

第 3 回

実戦問題 解答・解説

●設問別平均点・標準偏差表

設問	設 問 内 容	配点	全 体	現 役	既 卒	標準偏差
1	物質の構成	25	14.3	14.0	17.6	6.3
2	物質の変化	25	10.5	10.2	14.0	6.1
合 計		50	24.8	24.3	31.5	10.9

※「設問別正答率表」は非公表のため割愛します。

●第3回 得点別偏差値・順位表

得点	偏差値	順位	得点	偏差値	順位	得点	偏差値	順位
50	73.1	1						
49	72.2		29	53.9	23129	9	35.5	60314
48	71.3	474	28	52.9	24823	8	34.6	61636
47	70.4	525	27	52.0	27060	7	33.7	62615
46	69.4	1339	26	51.1	29238	6	32.8	63282
45	68.5	1732	25	50.2	31042	5	31.8	64242
44	67.6	1918	24	49.3	33239	4	30.9	64708
43	66.7	2942	23	48.4	35461	3	30.0	64901
42	65.8	3901	22	47.4	37347	2	29.1	65448
41	64.9	4355	21	46.5	39420	1	28.2	
40	63.9	5436	20	45.6	41616	0	27.3	65586
39	63.0	6895	19	44.7	43419			
38	62.1	7774	18	43.8	45334			
37	61.2	8954	17	42.9	47643			
36	60.3	10653	16	41.9	49371			
35	59.4	12046	15	41.0	51086			
34	58.4	13457	14	40.1	53022			
33	57.5	15443	13	39.2	54609			
32	56.6	17293	12	38.3	56074			
31	55.7	18932	11	37.3	57751			
30	54.8	21060	10	36.4	59134			

れを結合に極性があるという。また、極性の大きさは電気陰性度の差が大きいほど大きくなる。したがって、C-H結合、N-H結合、O-H結合のうち、極性が最も大きい結合は、水素原子と電気陰性度の差が最も大きい酸素原子が結合したO-H結合である。

②(正) Cl_2 は同じ原子からなり、原子間の結合に極性がないため無極性分子である。

③(正) CCl_4 はC-Cl結合に極性があるが、分子の形が正四面体形であり、結合の極性が分子全体で打ち消されるため、無極性分子である。

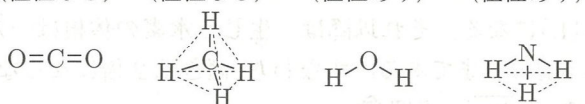
④(正) H_2S はH-S結合に極性があり、分子の形が折れ線形の極性分子である。

⑤(正) NH_3 はN-H結合に極性があり、分子の形が三角すい形の極性分子である。

ポイント

おもな分子の形と極性

二酸化炭素 (極性なし)	メタン (極性なし)	水 (極性あり)	アンモニア (極性あり)
-----------------	---------------	-------------	-----------------



直線形 正四面体形 折れ線形 三角すい形

四塩化炭素 CCl_4 はメタンと、硫化水素 H_2S は水と同様の構造であり、極性の有無は同じである。

問5 6 正解③

①(正) イオン結晶は、陽イオンと陰イオンが静電気力(クーロン力)で引き合うイオン結合からなる結晶である。

②(正) イオン結晶は、陽イオンの総電荷と陰イオンの総電荷がつり合っていて、結晶全体では電気的に中性になる。

③(誤) イオン結晶は結合力が強く、一般に融点が高く硬い。ただし、強い力が加わりイオンの位置関係がずれると同符号イオンどうしが反発し合うため、割れやすくもろい。

④(正) イオン結晶は、結晶の状態では電気を導かない。融解したり水に溶かしたりするとイオンが動けるようになり電気を導くようになる。

⑤(正) イオン結晶は水に溶けるものが多いが、塩化銀 AgCl や炭酸カルシウム CaCO_3 など、溶解度が小さく水に溶けにくいイオン結晶もある。

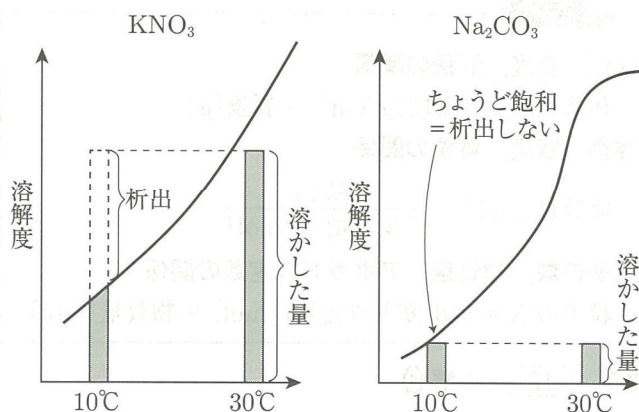
問6 7 正解②

30℃において、水200gに硝酸カリウム80gおよび炭酸ナトリウム24gが溶けた水溶液は、それぞれグラフから読み取れる溶解する最大質量(硝酸カリウム、炭

酸ナトリウムともに水200gに約 $45.5\text{g} \times \frac{200\text{g}}{100\text{g}} = 91\text{g}$

まで溶解する。)より少ない溶質の量しか溶解していないため飽和溶液ではない。これを冷却すると溶解度が小さくなるため、溶解する最大質量と溶かした溶質の量が等しくなる温度で飽和溶液となり、さらに冷却すると結晶が析出する。ここでは硝酸カリウムの結晶のみをなるべく多く析出させたいので、冷却したときに炭酸ナトリウム水溶液がちょうど飽和する温度を求める。

水100gあたりに溶けている炭酸ナトリウムの質量は $24\text{g} \times \frac{100\text{g}}{200\text{g}} = 12\text{g}$ なので、求める温度は炭酸ナトリウムの溶解度が12g/100g水になる温度、すなわち10℃となる。



[参考] 再結晶

温度により溶解度が大きく変化する物質では、高い温度で水に多くの結晶を溶かし、その溶液を冷却すると溶解度が小さくなり結晶が析出してくる。この操作を再結晶といい、物質の分離・精製に利用される。

問7 8 正解②

①(正) アルミニウムは、他の主な金属にくらべて密度が小さく軽い金属であり、その合金であるジュラルミンは、航空機などの材料に用いられる。

②(誤) 炎色反応は、金属イオンなどを含む水溶液を炎の中に入れると特有の色を示す反応である。周期表の2族では、カルシウムCa、ストロンチウムSr、バリウムBaなどが炎色反応を示すが、マグネシウムMgは示さない。

③(正) 炭酸水素ナトリウムは、加熱により分解して二酸化炭素を発生するので、ベーキングパウダーなどに用いられる。



④(正) 塩化カルシウムは、空気中の水分を吸収する性質(潮解性)を利用して乾燥剤に用いられる。また、道

路の凍結防止剤として用いられることも多い。

第2問

問1 9 正解②

金属 X 1.0 cm^3 の質量は、密度が 10 g/cm^3 であるから、

$$10\text{ g/cm}^3 \times 1.0\text{ cm}^3 = 10\text{ g}$$

その物質量は、原子量が 96 より、モル質量は 96 g/mol であるから、

$$\frac{10\text{ g}}{96\text{ g/mol}} = \frac{10}{96}\text{ mol}$$

よって、原子の数は、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ より、

$$6.0 \times 10^{23}/\text{mol} \times \frac{10}{96}\text{ mol} \approx 6.3 \times 10^{22}\text{ 個}$$

ポイント

体積、密度、質量の関係

$$\text{体積}[\text{cm}^3] \times \text{密度}[\text{g/cm}^3] = \text{質量}[\text{g}]$$

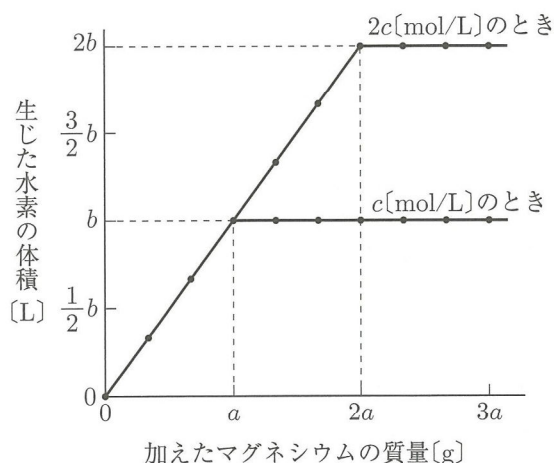
体積、密度、質量の関係

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

粒子の数、物質量、アボガドロ定数の関係

$$\text{粒子の数} = \text{アボガドロ定数}[\text{/mol}] \times \text{物質量}[\text{mol}]$$

問2 10 正解④



①②(正) マグネシウムと塩酸(塩化水素)の反応式は、



反応式の係数の比と反応物の物質量の比は等しいので、反応式より、マグネシウムと塩化水素の物質量の比は $1:2$ である。

マグネシウムの物質量と生じた水素の物質量の比は、反応式の係数の比より、 $1:1$ とわかる。Mg の原子量は 24、H の原子量は 1.0 であるから、質量の比は、

マグネシウム Mg : 水素 H_2

$$= (24 \times 1) : (1.0 \times 2) = 12 : 1$$

③(正) 塩酸の濃度を 2 倍にすると、溶液中の HCl の物質量も 2 倍になる。したがって、生じる水素の体積の最大量も 2 倍となる。図 1 より、塩酸のモル濃度が $c[\text{mol/L}]$ のとき生じた水素の最大量は $b[\text{L}]$ であるから、塩酸の濃度を $2c[\text{mol/L}]$ にすると、生じる水素の最大量は $2b[\text{L}]$ となる。

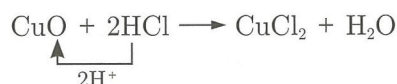
④(誤) 図 1 から、加えたマグネシウムの質量が 0 g から $a[\text{g}]$ までは、生じた水素の体積が加えたマグネシウムの質量に比例していることがわかる。すなわち、 0 g から $a[\text{g}]$ までに生じた水素の体積はマグネシウムの質量によって決まっているので、塩酸の濃度を 2 倍 ($2c[\text{mol/L}]$) にして HCl の物質量を 2 倍にしても、 0 g から $a[\text{g}]$ までのグラフは、図 1 と同じである。

塩酸の濃度を $2c[\text{mol/L}]$ にして、マグネシウムの質量を増やしていくと、生じる水素の体積は $2a[\text{g}]$ まで図 1 と同じ傾きで増加し、生じる水素の体積の最大量は $2b[\text{L}]$ になる。それ以降は、生じる水素の体積は一定量 $2b[\text{L}]$ のままである。すなわち、傾きは 2 倍にならない。

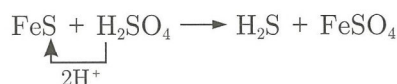
問3 11 正解⑤

①(誤) 化合物中に H^+ または H^+ を放出できる H を含んでいないので、酸としてはたらいしていない。また、 H^+ を受け取ってもいないので塩基としてもはたらいしていない。

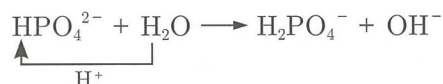
②(誤) CuO 中の O_2^- が HCl から H^+ を受け取り H_2O に変化しているので、 CuO は塩基としてはたらいしている。



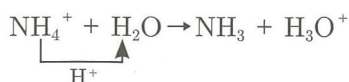
③(誤) FeS 中の S^{2-} が H_2SO_4 から H^+ を受け取り H_2S に変化しているので、 FeS は塩基としてはたらいしている。



④(誤) HPO_4^{2-} は H_2O から H^+ を受け取り H_2PO_4^- に変化しているので、 HPO_4^{2-} は塩基としてはたらいしている。



⑤(正) NH_4^+ は H^+ を放出して NH_3 に変化している。なお、 H_2O は、 H^+ を受け取り H_3O^+ に変化している。塩基としてはたらいしている。



ポイント

ブレンステッド・ローリーの定義

酸：水素イオンをほかに与える物質

塩基：水素イオンをほかから受け取る物質

問4 a [12] 正解⑤

ホールピペットとビュレットは内側が蒸留水でぬれていると、溶液が薄まってしまう。よって、溶液の体積を正確にはかり取っても溶質の正確な量がわからなくなり、滴定が不正確になる。したがって、蒸留水で洗い、水滴が残っているときはいずれも共洗いをを行う。

コニカルビーカーには、ホールピペットやビュレットで溶液に含まれている溶質の物質量が決定されている液を入れるので、蒸留水でぬれていても滴定結果に影響しない。

ポイント

中和滴定に用いる器具、操作

ホールピペット：一定体積の溶液を正確にはかり取る器具

ビュレット：溶液を滴下し、その体積を読み取る器具

共洗い：器具に入れる溶液で、器具の内側を洗う操作

b [13] 正解③

酢酸、水酸化ナトリウムは、ともに1価の酸、塩基であるから、酢酸水溶液のモル濃度を x [mol/L] とすると、次の式が成り立つ。

$$1 \times x \text{ [mol/L]} \times \frac{10.0}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.12 \text{ mol/L} \times \frac{7.5}{1000} \text{ L}$$

$$x = 0.090 \text{ mol/L}$$

モル濃度から質量パーセント濃度を求めるために、水溶液 1 L (1000 mL) を考える。酢酸水溶液 1 L (1000 mL) の質量は、密度 1.0 g/cm^3 より、

$$1.0 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ mL} = 1000 \text{ g}$$

溶質の質量は、モル濃度が 0.090 mol/L 、分子量が 60 であるから、

$$0.090 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} \times 60 \text{ g/mol} = 5.4 \text{ g}$$

したがって、質量パーセント濃度は、

$$\frac{5.4 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 0.54\%$$

[別解]

酢酸水溶液の質量パーセント濃度を y [%] とすると、

水溶液 10.0 mL 中の酢酸の物質量は、水溶液の密度が 1.0 g/cm^3 、分子量が 60 であるから、

$$\frac{10.0 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/cm}^3 \times \frac{y}{100}}{60 \text{ g/mol}} = \frac{y}{600} \text{ [mol]}$$

酢酸、水酸化ナトリウムは、ともに1価の酸、塩基であるから、次の式が成り立つ。

$$1 \times \frac{y}{600} \text{ [mol]} = 1 \times 0.12 \text{ mol/L} \times \frac{7.5}{1000} \text{ L}$$

$$y = 0.54\%$$

ポイント

中和滴定の量的関係

n 価で C [mol/L] の酸の水溶液 v [mL] と n' 価で C' [mol/L] の塩基の水溶液 v' [mL] がちょうど中和するとき、次の式が成り立つ。

$$n \times C \times \frac{v}{1000} = n' \times C' \times \frac{v'}{1000}$$

問5 [14] 正解①

①(正) FeCl_3 (塩化鉄(Ⅲ))は、強酸の塩化水素 HCl と弱塩基の水酸化鉄(Ⅲ) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ からなる正塩であるから、水溶液は酸性を示す。

②(誤) CaCl_2 (塩化カルシウム)は、強酸の HCl と強塩基の水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ からなる正塩であるから、水溶液は中性を示す。

③(誤) CH_3COONa (酢酸ナトリウム)は、弱酸の酢酸 CH_3COOH と強塩基の水酸化ナトリウム NaOH からなる正塩であるから、水溶液は塩基性を示す。

④(誤) K_2SO_4 (硫酸カリウム)は、強酸の硫酸 H_2SO_4 と強塩基の水酸化カリウム KOH からなる正塩であるから、水溶液は中性を示す。

⑤(誤) NaHCO_3 (炭酸水素ナトリウム)は、酸の H が残っている酸性塩であるが、加水分解により水溶液は塩基性を示す。

ポイント

塩の水溶液の性質

正塩では、そのもととなる酸と塩基の強弱によって、その水溶液の性質が異なる。

強酸 + 強塩基の正塩 中性

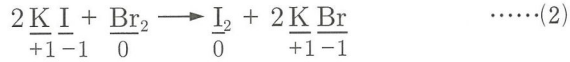
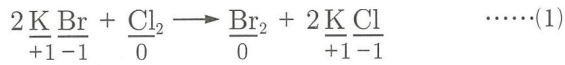
強酸 + 弱塩基の正塩 酸性

弱酸 + 強塩基の正塩 塩基性

(酸性塩のうち、 NaHCO_3 は塩基性、 NaHSO_4 は酸性を示す。)

問6 15 正解③

二つの反応式の各原子の酸化数を示すと次のようになる。



(1)式では、酸化数の変化から酸化剤は Cl_2 ($0 \rightarrow -1$)、還元剤は Br^- ($-1 \rightarrow 0$) である。逆向きの変化を考えると、 Cl^- が還元剤、 Br_2 が酸化剤としてはたらくことになるが、逆向きの反応は起こらない。したがって、酸化力の強さについては、酸化剤どうしである Cl_2 と Br_2 を比較し、 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2$ となる。

(2)式では、酸化数の変化から酸化剤は Br_2 ($0 \rightarrow -1$)、還元剤は I^- ($-1 \rightarrow 0$) である。逆向きの反応を考えると、 Br^- が還元剤、 I_2 が酸化剤としてはたらくことになるが、逆向きの反応は起こらない。したがって、酸化力の強さについては、酸化剤どうしである Br_2 と I_2 を比較し、 $\text{Br}_2 > \text{I}_2$ となる。

以上より、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 の酸化力の強さの順は、 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ となる。

問7 16 正解④

異なる2種類の金属を電解質水溶液(この設問では希硫酸)に浸し、導線をつなぐと電池ができ、イオン化傾向の大きい金属から小さい金属へ導線を伝わって電子の移動が起こる。このとき、イオン化傾向が大きい金属が負極、小さい金属が正極になる。

①(正) イオン化傾向が $\text{Fe} > \text{Ag}$ であるから、正極は Ag 、負極は Fe となる。

②(正) イオン化傾向が $\text{Mg} > \text{Cu}$ であるから、正極は Cu 、負極は Mg となる。

③(正) イオン化傾向が $\text{Al} > \text{Pt}$ であるから、正極は Pt 、負極は Al となる。

④(誤) イオン化傾向が $\text{Zn} > \text{Cu}$ であるから、正極は Cu 、負極は Zn となる。

ポイント

金属のイオン化傾向

大 Li, K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, (H_2), Cu, Hg, Ag, Pt, Au 小