

第 4 回

実戦問題 解答・解説

●設問別正答率表

解答番号	1. ①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	2. ⑨	⑩
配 点	3点	4点	2点	2点	4点	3点	3点	4点	3点	3点
正答率(%)	74.2	58.0	86.9	54.4	75.0	60.3	58.9	36.4	29.2	70.9
解答番号	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯				
配 点	3点	3点	3点	4点	3点	3点				
正答率(%)	55.9	83.7	67.6	26.6	74.3	57.0				

●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	15.5	14.7	16.6	5.7
2	物質の変化	25	14.2	13.6	15.1	5.8
合 計		50	29.7	28.3	31.8	10.0

●第4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	70.3	1						
49	69.3		29	49.3	4100	9	29.3	7280
48	68.3		28	48.3	4123	8	28.3	
47	67.3	96	27	47.3	4413	7	27.3	7395
46	66.3	280	26	46.3	4843	6	26.3	7399
45	65.3		25	45.3	4861	5	25.3	
44	64.3	414	24	44.3	5062	4	24.3	
43	63.3	575	23	43.3	5526	3	23.3	7457
42	62.3	890	22	42.3	5540	2	22.3	
41	61.3	927	21	41.3	5725	1	21.3	
40	60.3	1053	20	40.3	6139	0	20.3	7482
39	59.3	1446	19	39.3	6145			
38	58.3	1607	18	38.3	6271			
37	57.3	1703	17	37.3	6643			
36	56.3	2145	16	36.3	6650			
35	55.3	2428	15	35.3	6741			
34	54.3	2501	14	34.3	7022			
33	53.3	2905	13	33.3	7023			
32	52.3	3252	12	32.3	7062			
31	51.3	3299	11	31.3				
30	50.3	3672	10	30.3	7261			

解 説

第 1 問

問 1 1 正解 ②

すべて典型元素なので、最外殻電子の数は周期表族番号の 1 の位の数と同じになる。ただし、He は 18 族元素であるが最外殻電子の数は 2 である。

1	2	13	14	15	16	17	18
H							He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca					Br	Kr
Rb	Ba					I	Xe

各原子の最外殻電子の数を以下に示す。

- ① N : 5, P : 5 ② He : 2, Ne : 8
 ③ Mg : 2, Ca : 2 ④ O : 6, S : 6
 ⑤ Li : 1, K : 1 ⑥ F : 7, Cl : 7

したがって、最外殻電子の数が異なる原子の組合せは ② である。

問 2 2 正解 ④

① (正) 原子番号と陽子の数は等しい。また、原子中の陽子と電子は同じ数で、原子全体の電荷は 0 になっている。

② (正) 陽子は正の電荷、電子は負の電荷をもち、互いに反対の電荷を帯びているが、陽子 1 個と電子 1 個がもつ電荷の絶対値は同じで、陽子と電子が同数あると、全体として電氣的に中性となる。

③ (正) 原子は、中心にある原子核と、原子核のまわりに存在する負の電荷をもつ電子からなる。

④ (誤) 原子の直径は約 10^{-10} m、原子核の直径はその数万分の 1 の $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m である。

⑤ (正) 陽子と中性子の質量はほとんど同じだが、電子の質量は、陽子や中性子の質量の約 1840 分の 1 である。

よって、原子の質量は原子核の質量にほぼ等しい。

⑥ (正) 原子番号が同じで、質量数が異なる原子どうしを同位体といい、化学的な性質はほぼ同じである。

問 3 3・4 正解 ①・⑥ (順不同)

① (誤) 液体の表面付近にある熱運動の激しい分子が分子間の引力を断ち切って液体の表面から飛び出し、気体になる変化を蒸発という。液体の温度を上げていくと、さらに分子の熱運動が激しくなり、液体内部からも気体が発生する。この現象を沸騰という。

② (正) 物質を構成する粒子は、温度に応じた運動エネルギーをもち、絶えず運動している。これを熱運動という。高温になるほど運動エネルギーが大きくなり、熱運動も活発になる。

③ (正) 気体分子の温度を下げていくと、理論上 -273°C において気体の熱運動が完全に停止する。この温度は最も低い温度(絶対零度とよばれる)で、これ以下の温度は存在しないとされる。

④ (正) 気体を冷却していくとき、凝固点以下の温度になってもすぐには凝固が起こらない場合がある。この状態を過冷却という。

⑤ (正) ドライアイスやヨウ素などは、固体が液体になることなく気体に変化する。このように固体から直接気体になる状態変化を昇華という。

⑥ (誤) 水が蒸発して水蒸気になるように、物質の三態間の変化では、物質そのものは変化せず状態だけが変化する。これを物理変化という。これに対して、水を電気分解すると水素と酸素になるように、元の物質とは異なる別の物質が生じる変化を化学変化という。

問 4 5 正解 ③

① (正) 塩化マグネシウム MgCl_2 は、マグネシウムイオン Mg^{2+} と塩化物イオン Cl^- がイオン結合で結びついた結晶である。

② (正) 二酸化炭素 CO_2 分子では、C 原子と O 原子が互いの不対電子を出し合って、それらを共有することにより結合している。このような結合を共有結合という。

③ (誤) 一方の原子の非共有電子対を、他の原子と共有することでできる結合を配位結合という。アンモニウムイオン NH_4^+ は、アンモニア分子に水素イオン H^+ が配位結合してできている。配位結合は、通常の共有結合とできる仕組みが異なるが、できた後の状態は共有結合と同じなので、区別することはできない。

④ (正) 二酸化ケイ素 SiO_2 では、Si 原子と O 原子の共有結合 Si-O が立体的に繰り返されて、共有結合の結晶をつくっている。

⑤ (正) 金属結晶中の原子の価電子は、共有結合のように特定の原子の間で共有されるのではなく、すべての原子によって共有され、自由に動き回っている。このような価電子を自由電子といい、自由電子による金属結晶中の原子どうしの結合を金属結合という。

問 5 6 正解 ①

各分子の電子式と共有電子対(●●)の数を示す。



第2問

問1 9 正解④

それぞれの化学式は、ダイヤモンドがC、水がH₂O、アルゴンがAr、アンモニアがNH₃である。また、Cの原子量は12なのでモル質量は12g/mol、0℃、1.013×10⁵Paにおける気体のモル体積は22.4L/mol、アボガドロ定数は6.0×10²³/molである。なお、H₂OとNH₃の分子1mol中に含まれる原子の総物質量はそれぞれ3molと4molである。物質①～④に含まれる原子の総物質量を求めると、

$$\textcircled{1} \quad \frac{12\text{g}}{12\text{g/mol}} = 1.0\text{mol}$$

$$\textcircled{2} \quad 0.50\text{mol} \times 3 = 1.5\text{mol}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{33.6\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 1.5\text{mol}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{3.0 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}/\text{mol}} \times 4 = 2.0\text{mol}$$

物質量が大きいほど粒子数(=物質量×アボガドロ定数)は多いため、④の原子の総数が最も多い。

問2 10 正解③

エタノールC₂H₅OH(分子量は46なので、モル質量は46g/mol)4.6gの物質量は、

$$\frac{4.6\text{g}}{46\text{g/mol}} = 0.10\text{mol}$$

また化学反応式より、生成するC₂H₅OHと消費されるC₆H₁₂O₆の物質量は2:1であるため、0.10molのエタノールをつくるには、グルコースはその半分の0.050molあればよい。よって、反応したC₆H₁₂O₆(分子量180なので、モル質量は180g/mol)の質量は、

$$0.050\text{mol} \times 180\text{g/mol} = 9.0\text{g}$$

問3 11 正解②

0.10mol/Lの希硫酸500mL中のH₂SO₄の物質量は、

$$0.10\text{mol/L} \times \frac{500}{1000}\text{L} = 0.050\text{mol}$$

したがって、濃硫酸 x [cm³]中に含まれているH₂SO₄の物質量が0.050molであればよいので、

$$d[\text{g/cm}^3] \times x[\text{cm}^3] \times \frac{w}{100} \times \frac{1}{M[\text{g/mol}]} = 0.050\text{mol}$$

$$\therefore x = \frac{5M}{dw}[\text{cm}^3]$$

問4 a 12 正解⑥

ガラスに水滴がつくように、ガラスと水分子の間には引力がはたらくため、ガラスと接している液面の端の部分が持ち上がる。このため、メスフラスコ内の液面は湾曲する(これをメニスカスという)。溶液を調製するとき

は、メニスカスの中央の最も低い部分が、メスフラスコの標線に一致するようにする。

b 13 正解②

①(正) メスフラスコ内に固体物質を直接入れてしまうと、内壁に傷がついたり、溶解時に発熱する物質の場合、ガラスが膨張して容積が変わってしまう可能性がある。また、もし固体が溶けきれなかった場合は加熱できない。したがって、必ずビーカー内で少量の水に溶かしてからメスフラスコを用いて希釈する。

②(誤) 溶質が溶けた状態で正確に50mLの体積の水溶液を調製するため、メスシリンダーではなくメスフラスコを用いなければならない。

③(正) メスフラスコは、水溶液を入れたのち、水を標線まで加えて、水溶液を調製する。このため、あらかじめメスフラスコ内が純水でぬれていてもよい。

④(正) 体積測定用のガラス器具は加熱してしまうと容器の容積が変化してしまう。このため、加熱してはいけない。

問5 14 正解⑤

弱塩基のアンモニアと強酸の塩酸(塩化水素)がちょうど中和したときには、塩化アンモニウムの水溶液になり、溶液は酸性を示す。中和点前後ではpHは大きく変化するため、酸性付近で変色する指示薬を使えばよい。フェノールフタレインの変色域はおおよそpH8~10、メチルオレンジの変色域はおおよそpH3~4であるから、指示薬はメチルオレンジがよい。メチルオレンジは中~塩基性で黄色、酸性で赤色を示す。アンモニア水は塩基性であるため、中和点の前後で黄色から赤色に変化する。また、アンモニア水の濃度を x [mol/L]とすると、塩酸が与えたH⁺の物質量とアンモニア水が受けとったH⁺の物質量は互いに等しいので、

$$\begin{aligned} 1(\text{価}) \times 0.10\text{mol/L} \times \frac{8.0}{1000}\text{L} \\ = 1(\text{価}) \times x[\text{mol/L}] \times \frac{10}{1000}\text{L} \end{aligned}$$

$$\therefore x = 0.080\text{mol/L}$$

問6 15 正解⑥

a 多原子イオンの場合は含まれる原子の酸化数の総和がイオンの電荷に等しいので、NとOの酸化数の総和は-1になる。Oの酸化数を-2とすれば、Nの酸化数は+5と計算される。

b 化合物の場合は含まれる原子の酸化数の総和が0になるため、HとOの酸化数の総和は0である。Hの酸化数を+1とすれば、Oの酸化数は-1と計算される。

c 単原子イオンの酸化数はそのイオンの価数に符号

をつけた値と一致する。CuSO₄は、銅(II)イオンCu²⁺と、硫酸イオンSO₄²⁻からなるイオン化合物なので、SO₄²⁻で考えれば、SとOの酸化数の総和は-2である。Oの酸化数を-2とすれば、Sの酸化数は+6と計算される。

問7 16 正解⑥

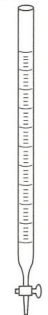
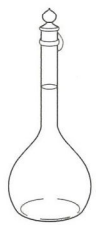

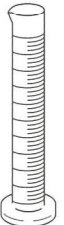
Al(原子量が27なので、モル質量は27g/mol) 0.27gの物質量は、

$$\frac{0.27\text{g}}{27\text{g/mol}} = 0.010\text{mol}$$

このAlがすべて反応したとき、発生するH₂の物質量は、化学反応式の係数より、その $\frac{3}{2}$ 倍の0.015molである。一方、Alをすべて反応させるのに必要なHClの物質量は $\frac{6}{2}$ 倍の0.030molであり、1.0mol/Lの塩酸30mL中に含まれるHClの物質量に一致する。すなわち、加えた塩酸の体積が30mLまでは塩酸の体積と発生するH₂の物質量が比例するが、30mL以降は0.015molのままで増えない。よって、グラフは⑥が正しい。

ポイント

主な実験器具

名称	ビュレット	メスフラスコ	ホールピペット	メスシリンダー
概形				
使用目的	滴定実験で、溶液を滴下し、その滴下量を正確に測定する。	正確な体積の溶液を調製する。	溶液を正確な体積だけ取り取る。	体積をはかり取る(メスフラスコに比べて不正確)。

中和滴定で用いる器具の準備

ビュレット、ホールピペット：蒸留水で洗った後、使用する液で洗い、ぬれたまま用いる。

メスフラスコ、コニカルビーカー：蒸留水で洗い、ぬれたまま用いる。

(ビュレット、ホールピペット、メスフラスコは) 加熱厳禁。

中和における量的関係

酸と塩基が過不足なく中和するとき、次の関係式が成り立つ。

「H⁺の物質量 = OH⁻の物質量」または、

「酸の物質量×価数 = 塩基の物質量×価数」

例 a[mol/L]のn価の酸の水溶液v[mL]とa'[mol/L]のn'価の塩基の水溶液v'[mL]が過不足なく中和するとき、avn = a'v'n'の関係式が成り立つ。

中和滴定と使用する指示薬

強酸と強塩基の滴定

→フェノールフタレインまたはメチルオレンジを用いる。

弱酸と強塩基の滴定

→フェノールフタレインを用いる。

強酸と弱塩基の滴定

→メチルオレンジを用いる。

酸化数の求め方

- 単体中の原子の酸化数は0とする。
- 化合物では、構成する原子の酸化数の総和は0とする。
- 単原子イオンの酸化数は、イオンの価数に符号をつけた値に等しい。
- 多原子イオンでは、含まれる原子の酸化数の総和はその多原子イオンの価数に符号をつけた値に等しい。
- 化合物や多原子イオンにおけるHの酸化数は+1、Oの酸化数は-2とする。ただし、NaHなどの金属水素化物中ではHの酸化数は-1、H₂O₂などの過酸化物中ではOの酸化数は-1とする。