しない。ゆえに、誤っている。

以上より、d が正しい。ゆえに、解答は d である。

(問 34)

$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$ という反応式より、塩基性物質の濃度を x [mol/L] とおくと、次式が成り立つ。

$$0.100 \times \frac{10}{1000} = x \times \frac{30.00}{1000}$$

これを解くと、 $x \approx 3.33 \times 10^{-2}$ [mol/L] となる。ゆえに、解答はア-c、イ-c、ウ-c、エ-b である。

(問 35)

NaOH 水溶液 30 mL には、 1.0×10^{-3} mol の NaOH が含まれている。よって、 Na_2O (分子量 62) の質量パーセント濃度は

$$\frac{1.0 \times 10^{-3} \times \frac{100}{30} \times \frac{50}{20} \times \frac{1}{2} \times 62}{0.620} \times 100 = 41.66 \approx 41.7 \text{ [%]}$$

となる。ゆえに、解答はア-d、イ-a、ウ-g である。

3

原則 9. 有機化合物の官能基 (前述) → 問 41・問 42・問 44・問 45 に利用

原則 16. 濃度平衡定数 → 問 36・問 37 に利用

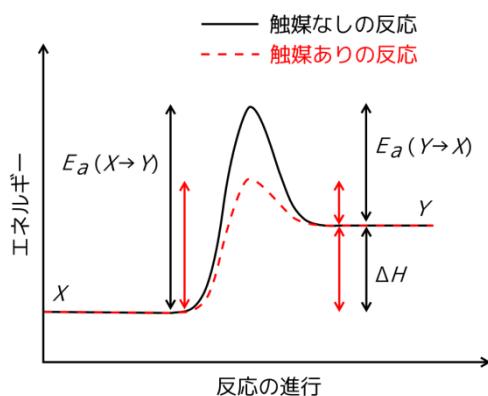
化学反応が、次式のような可逆反応

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ (A, B, C, D は物質の化学式、 a, b, c, d は各物質の係数を表す)
で表され、しかも平衡状態にあるとき、濃度平衡定数 K_C は次式で表せる。ただし、上式の正反応 (→) と逆反応 (←) における反応速度を、それぞれ k_f 、 k_r とおいた。

$$K_C = \frac{k_f}{k_r} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad ([A], [B], [C], [D] \text{ は平衡状態における各物質のモル濃度を表す})$$

原則 17. 活性化エネルギーと触媒 → 問 38～問 40 に利用

一般に、化学反応 $X \rightleftharpoons Y$ において、その反応に必要なエネルギーは、下図のように変化する。すなわち、正反応 ($X \rightarrow Y$) が進行するためには、正反応の活性化エネルギー $E_a(X \rightarrow Y)$ と同じかそれ以上のエネルギーを与える必要があり、逆反応 ($Y \rightarrow X$) が進行するためには、逆反応の活性化エネルギー $E_a(Y \rightarrow X)$ と同じかそれ以上のエネルギーを与える必要がある。なお、正反応と逆反応の活性化エネルギーの差 $\Delta H = E_a(X \rightarrow Y) - E_a(Y \rightarrow X)$ を反応熱と言う。反応熱が正の場合は吸熱反応 (下図の場合)、反応熱が負の場合は発熱反応である。また、触媒のある化学反応では、触媒なしの場合に比べて、活性化エネルギーを小さくすることができる。それゆえ、化学反応の速度は、触媒がないときよりも速くなる。ただし、十分に時間が経過して平衡状態になったときの X と Y の物質量の比は、触媒の有無には依存しない。



(図は

<https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E5%8C%96%E5%AD%A6%E2%85%A1/%E5%8C%96%E5%AD%A6%E5%8F%8D%E5%B F%9C%E3%81%AE%E9%80%9F%E3%81%95> より引用)

原則 18. 第一級～第三級アルコール → 問 45 に利用

アルコールは、ヒドロキシ基 (-OH) が結合している炭素原子に、他の炭化水素原子または炭素原子が何個結合しているかによって、第一級アルコール～第三級アルコールと呼ばれる。他の炭化水素原子または炭素原子が 0 または 1 個の場合を第一級アルコール、2 個の場合を第二級アルコール、3 個の場合を第三級アルコールと言う。これら 3 種のアルコールは、構造の違いだけでなく、反応性にも顕著な違いが見られる。例えば、アルコールは金属ナトリウムと反応するが、この反応性は第一級アルコール > 第二級アルコール > 第三級アルコールの順で小さくなる。また、第一級アルコールを酸化すると、カルボン酸が得られる。

問 36～問 40

【方針】

いずれもナフタレンの反応における濃度平衡定数や活性化エネルギーなどに関する問題である。したがって、「原則 16. 濃度平衡定数」や「原則 17. 活性化エネルギーと触媒」の知識を利用して、順に解いてゆく。

【解説】

(問 36)

$A \rightleftharpoons B$ の平衡定数が $K_1 = \frac{[B]}{[A]}$ で、 $B \rightleftharpoons C$ の平衡定数が $K_2 = \frac{[C]}{[B]}$ である。よって、 $K_1 = \frac{[B]}{[A]}$ と

$K_2 = \frac{[C]}{[B]}$ から、 $\frac{[C]}{[A]} = K_1 \times K_2$ となる。ゆえに、解答は d である。

(問 37)

ア：C のほうが生成熱が大きいので、平衡においては $[A] > [C]$ となる。よって、アに入るのは「 $[A] > [C]$ 」である。

イ：高温になるほど吸熱方向 (C が生成する方向) に平衡は移動するから、 $\frac{[C]}{[A]}$ の値は大きくなる。よって、イに入るのは「温度が高いほど大きい」である。

以上より、解答は a である。

(問 38)

$A \rightarrow B$ の活性化エネルギーは、状態 A のエネルギーと A-B 間のピークエネルギーの差であるから、 $E_1 + E_2$ となる。B → C の反応熱は、状態 B と状態 C のエネルギー差であるから、 E_4 となる。ゆえに、解答は f である。

(問 39)

ア：低温においては、活性化エネルギーが小さい反応のみ起こる。よって、アに入るのは「小

さい」である。

イ：発熱反応の場合、反応熱が大きい方が起こりやすい。よって、イに入るのは「反応熱」である。

ウ：高温においては、安定なものの方が不安定なものよりも多く存在する。よって、ウに入るのは「安定」である。

以上より、解答は e である。

(問 40)

前問の結果より、各状態のエネルギーの順は $B > A > C$ で、A-B 間のピークエネルギーより B-C 間のピークエネルギーの方が高いことがわかる。よって、a の図が該当する。ゆえに、解答は a である。

問 41～問 45

【方針】

いずれもアルコールとカルボン酸を反応させる実験についての問題である。なお、アルコールとカルボン酸の反応によりエステル結合が生じることに気づく。この点に着目して、「原則 9. 有機化合物の官能基」や「原則 18. 第一級～第三級アルコール」の知識などを利用して、順に解いてゆく。

【解説】

(問 41)

エステル化（エステル結合を生じる反応）は脱水縮合であるから、反応に伴って水が生じる。したがって、濃硫酸は脱水剤としてはたらく。ゆえに、解答は c である。

(問 42)

b のように、水を吸着する物質を用いて生成した水を除去すると、水が増える方向に平衡が移動するため、反応はより進行する。b 以外は、反応を進める上で、効果がないか逆効果をもたらす。ゆえに、解答は b である。

(問 43)

d のように「すぐに激しく振る」と、実験操作中に内圧が上がって栓が開いてしまう危険がある。そのため、激しく振る前に予め活栓を開いて内圧を下げておく必要がある。ゆえに、解答は d である。

(問 44)

a：液体 C はエステルであるから、水に溶けにくい。ゆえに、誤っている。

b：液体 C は中性である。ゆえに、誤っている。

c：液体 C は加水分解されて、アルコール A とカルボン酸 B が生じる。ゆえに、誤っている。

d：エステル化が起きないので、液体 C はできない。ゆえに、誤っている。

e：C=O の酸素原子はカルボン酸 B の酸素原子である。ゆえに、誤っている。

f: 水酸化ナトリウム (NaOH) により加水分解 (けん化) が起こり、アルコール A とカルボン酸 B が生じる。ゆえに、正しい。

以上より、解答は f である。

(問 45)

実験 2 より、ヨードホルム反応は陽性である。よって、アルコール A は $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-R}$ の部分構造をもつことがわかる。

実験 3 より、A は第一級アルコールとわかる。よって、アルコール A はエタノールで構造式は $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ と確定する。

実験 4 より、C の分子式は $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ である。このことと、アルコール A とカルボン酸 B が脱水縮合して C が生じることから、 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} - \text{C}_2\text{H}_6\text{O} = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ が B の分子式となる。よって、B はプロピオン酸で構造式は $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ と確定する。

以上から、C の構造式は、 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CO-CH}_2\text{-CH}_3$ と確定する。ゆえに、解答は e である。