

(解答・配点)

問 題 番 号 (配点)	設問 (配点)	解 答 番 号	正 解	自 採 点 欄	問 題 番 号 (配点)	設問 (配点)	解 答 番 号	正 解	自 採 点 欄	
第1問 (20)	1 (4)	1	⑥		第4問 (20)	1 (3)	22	⑥		
	2 (3)	2	④			2 (4)	23	⑤		
	3 (3)	3	②			3	a (3)	24	④	
	4 (4)	4	⑥				b (3)	25	③	
	5 (3)	5	③			4 (4)	26	⑤		
	6 (3)	6	③			5 (3)	27	②		
小 計					小 計					
第2問 (20)	1 (3)	7	④		第5問 (20)	1	a (4)	28	④	
	2 (3)	8	④				b (4)	29	③	
	3	a (3)	9	①			2	a (4)	30	③
		b (2)	10	④				b (4)	31	④
	4 (3)	11	③			c (4)		32	①	
	5 (3)	12	⑤			小 計				
6 (3)	13	③		合 計						
小 計					(注) - (ハイフン)でつながれた正解は、順序を問わ ない。 *は、全部正解の場合のみ点を与える。					
第3問 (20)	1 (2)	14 - 15	③-④							
	(2)									
	2 (3)	16	⑤							
	3 (4)	17	①							
	5 (5)*	19	③							
20		②								
21		①								
小 計										

発が減少し、純溶媒より蒸気圧が降下する。

②(正) 希薄溶液では、純溶媒に比べて溶質粒子の存在により、溶媒粒子が結晶化しにくくなり、凝固点降下が起こる。

③(誤) 溶質粒子が半透膜を透過できないとき、両液の濃度差を小さくするような方向に純水が食塩水側に浸透する。したがって、食塩水側の液面が上昇する。

④(正) ファントホッフの式は、浸透圧を Π 、溶質粒子のモル濃度を C 、絶対温度を T 、および気体定数を R とすると、

$$\Pi = CRT$$

で表される。この式から、一定温度において、浸透圧が溶質粒子のモル濃度に比例することがわかる。したがって、溶液の体積が一定のとき、浸透圧は溶質粒子の物質質量に比例する。

⑤(正) 沸点上昇度を ΔT_b 、溶質粒子の質量モル濃度を m (mol/kg)、モル沸点上昇を K_b とすると、

$$\Delta T_b = K_b m$$

が成り立つ。このとき m は、

$$m = \frac{\text{溶質粒子の物質質量 (mol)}}{\text{溶媒の質量 (kg)}}$$

で表される。水中で完全に電離する電解質では、陽イオンと陰イオンの物質量の総和が、溶質粒子の物質量となる。

したがって、沸点上昇度は、一定質量の溶媒において陽イオンと陰イオンの物質量の総和に比例する。

第2問

問1 7 正解④

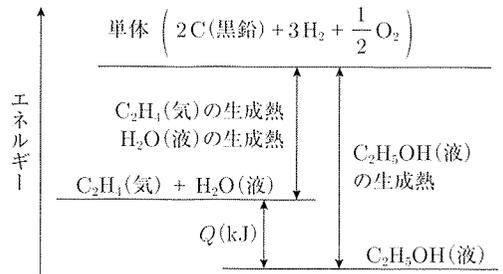
ある熱化学方程式において、その反応熱と反応に関与する物質の生成熱には次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{反応熱} &= \text{生成物の生成熱の総和} \\ &\quad - \text{反応物の生成熱の総和} \end{aligned}$$

よって、

$$\begin{aligned} Q &= \text{エタノールの生成熱} \\ &\quad - (\text{エチレンの生成熱} + \text{水の生成熱}) \\ &= 278 - (-52 + 286) = 44 \text{ kJ} \end{aligned}$$

〈別解〉 エネルギー図を用いると、



$$Q = 278 - (-52 + 286) = 44 \text{ kJ}$$

問2 8 正解④

0.20 mol/L の塩酸 500 mL 中の HCl は、0.20 mol/L $\times \frac{500}{1000}$ L = 0.10 mol、0.20 mol/L の水酸化カリウム

水溶液 500 mL 中の KOH は、0.20 mol/L $\times \frac{500}{1000}$ L =

0.10 mol。これらを反応させたときに生じる熱量 5.6 kJ は、 H^+ と OH^- が 0.10 mol ずつ中和反応したときに発生する熱量なので、1 mol あたりでは、

$$\frac{5.6 \text{ kJ}}{0.10 \text{ mol}} = 56 \text{ kJ/mol}$$

強酸と強塩基の中和では、酸・塩基の種類によらず一定であり、それを中和熱という。したがって中和熱は 56 kJ/mol である。

0.050 mol/L 硫酸水溶液 1000 mL 中の H_2SO_4 は、0.050 mol/L $\times \frac{1000}{1000}$ L = 0.050 mol、 H_2SO_4 は 2 価なので、これと過不足なく中和する量の固体の水酸化カリウム KOH (1 価) を加えて反応させたときに生じる熱量 11.4 kJ は、 H^+ と OH^- が 0.050 mol $\times 2 = 0.10$ mol ずつ中和したときに発生した熱量と、固体の水酸化カリウム 0.10 mol が溶解したときの発熱量の和に等しい。

したがって、固体の水酸化カリウムの溶解熱を Q (kJ/mol) とすると、

$$\begin{aligned} 0.10 \text{ mol} \times 56 \text{ kJ/mol} + 0.10 \text{ mol} \times Q \text{ (kJ/mol)} \\ = 11.4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\therefore Q = 58 \text{ kJ/mol}$$

問3 a 9 正解①

経過時間ごとの B の濃度から A の濃度を求めると以下の表ようになる。

A の溶液を調製した直後からの経過時間 (h)	0	2	4	...
B の濃度 (mol/L)	0	0.012	0.022	...
A の濃度 (mol/L)	0.100	0.088	0.078	...

Aの分解速度(反応速度)は、単位時間当たりのAの減少量で表されるので、0~2hの区間において平均分解速度 \bar{v} を求めると、

$$\bar{v} = -\frac{0.088 \text{ mol/L} - 0.100 \text{ mol/L}}{2 \text{ h} - 0 \text{ h}}$$

$$= 6.0 \times 10^{-3} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{h})$$

また、このときのAの平均濃度 $[\bar{A}]$ を求めると、

$$[\bar{A}] = \frac{0.100 \text{ mol/L} + 0.088 \text{ mol/L}}{2} = 0.094 \text{ mol/L}$$

となる。

2h~4hの区間についても同様に計算をすることができる。問題文から v と $[A]$ が比例することがわかっているので、 $[\bar{A}]$ と \bar{v} を用いて k を求めると、以下のようになる。

経過時間 (h)	0	2	4
Aの濃度 (mol/L)	0.100	0.088	0.078
\bar{v} (mol/(L·h))	6.0×10^{-3}		5.0×10^{-3}
$[\bar{A}]$ (mol/L)	0.094	0.083	
$k \left(= \frac{\bar{v}}{[\bar{A}]} \right)$ (/h)	0.063...	0.060...	

k は温度が一定ならば一定であるから、各区間で求めた k の平均値を求めると、

$$\frac{0.063 + 0.060}{2} \approx 0.06/\text{h}$$

b **10** 正解④

①(正) 調製直後はAの濃度が大きいので反応物どうしの衝突回数が多く、そのため分解速度は大きい。しかし、時間が経過するにつれ、Aの濃度は減少するため分解速度は遅くなる。

②(正) 温度を高くすると、反応が起こるために必要な活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ粒子の割合が増加するため、濃度が同じでも反応速度は大きくなる。このことは、温度が高いほど速度定数の値は大きくなることを表している。

③(正) $v = k[A]$ より、分解速度はAの濃度に比例するので、Aの濃度 $([A])$ を2倍にすればその直後の分解速度 (v) も2倍になる。

④(誤) 一般に、速度定数は同じ温度、触媒であれば濃度に関係なく一定である。

問4 **11** 正解③

一酸化炭素COが生成する反応、すなわち正反応は炭素Cが固体であるため、気体分子の数が増加する反

応であり、また吸熱反応である。そのため、高温では吸熱反応の方向である右に平衡が移動する。したがって、温度が高いほど一酸化炭素の生成量は大きくなるため、高温が上側で、低温が下側のグラフになる。

一方、圧力を高くすると気体分子の数が減少する方向である左に平衡が移動する。したがって、圧力が高いほど一酸化炭素の生成量は少なくなる。したがって、右下がりのグラフになる。よって、正しいグラフは③である。

問5 **12** 正解⑥

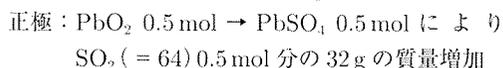
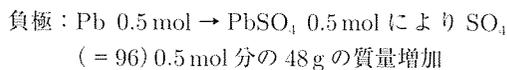
鉛蓄電池の負極および正極で起こる変化は、それぞれ次の反応式で表される。



放電により流れた電子 e^- の物質量は、

$$\frac{x(\text{A}) \times 1930 \text{ 秒}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 0.020x (\text{mol})$$

鉛蓄電池の放電による質量変化は、電子が1mol流れたとき、

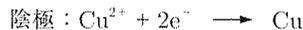
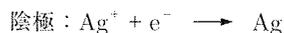


よって、 $32 \text{ g/mol} \times 0.020x (\text{mol}) = 0.32 \text{ g}$

$\therefore x = 0.50 \text{ A}$

問6 **13** 正解③

硝酸銀水溶液の電解槽Aと硫酸銅(II)水溶液の電解槽Bのそれぞれにおいて、白金電極である陽極と陰極で起こる変化は、次の反応式で表される。



電解槽Aの陽極で発生した気体 O_2 の体積が224 mLであったことから、流れた電子 e^- の物質量は、

$$\frac{224 \text{ mL}}{22.4 \times 10^3 \text{ mL/mol}} \times 4 = 0.040 \text{ mol}$$

このとき、電解槽Bの陰極で析出したCuの質量は、

$$0.040 \text{ mol} \times \frac{1}{2} \times 64 \text{ g/mol} = 1.28 \text{ g} \approx 1.3 \text{ g}$$

第3問

問1 **14** · **15** 正解③ · ④ (順不同)

①(正) 炭酸水素ナトリウムは加熱により熱分解を起こす($2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$)。ペーキン

グパウダーを用いると、発生する二酸化炭素や水蒸気により体積が膨張し、生地を膨らませることができる。

②(正) 銅と亜鉛の合金が黄銅(しんちゅう)、銅とスズの合金が青銅(ブロンズ)である。黄銅は楽器や仏具や五円硬貨などに、青銅は耐食性がありブロンズ像などの美術品に用いられている。

③(誤) ガラスは代表的なアモルファス(非晶質)である。アモルファスとは、固体の原子・分子の配列に規則性がなく、構成粒子が規則的な配列をした結晶構造をもたない。

④(誤) さらし粉 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ は次亜塩素酸イオン ClO^- を含む化合物である。次亜塩素酸イオンは強い酸化力をもつ。このため、さらし粉は殺菌漂白作用を示す。

⑤(正) 硫酸バリウムはX線をさえぎるのでX線撮影の際の造影剤として用いられる。バリウムイオンは毒性が高いため、生体内に取り入れる際は、水にも酸にも溶けない硫酸塩を使用する必要がある。

問2 [16] 正解⑤

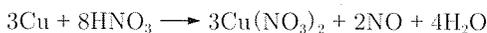
①(正) 窒素の単体は N_2 として存在し、大気中の約78% (体積) を占める。

②(正) アンモニアは水に溶け、一部が水と反応して水酸化物イオンを生じるため、その水溶液は弱い塩基性を示す。



③(正) 窒素酸化物には様々な物質が知られている。このうち、二酸化窒素は刺激臭をもつ赤褐色の気体である。

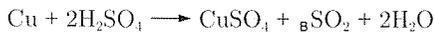
④(正) 銅に希硝酸を加えると、一酸化窒素が発生する。



⑤(誤) 鉄、アルミニウム、ニッケルを濃硝酸に加えると、金属の表面を緻密な酸化被膜が覆い、それ以上反応が進行しなくなる。このような状態を不動態という。したがって銀は濃硝酸に溶けるがアルミニウムは濃硝酸に溶けにくい。

問3 [17] 正解①

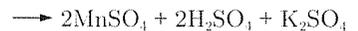
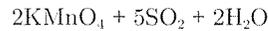
発生する気体Aは塩素(Cl_2)、Bは二酸化硫黄(SO_2)である。反応式は以下の通り。



① 塩素は黄緑色の気体、二酸化硫黄は無色の気体である。⇒Aにのみ当てはまる

② 二酸化硫黄は還元作用をもつので、過マンガン酸カリウムと反応すると過マンガン酸イオンの赤紫色が消

失する。



⇒Bにのみ当てはまる

③ 以下に示すように、いずれも一部が水と反応して、酸性を示す。



⇒両方に当てはまる

④ いずれも酸性の気体であるため、酸性の乾燥剤である十酸化四リンとは反応しない。したがって、十酸化四リンを乾燥剤として使用することができる。⇒両方に当てはまる

問4 [18] 正解②

実験結果Iより、銀(I)イオンと白色沈殿を生じる陰イオンは塩化物イオンであるから、Xは塩化物イオン Cl^- を含むと考えられる。なお、硝酸イオンは沈殿を生じない。

実験結果IIより、黄緑色の炎色反応を示すのはバリウムイオンであるから、Xはバリウムイオン Ba^{2+} を含むと考えられる。

以上より、化合物Xは塩化バリウム BaCl_2 である。

問5 [19] 正解③ [20] 正解②

[21] 正解①

硫黄の単体がすべて硫酸に変化することから、S原子の数に着目するとSの物質質量(mol) = H_2SO_4 の物質質量(mol)が成立する。必要な硫黄の質量を w (t) とすると、Sの原子量は32、 H_2SO_4 の分子量は98、 $1\text{t} = 10^3\text{kg} = 10^6\text{g}$ より、

$$\frac{(w \times 10^6)\text{g}}{32\text{g/mol}} = (1.0 \times 10^6)\text{g} \times \frac{98}{100} \times \frac{1}{98\text{g/mol}}$$

$$\therefore w = 0.32\text{t} = 3.2 \times 10^{-1}\text{t}$$

第4問

問1 [22] 正解⑥

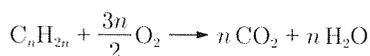
a アルケンとシクロアルカンはともに一般式 C_nH_{2n} で表されるが、アルケンには $n \geq 2$ 、シクロアルカンは $n \geq 3$ の条件がある。

b アルケンには炭素原子間に二重結合を1つ含む鎖状不飽和炭化水素であるが、シクロアルカンは炭素原子どうしが環状に結合した環構造をもつ環状飽和炭化水素である。

c 有機化合物のうち、アルカンやアルコールなどのように共通の一般式で表され、分子式が CH_2 ずつ異なる化合物群を同族体という。一般に、同族体どうしは化

学的性質が似ているが、炭素原子の数が多くなるほど沸点が高くなる。

d 一般式 C_nH_{2n} で表される有機化合物を完全燃焼したときの化学反応式は以下になる。



したがって、一般式 C_nH_{2n} で表される有機化合物を完全燃焼したときに発生する二酸化炭素と水の物質量は互いに等しい。

以上より、共通するものは c と d である。

問2 **23** 正解⑤

この問題のポイントは、不飽和カルボン酸 A の分子量と、炭化水素基に炭素原子間の二重結合や三重結合がいくつ含まれているかがわからないことである。ただし、不飽和カルボン酸 A 5.60 g に付加する水素 H_2 の物質質量と、同じ 5.60 g の不飽和カルボン酸 A に付加する臭素 Br_2 の物質質量は等しい。

付加した H_2 の質量は、 $5.68 - 5.60 = 0.08$ g なのでその物質質量は、 H_2 の分子量は 2.0 より、

$$\frac{0.08 \text{ g}}{2.0 \text{ g/mol}} = 0.04 \text{ mol}$$

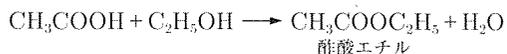
したがって、 Br_2 の分子量は 160 より、 Br_2 の付加により生成した C の質量は、

$$5.60 \text{ g} + 0.04 \text{ mol} \times 160 \text{ g/mol} = 5.60 + 6.40 = 12.0 \text{ g}$$

問3 a **24** 正解④

氷酢酸とは、純粋な(または純度の高い)酢酸 CH_3COOH のことである(純粋に近い酢酸は、室温が下がると水よりも凝固しやすいので氷酢酸ともよばれる)。酢酸は刺激臭をもつ無色の液体で水によく溶ける。また、食酢には、酢酸が 4 ~ 5% 程度含まれている。

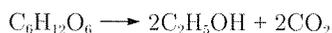
エタノールに酢酸と濃硫酸を加え加熱すると、濃硫酸が触媒となり、カルボン酸である酢酸とアルコールであるエタノールの脱水縮合が起こりエステルが生成する。



エタノールと酢酸の脱水縮合によって生成した酢酸エチル(化合物 A)は、果実臭をもつ無色の液体で、水よりも軽い。

①(誤) エステルは水に溶けにくく、一般に中性を示す。

②(誤) グルコースのアルコール発酵によって得られるのは、エタノールと二酸化炭素である。



③(誤) 一般に、エステルは還元性を示さない。ただ

し、ギ酸エステルは還元性を示す($HCOOCH_3$ など)。

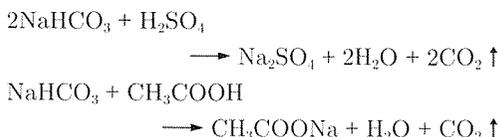
④(正) エステルは水に溶けにくい、強塩基を加えて加熱するとエステル結合が加水分解され、カルボン酸が塩となって生成する。この反応をけん化という。酢酸エチルを水酸化ナトリウム水溶液によってけん化すると、酢酸ナトリウムとエタノールが生成し、これらはいずれも水に溶解する。



⑤(誤) 油脂とは、3 価アルコールであるグリセリン(1,2,3-プロパントリオール)がもつ 3 個のヒドロキシ基が脂肪酸によってエステル化されたトリグリセリドのことである。

b **25** 正解③

酢酸エチル(化合物 A)は水に溶けにくく、水よりも軽い液体なので上層となる。下層は水層であり、水に溶けやすい未反応のエタノール、酢酸、硫酸が含まれている。炭酸水素ナトリウムはカルボン酸よりも弱い酸(炭酸)の塩であるため、硫酸や酢酸と反応して二酸化炭素を発生する。



問4 **26** 正解⑤

分子量 649 の鎖状ペプチドは、一分子中に 4 個のペプチド結合($-NHCO-$)をもつので、5 個のアミノ酸で構成されるペプチド(ペントペプチド)である。

したがって、ペプチド X の一分子を構成するアラニン(分子量 89)を x 個、チロシン(分子量 181)を y 個とすると、次式が成り立つ。

$$x + y = 5 \quad \dots(1)$$

ペプチド X の一分子は、5 個のアミノ酸から 4 個の H_2O 分子がとれた(脱水縮合した)ものであるから、分子量について次式が成り立つ。

$$649 = 89x + 181y - 18 \times 4 \quad \dots(2)$$

$$(1), (2) \text{より}, x = \underline{2}, y = \underline{3}$$

(注) 鎖状ペプチド一分子中のペプチド結合の数は、アミノ酸どうしの脱水縮合によりとれた H_2O 分子の数と等しい。

b [31] 正解 ④

① 実験2で油脂Xと反応する ICl の量が減るので、ICl の残量が増し、実験3で生成する I₂ の量が増す。よって Na₂S₂O₃ 水溶液の滴下量が増す。

② ICl の残量が増し、①と同様に滴下量が増す。

③ 必要とする Na₂S₂O₃ の物質量は同じなので、滴下量は増す。

④ KI 水溶液が十分な量あれば、滴下量は変わらない。

c [32] 正解 ①

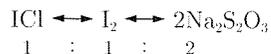
油脂X 1分子中に含まれる二重結合(C=C)数を n とすると、油脂 100g 中に含まれる C=C の物質量は、

$$\frac{100 \text{ g}}{M (\text{g/mol})} \times n \quad \dots(1)$$

問1の反応式および実験3～5より、これに付加した ICl の物質量は、

$$0.10 \text{ mol/L} \times \frac{V_2 - V_1}{1000} \text{ L} \times \frac{1}{2} \quad \dots(2)$$

(注)



また実験2より、式(1)=式(2)が成り立つ。

$$\therefore n = \frac{M(V_2 - V_1)}{2} \times 10^{-6}$$