

略解

- ①** 問 1 b 問 2 c 問 3 e 問 4 c 問 5 e 問 6 d
問 7 e 問 8 b 問 9 c 問 10 e 問 11 b 問 12 d
問 13 a 問 14 c 問 15 b 問 16 d 問 17 d 問 18 c
問 19 b 問 20 d 問 21 d 問 22 e 問 23 a 問 24 e
問 25 b 問 26 c 問 27 d 問 28 e 問 29 e 問 30 a
- ②** 問 31 a 問 32 a 問 33 c 問 34 d 問 35 b 問 36 c
問 37 a 問 38 d 問 39 c 問 40 e
- ③** 問 41 b 問 42 a 問 43 f 問 44 c 問 45 c 問 46 e
問 47 c 問 48 b 問 49 a 問 50 d

1

原則1. 典型元素と遷移元素 → 問2・問4に利用

周期表の1族、2族と12族～18族の元素を典型元素と言う。また、周期表の第4周期以降に現れる3族～11族の元素を遷移元素と言う。典型元素では、族番号に応じて価電子数が増減するので、その化学的性質も顕著に変化する。一方、遷移元素では、いずれも最外殻電子は1個か2個で、族番号に応じて主に変化するのは最外殻より1つ内側の電子殻の電子数である。そのため、族番号が変わっても、その化学的性質はあまり変わらない。参考までに、第4周期の3族から12族までの元素のM殻とN殻の電子数を下表に示す。

族	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
元素	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
M殻	9	10	11	13	13	14	15	16	18	18
N殻	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2

また、周期表の同じ族に属する元素群のことを同族元素と言う。

原則2. 電子殻と最大収容電子数 → 問4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3. イオン化傾向と電池・電気分解 → 問3・問16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 4. 同素体 → 問 7 に利用

同じ元素の単体であるが、性質が異なる 2 つ以上の単体が存在するとき、それらの物質を同素体と言う。硫黄 (S)、炭素 (C)、酸素 (O)、リン (P) などの元素において、同素体が存在する。

原則 5. イオン化エネルギーと電子親和力 → 問 9 に利用

第一イオン化エネルギーとは、中性の原子から電子 1 個を奪って 1 価の陽イオンにするのに要する最小のエネルギーのことであり、第二イオン化エネルギーとは、1 価の陽イオンからさらに電子 1 個を奪って 2 価の陽イオンにするのに要する最小のエネルギーのことであり、同様にして、第三イオン化エネルギー以降も定義される。なお、原子番号を横軸に、第 n イオン化エネルギーを縦軸にとったグラフをつくると、第一イオン化エネルギーはアルカリ金属 (H を除く 1 族元素) で極小、希ガス (18 族元素) で極大となり、第二イオン化エネルギーは 2 族元素で極小、アルカリ金属で極大となる。

また、電子親和力とは、中性の原子が電子 1 個を得て 1 価の陰イオンになる際に放出されるエネルギーのことであり、電子親和力の大きい元素ほど、陰イオンになりやすい。なお、原子番号を横軸に、電子親和力を縦軸にとったグラフをつくると、電子親和力はハロゲン (17 族元素) で極大となる。

原則 6. 酸化数と酸化剤・還元剤 → 問 11 に利用

化合物中のある着目した原子の酸化の程度を表した数値のことを、酸化数と言う。通常、電氣的に中性な化合物であれば、化合物全体の酸化数を 0 とし、化合物中の水素原子、酸素原子の酸化数をそれぞれ +1、-2 とし、他の原子の酸化数を計算すればよい。例えば、 HNO_3 (硝酸) 中の N (窒素原子) の酸化数は、 $0 - \{(+1) \times 1 + (-2) \times 3\} = +5$ となる。なお、酸化数を物質の名称に用いる場合、酸化鉄 (III) のようにローマ数字を用いなければならない。例えば、塩化鉄 (III) は、酸化数が +3 の Fe 原子による塩化鉄を表しており、その分子式は FeCl_3 となる。

また、ある物質が酸化剤として働くとき、その物質を構成する中心的な原子の酸化数は減少する。逆に、ある物質が還元剤として働くとき、その物質を構成する中心的な原子の酸化数は増加する。なお、主な酸化剤としては、オゾン (O_3)、過マンガン酸カリウム (KMnO_4)、二クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) などが挙げられる。また、主な還元剤としては、水素 (H_2)、硫化水素 (H_2S)、チオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) などが挙げられる。

原則 7. 熱化学方程式 → 問 14 に利用

化学反応式 ($X \rightarrow Y$) に反応熱 (Q) を書き加え、両辺を等号で結んだもの ($X = Y + Q$) を熱化学反応式と言う。化学反応式とは異なり、熱化学方程式にはエネルギーについての等式と言う役割がある。なお、熱化学反応式 $X = Y + Q$ において、 Q が正の場合は発熱反応、 Q が負の場合は吸熱反応になる。また、反応熱 Q は着目した物質の 1 mol あたりの値を表すことになっているので、熱化学方程式においては着目した物質の化学式の係数を 1 にしておく必要がある。なお、反応熱 Q は、次式を用いて、求められる。

$$(\text{反応熱 } Q) = (\text{生成物 } Y \text{ の生成熱の和}) - (\text{反応物 } X \text{ の生成熱の和})$$

原則 8. 物質量とモル質量・モル濃度 → 問 15・問 17 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、物質量と呼ぶ。物質量は、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、 CO_2 の分子量は 44 であるから、 CO_2 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、 CO_2 88 g の物質量は、 CO_2 のモル質量が 44 g/mol であるから、 $\frac{88 \text{ [g]}}{44 \text{ [g/mol]}} = 2 \text{ [mol]}$ 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 9. 両性元素・両性酸化物 → 問 18 に利用

周期表で非金属元素との境界近くに位置する Al、Zn、Sn、Pb 等の金属は、酸と塩基のいずれとも反応するので、両性元素と呼ばれる。また、両性元素の酸化物や水酸化物は、酸と塩基のいずれとも反応して塩を生じることから、両性酸化物や両性水酸化物と呼ばれる。例えば、両性元素のアルミニウムの酸化物 Al_2O_3 は両性酸化物で、 HCl (酸) と反応すると AlCl_3 を生じ、 NaOH (塩基) と反応すると $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ を生じる。

原則 10. 原子量と分子量・式量 → 問 19 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 $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ 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。

原則 11. 電離定数と水素イオン指数 → 問 20 に利用

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

できる。この定数 K_a を酸の電離定数と言う。また、 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}]}$ 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 $[\text{A}]$ とその陽イオンのモル濃度 $[\text{A}^+]$ および水酸化物イオン (OH^-) のモル濃度 $[\text{OH}^-]$ の 3 つが平衡状態にあるとき、 $K_b = \frac{[\text{A}^+][\text{OH}^-]}{[\text{A}]}$ 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、 $\frac{[\text{A}^+]}{[\text{A}]}$ を電離度と言う。

また、水溶液の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ 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。

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

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 1 2. タンパク質の一次構造～四次構造 → 問 24 に利用

タンパク質は主にポリペプチド鎖からできているが、このポリペプチド鎖を構成するアミノ酸の配列順序のことを、タンパク質の一次構造と言う。また、 α -ヘリックス構造や β -シート構造のようなペプチド結合の水素結合にもとづく構造や β -ターン構造のことを、タンパク質の二次構造と言う。そして、 α -ヘリックス構造をもつポリペプチド鎖が複雑に折りたたまれてできた特有な立体構造のことを、タンパク質の三次構造と言う。さらに、この三次構造をもつポリペプチド鎖がいくつか集まってできた構造のことを、タンパク質の四次構造と言う。

原則 1 3. 有機化合物の官能基 → 問 25・問 29 に利用

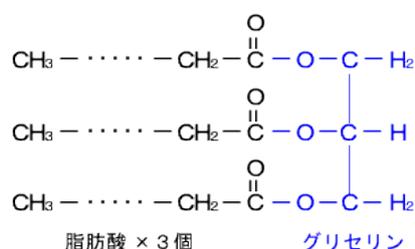
化合物の特性を示す原子団（または原子）を官能基と呼ぶ。構造式が似ている 2 つの化合物の間でも、ただ一つの官能基が異なるだけで、特性が大きく異なる場合も多い。そこで、有機化合物において比較的頻繁に現れる官能基を、一覧として下表に示す。

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、オキソ酸（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 1 4. 油脂の構造 → 問 25 に利用

油脂は、下図のように、3 個の脂肪酸と 1 個のグリセリンがエステル結合（脱水縮合）したものである。したがって、このエステル結合では、水 3 分子が失われている。



(図は

http://www.kotorisekken.net/mamechishiki/img_mamechishiki/0609/0609YushiKouzou02.gif より引用)

なお、油脂 1 分子に含まれる $C=C$ 結合の個数を、油脂の不飽和度と言う。また、 $C=C$ 結合を含む脂肪酸を不飽和脂肪酸と言い、 $C=C$ 結合を含まない脂肪酸を飽和脂肪酸と言う。また、常温で固体の油脂を脂肪と言い、常温で液体の油脂を油脂油と言う。

原則 1 5. 第一級～第三級アルコール → 問 30 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。

原則 1 6. アミノ酸の等電点 → 問 27 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 17. 主要なアミノ酸 → 問 27 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。

問 1・問 2・問 4

【方針】

いずれも原子（元素）の構造や特徴などに関する問題であることに気づく。したがって、「原則 1. 典型元素と遷移元素」と「原則 2. 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】

（問 1）

いずれのイオンも電子数は同じである。ただし、原子核中の陽子の数が増えるほど、電子をより強く引きつけるため、イオン半径が小さくなる。よって、陽子数が最も少ない O^{2-} のイオン半径が最も大きくなる。ゆえに、解答は b である。

(問 2)

第 4 周期の原子の電子配置より、Cr と Mn は M 殻の電子数が等しい。ゆえに、解答は c である。

(問 4)

Pb (鉛) は第 14 族であるから、典型元素である。ゆえに、解答は c である。

問 3

【方針】

「金属が析出する」という文言より、イオン化傾向の大小により判別できることに気づく。この点に着目して、「原則 3. イオン化傾向と電池・電気分解」の知識を利用して解く。

【解説】

水素よりイオン化傾向の小さい金属が析出する。よって、Cu (銅) だけが析出する。ゆえに、解答は e である。

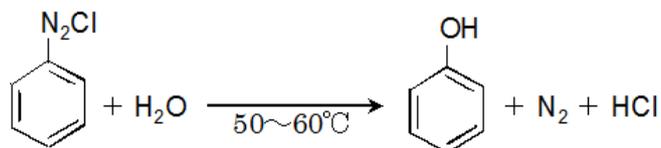
問 5

【方針】

選択肢にある化合物はいずれも芳香族化合物であることに気づく。したがって、芳香族化合物に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

次の反応が起こって、フェノールが生じる。ゆえに、解答は e である。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

問 6

【方針】

「光ファイバー」という文言より、透明度の高い物質でなければならないことに気づく。この点を踏まえて、選択肢中のどの物質であるかを考える。

【解説】

光ファイバーは高純度の石英ガラス繊維で、主成分は SiO_2 である。ゆえに、解答は d である。

問 7

【方針】

選択肢にある物質はいずれも炭素の同素体もしくは有機化合物であることに気づく。したがって、炭素や有機化合物に関する知識や「原則 4. 同素体」の知識を利用して解く。

【解説】

グラファイトは、C 原子の 4 つの価電子のうち 3 つが他の C 原子と共有結合することで網目状の平面構造をつくっている。したがって、残り 1 つの価電子がこの平面構造の中で自由に動けるため、電気を通することができる。ゆえに、解答は e である。

問 8

【方針】

選択肢にある化合物は、いずれもハロゲン化銀であることに気づく。したがって、ハロゲン化銀に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

ハロゲン化銀の中で、フッ化銀 (AgF) だけが水に可溶である。ゆえに、解答は b である。

問 9

【方針】

「イオン化エネルギー」という文言があるので、「原則 5. イオン化エネルギーと電子親和力」の知識を利用して解く。

【解説】

イオン化エネルギーが小さい元素ほど、陽イオンになりやすいので、1 族の Na のイオン化エネルギーが最も小さい。ゆえに、解答は c である。

問 10

【方針】

「リチウム」は、ナトリウムと同じアルカリ金属であるから、その性質はナトリウムと類似していることに気づく。この点に着目して、保存可能な方法を考える。

【解説】

リチウムは、空気や水または塩素に触れると直ちに酸化される。また、エタノールとも反応し、エトキシドになる。よって、リチウムが保存できるのは「灯油中」だけである。ゆえに、解答は e である。

問 11

【方針】

「過マンガン酸イオン」は酸化剤としてはたらき、「チオ硫酸ナトリウム」は還元剤であることに気づく。この点を踏まえて、「原則 6. 酸化数と酸化剤・還元剤」の知識などを利用して

て解く。

【解説】

過マンガン酸イオン 0.1 mol とチオ硫酸ナトリウム 0.1 mol を反応させたとき、過マンガン酸イオンが余る。そのため、溶液は赤紫色になる。ゆえに、解答は b である。

問 12

【方針】

$v = k[A]$ という式より、反応速度 v は A の濃度 $[A]$ に比例することがわかる。この点を踏まえて、反応速度に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

a : プラスの値で表される。ゆえに、誤りである。

b : A の分解速度の 2 倍と B の生成速度が等しい。ゆえに、誤りである。

c : k は濃度に依存せず、温度により決まる。ゆえに、誤りである。

d : k は温度一定の条件下で求められる。ゆえに、正しい。

e : k は温度を上昇させると大きくなる。ゆえに、誤りである。

以上より、解答は d である。

問 13

【方針】

希ガスの知識についての問題である。したがって、希ガスに関する知識にもとづいて解く。

【解説】

a : 希ガスは、常温では無色の気体である。ゆえに、誤っている。

b,c,d,e : 正しい。

以上より、解答は a である。

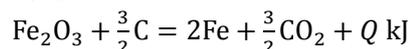
問 14

【方針】

反応熱を求める問題である。したがって、「原則 7. 熱化学方程式」の知識を利用して解く。

【解説】

反応熱を Q [kJ] とおくと、熱化学方程式は次式のようになる。



反応熱 = (生成物の生成熱の和) - (反応物の生成熱の和) であるから、

$$Q = 394 \times \frac{3}{2} - 824 = -233 \text{ [kJ]}$$

となる。ゆえに、解答は c である。

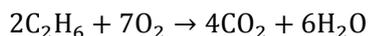
問 15

【方針】

「酸素 2.24 g と反応したエタン」という文言より、酸素およびエタン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 8. 物質質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

エタンの燃焼における反応式は、次式のようになる。



よって、燃焼に使われたエタンの体積 V [L] は

$$V = \frac{2.24}{32} \times \frac{2}{7} \times 22.4 = 0.448 \text{ [L]}$$

となる。ゆえに、解答は b である。

問 16**【方針】**

電池の種類についての問題である。したがって、「原則 3. イオン化傾向と電池・電気分解」の知識を利用して解く。

【解説】

リチウム電池は、リチウムを負極に用いた一次電池である。ゆえに、解答は d である。

問 17**【方針】**

「二酸化炭素 13.2 g と水 6.3 g が生成した」という文言より、炭化水素に含まれる炭素と水素の比率が求められることに気づく。この点に着目して、「原則 8. 物質質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

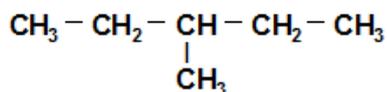
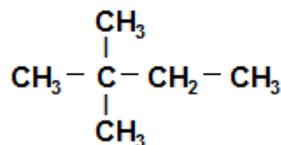
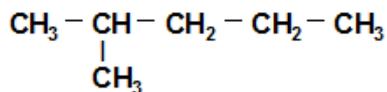
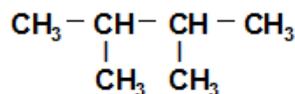
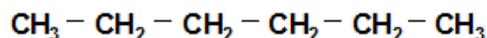
炭化水素 0.05 mol の中に含まれる炭素 (C) と水素 (H) の物質質量は

$$\text{C} : \frac{13.2}{44} = 0.3 \text{ [mol]} \quad \text{H} : \frac{6.3}{18} \times 2 = 0.7 \text{ [mol]}$$

となる。よって、この炭化水素 1 mol に含まれる炭素 (C) と水素 (H) の物質質量は

$$\text{C} : \frac{0.3}{0.05} = 6 \text{ [mol]} \quad \text{H} : \frac{0.7}{0.05} = 14 \text{ [mol]}$$

となる。したがって、この炭化水素の分子式は C_6H_{14} とわかる。よって、構造異性体は、以下の 5 つである。ゆえに、解答は d である。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

問 18

【方針】

Al、Zn、Pb は両性元素であるから、その水酸化物は塩基性水溶液に溶けることに気が付く。この点に着目して、「原則 9. 両性元素・両性酸化物」の知識などを利用して解く。

【解説】

過剰の水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液に溶けるものは、両性水酸化物の $\text{Zn}(\text{OH})_2$ と $\text{Pb}(\text{OH})_2$ と $\text{Al}(\text{OH})_3$ である。また、過剰のアンモニア水に溶けるものは、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ と $\text{Zn}(\text{OH})_2$ である。ゆえに、解答は c である。

問 19

【方針】

問題冊子の冒頭部分に記載の「Cu=63.6」を用いることで ^{65}Cu の存在比が求められることに気づく。この点を踏まえて、「原則 10. 原子量と分子量・式量」の知識を利用して解く。

【解説】

Cu の原子量は 63.6 であるから、 ^{65}Cu の存在比を x [%] とおくと、次式が成り立つ。

$$\frac{65x + 63(100 - x)}{100} = 63.6$$

この式を解くと、 $x = 30$ [%] となる。ゆえに、解答は b である。

問 20

【方針】

混合溶液の pH を求める問題である。したがって、「原則 11. 電離定数と水素イオン指数」の知識を利用して解く。

【解説】

2 種類の溶液を混合したので、溶液の体積が 100 mL に増えている。よって、

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.100 \times \frac{50.0}{100} = 5.00 \times 10^{-2} \text{ [mol/L]}$$

となる。また、酢酸ナトリウムは水溶液の中で酢酸イオンとなり、次式のように平衡状態になっている。



この加水分解反応における加水分解定数 K_h は、酢酸の電離定数 K_a と水のイオン積 K_w を使って表すと、

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

となる。また、酢酸ナトリウムのモル濃度を x [mol/L] とおくと、以下のように、 K_h の値は極めて小さく、酢酸イオンの大部分が加水分解されてないとして近似できる。すなわち、

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{x}$$

であるから、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{xK_h} = \sqrt{x \frac{K_w}{K_a}} = \sqrt{5.00 \times 10^{-2} \times \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}}} = \frac{1}{1.9} \times 10^{-5} \text{ [mol/L]}$$

となる。したがって、

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{\frac{1}{1.9} \times 10^{-5}} = 1.9 \times 10^{-9} \text{ [mol/L]}$$

となる。よって、

$$\text{pH} = -\log_{10}(1.9 \times 10^{-9}) = 9 - 0.279 = 8.721 \approx 8.72$$

と求まる。ゆえに、解答は d である。

問 21

【方針】

「 SO_3 」は水と反応すると硫酸になることに気づく。この点に着目して、水溶液が最も強い酸性になるものを考える。

【解説】

酸性酸化物は SiO_2 と SO_3 の 2 つである。しかし、 SiO_2 は水に溶けない。一方、 SO_3 は水と反応し、硫酸 (H_2SO_4) が生じる。この H_2SO_4 の水溶液は、強い酸性である。ゆえに、解答は d である。

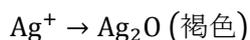
問 22

【方針】

金属の水酸化物についての問題である。したがって、水酸化物の特徴（色など）に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Pb^{2+} の各イオンから、以下の沈殿物が生じる。



ゆえに、解答は e である。

問 23

【方針】

「シス型のポリイソプレン」という文言から、「天然ゴム」であると気づく。この点を踏まえて、最適な選択肢を選ぶ。

【解説】

天然ゴムは、主にシス型のポリイソプレンよりできている。なお、ポリイソプレンのトランス型は、グッタペルカである。ゆえに、解答は a である。

問 24

【方針】

タンパク質の四次構造に関する問題である。したがって、「原則 1 2. タンパク質の一次構造～四次構造」の知識を利用して解く。

【解説】

a,b,c：四次構造とは無関係の内容である。ゆえに、誤っている。

d： α -ヘリックス構造や β -シート構造は、いずれも二次構造である。ゆえに、誤っている。

e：複数のポリペプチドの会合構造は、四次構造である。ゆえに、正しい。

以上より、解答は e である。

問 25

【方針】

エステル化に該当するものと該当しないものを選び分ける必要があることに気づく。この点を踏まえて、「原則 1 3. 有機化合物の官能基」や「原則 1 4. 油脂の構造」の知識などを利用して解く。

【解説】

a：軟膏用の基剤である油脂は、グリセリンと脂肪酸がエステル結合したものである。ゆえに、エステル化である。

b：アニリンよりアセトアニリドを生じる反応は、アミド化である。ゆえに、エステル化でない。

c：オキソ酸とアルコールの縮合であるから、エステル化である。

d : カルボン酸とアルコールの縮合であるから、エステル化である。

e : $-CO-O-$ 結合 (エステル結合) を含むアセチルサリチル酸ができるので、エステル化である。

以上より、解答は b である。

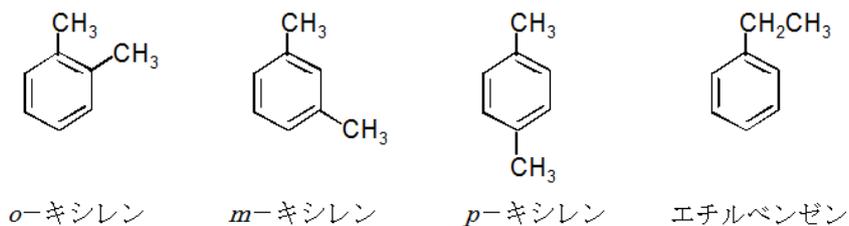
問 26

【方針】

キシレンの位置異性体についての問題である。したがって、芳香族化合物や位置異性体に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

キシレンの位置異性体は、オルト (*o*-キシレン)、メタ (*m*-キシレン)、パラ (*p*-キシレン) の 3 種類である。なお、構造異性体は、上記の 3 種類にエチルベンゼンを加えた 4 種類となる (下図)。ゆえに、解答は c である。



o-キシレン

m-キシレン

p-キシレン

エチルベンゼン

(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

問 27

【方針】

タンパク質を構成するアミノ酸の性質や特徴についての問題である。したがって、「原則 1 6. アミノ酸の等電点」や「原則 1 7. 主要なアミノ酸」の知識などを利用して解く。

【解説】

a,b,c : 正しい。

d : 体内で合成できないアミノ酸のことを必須アミノ酸と言う。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 28

【方針】

スクロースを加水分解して得られる単糖の 1 つはフルクトースであると気づく。この点に着目して、正しい選択肢を選ぶ。

【解説】

グルコースとフルクトースから構成される二糖類がスクロースである。ゆえに、解答は e

である。

問 29

【方針】

合成高分子化合物の合成方法や特徴などについての問題である。したがって、合成高分子化合物に関する知識と「原則 1 3. 有機化合物の官能基」の知識を利用して解く。

【解説】

a：開環重合を利用するのは、6,6-ナイロンではなく 6-ナイロンである。ゆえに、誤っている。

b：ビニロンにはエステル結合はなく、多数のエーテル結合がある。ゆえに、誤っている。

c：ヘキサメチレンジアミンを用いるのは、6-ナイロンではなく 6,6-ナイロンである。ゆえに、誤っている。

d：ポリエチレンテレフタレート（ポリエステル的一种）には水酸基はなく、多数のエステル結合がある。ゆえに、誤っている。

e：下図のようにアクリル繊維を焼成すると炭素繊維ができる。ゆえに、正しい。



(図は <http://www.tdk.co.jp/techmag/knowledge/201203/img/kl120302.gif> より引用)

以上より、解答は e である。

問 30

【方針】

「金属ナトリウムと反応する」という文言より、アルコールであると気づく。この点に着目して、「原則 1 5. 第一級～第三級アルコール」の知識などを利用して解く。

【解説】

シクロヘキサノールは炭素数 6 であるから、その構造異性体も炭素数 6 である。また、金属ナトリウムと反応することから、アルコールである。さらに、酸化すると、水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液と反応するカルボン酸が生じることから、第一級アルコールである。以上より、当てはまるものは構造式 a の化合物である。ゆえに、解答は a である。

2

原則 3. イオン化傾向と電池・電気分解 (前述) → 問 36・問 37 に利用

原則 8. 物質質量とモル質量・モル濃度 (前述) → 問 33～問 35、問 39 に利用

原則 18. ファラデー定数と電気分解 → 問 39 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質量となるからである。

問 31

【方針】

滴定に用いるガラス器具の使い方についての問題である。したがって、滴定に用いる各種ガラス器具に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

(ア) : 正しい。

(イ) : メスフラスコは、加熱乾燥をすると、ガラスが膨張して容積が変わってしまう。ゆえに、誤っている。

(ウ) : 正しい。

(エ) : ホールピペットに残った液体を口で吹き出してはならない。ゆえに、誤っている。

以上より、解答は a である。

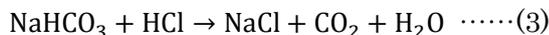
問 32

【方針】

「フェノールフタレイン」と「メチルオレンジ」の呈色についての問題である。したがって、これらの指示薬に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

この滴定では、以下の 3 つの反応が起こっている。



最初、溶液は強塩基性であるため、フェノールフタレインを加えることで溶液は赤色を呈

する。その後、塩酸を加えてゆき、(1) と (2) の反応が終了したとき、溶液は弱塩基性となり無色に変わる。続いてメチルオレンジを加えると、溶液は弱塩基性であるため黄色を呈する。その後、さらに塩酸を加えてゆき、(3) の反応が終了したとき、溶液は酸性になって赤色を呈する。

以上より、①は赤、②は無色、③は赤である。ゆえに、解答は a である。

問 33～問 35

【方針】

いずれも滴定における計算問題であることに気が付く。したがって、「原則 8. 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 33)

メチルオレンジを加えた後に、(3) の反応が起こる。よって、混合溶液中の水酸化ナトリウム (NaOH) の質量を x [g] とおくと、次式が成り立つ。

$$\frac{x}{40} + 0.100 \times \frac{3.00}{1000} = 0.100 \times \frac{10.0}{1000}$$

この式を解くと、 $x = 2.8 \times 10^{-2}$ [g] と求まる。ゆえに、解答は c である。

(問 34)

Na⁺の物質質量は、反応前後で変化しないから、

$$\frac{2.8 \times 10^{-2}}{40} + 0.100 \times \frac{3.00}{1000} \times 2 = 1.3 \times 10^{-3} \text{ [mol]}$$

となる。ゆえに、解答は d である。

(問 35)

5 倍の濃度の塩酸で滴定したから、

$$(10.0 + 3.00) \times \frac{1}{5} = 2.6 \text{ [mL]}$$

となる。ゆえに、解答は b である。

問 36・問 37

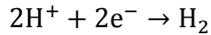
【方針】

「亜鉛板と銅板とを浸した」という文言より、亜鉛と銅のイオン化傾向の違いが手掛かりとなることに気づく。この点を踏まえて、「原則 3. イオン化傾向と電池・電気分解」の知識などを利用して解く。

【解説】

(問 36)

イオン化傾向は亜鉛 > 水素 > 銅であるから、①では亜鉛板で水素が発生する。②と③のように、2 つの金属板を溶液中で接したり、導線でつないだりした場合、電子が亜鉛板から銅板へ移動して、銅板の表面で次式の反応が起こって、水素が発生する。



よって、①は亜鉛、②は銅、③は銅である。ゆえに、解答は c である。

(問 37)

イオン化傾向の大きい金属のほうが負極となるから、①は「大きい」である。負極の亜鉛板から正極の銅板へ電子が移動し、正極の銅板で水素が発生するから、②は「正」である。また、正極の銅板での水素の発生を抑えるためには酸化剤を入れておけばよい。よって、③は「酸化剤」である。なお、この酸化剤のことを減極剤と言う。

以上より、①：大きい、②：正、③：酸化剤である。ゆえに、解答は a である。

問 38～問 40

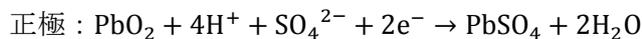
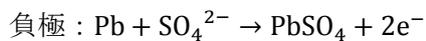
【方針】

いずれも鉛蓄電池の特徴や反応などについての知識問題や計算問題であることに気づく。したがって、鉛蓄電池に関する知識および「原則 8. 物質質量とモル質量・モル濃度」と「原則 1 8. ファラデー定数と電気分解」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 38)

鉛蓄電池が放電するとき、各極の反応は次式のようになる。



(ア)：二酸化鉛極から鉛極に電流が流れる。ゆえに、誤っている。

(イ)： PbSO_4 は両極で発生する。ゆえに、誤っている。

(ウ)： PbSO_4 は水に溶けないので、溶液中に Pb^{2+} はほとんど存在しない。ゆえに、誤っている。

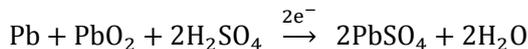
(エ)：正しい。

(オ)：正しい。

以上より、(エ)と(オ)が正しい。ゆえに、解答は d である。

(問 39)

鉛蓄電池では、次式のように、取り出した電子の物質質量と消費した硫酸の物質質量は等しい。



したがって、消費された硫酸の質量 x [g] は

$$x = \frac{19300}{9.65 \times 10^4} \times 98.1 = 19.6 \text{ [g]}$$

となる。また、硫酸が消費されるとき、同じ物質質量の水が生成するから、その水の質量 y [g] は

$$y = \frac{19300}{9.65 \times 10^4} \times 18 = 3.6 \text{ [g]}$$

となる。以上より、希硫酸の放電後の質量パーセント濃度は

$$\frac{1000 \times 0.200 - 19.6}{1000 - 19.6 + 3.6} \times 100 = 18.33 \text{ [%]}$$

となる。ゆえに、解答は c である。

(問 40)

充電時は、放電時とは逆の反応が起こるから、正極の反応は次のようになる。



よって、①は PbSO_4 、②は PbO_2 、③は SO_4^{2-} である。ゆえに、解答は e である。

3

原則 2. 電子殻と最大収容電子数 (前述) → 問 41～問 43 に利用

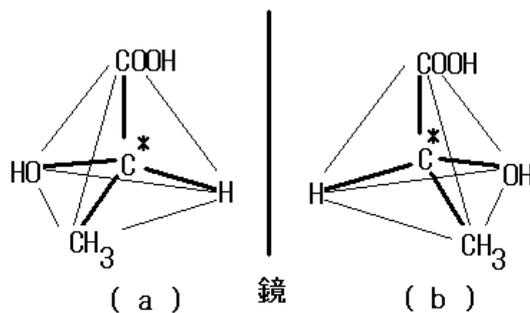
原則 7. 熱化学方程式 (前述) → 問 45 に利用

原則 16. アミノ酸の等電点 (前述) → 問 46 に利用

原則 17. 主要なアミノ酸 (前述) → 問 47 に利用

原則 19. 不斉炭素原子 → 問 50 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)

問 41～問 43

【方針】

いずれも電子殻や電子配置または結合エネルギーについての問題である。したがって、周期表に関する知識や「原則 2. 電子殻と最大収容電子数」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 41)

全電子数から水素の電子数を引いた数は、X と Y のそれぞれ 2 個分の電子数になる。よって、X と Y の電子数と電子配置は、次のようになる。

$$X: \frac{18-6}{2} = 6 \rightarrow K^2L^4$$

$$Y: \frac{34-6}{2} = 14 \rightarrow K^2L^8M^4$$

したがって、X と Y は、いずれも最外殻電子数 (価電子数) が 4 である。ゆえに、解答は b

である。

(問 42)

前問の結果より、X は炭素 (C)、Y はケイ素 (Si) であり、いずれの水素化合物も共有結合によるものであり、価電子は 4 個あり、そのうちの 3 個は水素と結合している。よって、 $X\cdots X$ 、 $Y\cdots Y$ の結合は、ともに単結合である。ゆえに、解答は a である。

(問 43)

a : 全電子数が多い方が結合エネルギーが大きいとは必ずしも言えない。ゆえに、誤っている。

b,c : $X\cdots X$ と $Y\cdots Y$ はいずれも二重結合ではなく単結合である。ゆえに、誤っている。

d,e : $X\cdots X$ と $Y\cdots Y$ の最外殻電子数 (価電子数) はいずれも 4 個である。ゆえに、誤っている。

f : 結合に関わるのは最外殻電子 (価電子) だけである。したがって、最外殻電子と原子核の距離が短い $X\cdots X$ の方が結合エネルギーは大きい。ゆえに、正しい。

以上より、f が正しい。ゆえに、解答は f である。

問 44・問 45

【方針】

いずれも $H_3X\cdots XH_3$ や $H_3Y\cdots YH_3$ の燃焼に関係のある知識問題や計算問題である。また、問 41 で得られた $X=C$ (炭素)、 $Y=Si$ (ケイ素) にもとづいて、 $H_3X\cdots XH_3$ 、 X_kO_l 、 $H_3Y\cdots YH_3$ 、 Y_mO_n の各分子式は容易に求められることに気づく。これらの点を踏まえて、「原則 7. 熱化学方程式」の知識などを利用して解く。

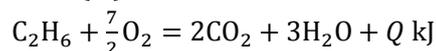
【解説】

(問 44)

問 41 の結果より、 $H_3X\cdots XH_3$ は C_2H_6 であるから、 X_kO_l は CO_2 となる。同様に、 $H_3Y\cdots YH_3$ は Si_2H_6 であるから、 Y_mO_n は SiO_2 となる。 $0^\circ C$ 、1 気圧において、 CO_2 は気体で、 SiO_2 は固体である。ゆえに、解答は c である。

(問 45)

前問より、 $H_3X\cdots XH_3$ は C_2H_6 、 X_kO_l は CO_2 であるから、 $H_3X\cdots XH_3$ すなわち C_2H_6 の燃焼熱を Q [kJ] とおくと、完全燃焼における熱化学方程式は次式で表される。



反応熱 = (生成物の生成熱の和) - (反応物の生成熱の和) であるから、

$$Q = 394 \times 2 + 286 \times 3 - 84 \times 1 = 1.56 \times 10^3 \cong 1.6 \times 10^3 \text{ [kJ]}$$

となる。ゆえに、解答は c である。

問 46～問 50

【方針】

いずれもアミノ酸の特徴や性質などについての問題である。したがって、「原則16. アミノ酸の等電点」や「原則17. 主要なアミノ酸」、「原則19. 不斉炭素原子」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問46)

等電点においては、分子のほとんどが双生イオン(構造式e)となっている。ゆえに、解答はeである。

(問47)

問題文の中では、リシン、バリン、フェニルアラニンの3つが必須アミノ酸である。ゆえに、解答はcである。なお、この他に、ロイシン、イソロイシン、メチオニン、トリプトファン、トレオニン、ヒスチジンも必須アミノ酸である。

(問48)

$3 \times 2 \times 1 = 6$ 種類のトリペプチドが存在する。ゆえに、解答はbである。

(問49)

問題文の(A)に入る語句は、「アミド」である。よって、アミド結合をもつ6,6-ナイロンは、ペプチドと同じ結合様式である。ゆえに、解答はaである。

(問50)

グリシンには不斉炭素原子がないので、その光学異性体は存在しない。よって、グリシンでは、偏光面は回転しない。ゆえに、解答はdである。