

各問への解答に際しては答えだけでなく、式や簡単な説明も添えること。

問題 1 標準状態において、以下の物質を気体 1 g の体積が大きい順に並べなさい。

(a) O_2 、 (b) CH_4 、 (c) NO 、 (d) H_2S 、 (e) CO_2 、 (f) H_2

各物質の分子量は下記のとおり。

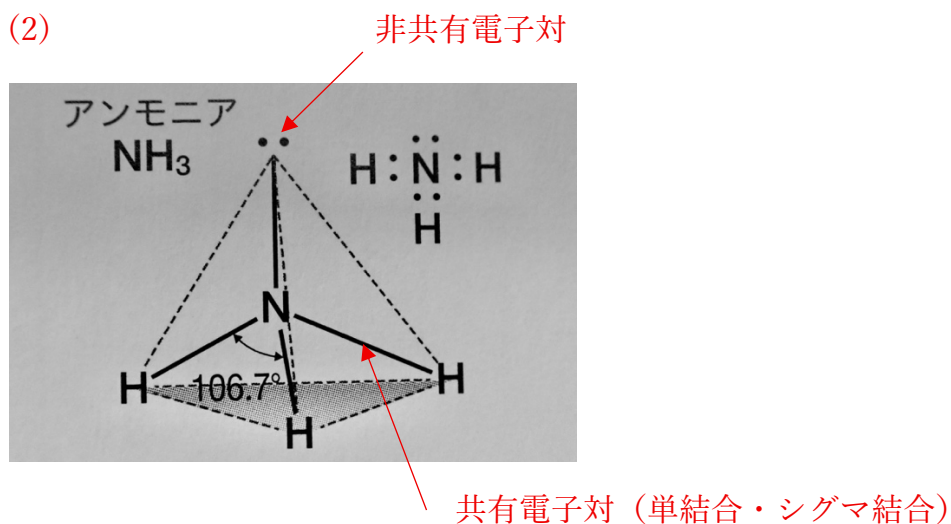
(a) O_2 : 32、(b) CH_4 : 16、(c) NO : 30、(d) H_2S : 34、(e) CO_2 : 44、(f) H_2 : 2
 1g あたりの物質質量 (= 気体の体積) は分子量(M)が小さいほど大きくなる。
 0°C 、1 気圧における上記各物質 1g の体積は、 $22.4/M$ (リットル) なので、
 (a) O_2 : 0.7、(b) CH_4 : 1.4、(c) NO : 0.75、(d) H_2S : 0.64、
 (e) CO_2 : 0.51、(f) H_2 : 11.2 (リットル) となる。したがって、
 (f) H_2 > (b) CH_4 > (c) NO > (a) O_2 > (d) H_2S > (e) CO_2
 の順に 1g あたりの体積が大きい。

問題 2

- (1) アンモニア分子中の窒素の電子軌道の配置を何と呼ぶか？
- (2) アンモニア分子中の窒素原子、水素原子、電子の立体配置を図で示しなさい。

(1) sp^3 混成軌道

(2)



問題 3

水の沸点によって標高を推定できるのは何故か。説明しなさい。

水はその蒸気圧が大気圧よりも高くなったときに沸騰を開始する。大気圧は標高が高くなるほど低くなるので、より低い蒸気圧のもとで水が沸騰する。他方、水の蒸気圧は温度の関数であり、温度の上昇とともに水蒸気圧も増大する。標高が高くなると、大気圧の低下により、より低い温度で水は沸騰できる。したがって、水の沸点によって標高を推定できる。

問題 4

- (1) 0.01 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めなさい。
- (2) アンモニア水溶液は約 1%が電離しているとする、0.1 mol/L のアンモニア水溶液の pH を求めなさい。

- (1) 水のイオン積は、 $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$ で一定である。
0.01 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液中では完全解離しているので、
 $[OH^-] = 10^{-2}$ 、 $[H^+] = (10^{-14}) / (10^{-2}) = 10^{-12}$ となる。
 $pH = -\log [H^+]$ により、 $pH=12$ である。
- (2) アンモニア水溶液中には、アンモニア分子(NH_3)と、電離した少量のアンモニウムイオン(NH_4^+)と水酸イオン(OH^-)が溶けている。
0.1 mol/L のアンモニア水溶液中には
 $0.1 \times 0.01 = 0.001 = 10^{-3}(\text{mol/L})$ の水酸イオン $[OH^-]$ が溶けている。
水のイオン積との関係から、水素イオン濃度は、 $[H^+] = 10^{-11} (\text{mol/L})$ となり、 pH は 11 である。

問題 5

0.1mol/L のシュウ酸(COOH)₂標準溶液 20 mL を、硫酸で酸性にしたのち、0.1 mol/L の 2 クロム酸カリウム (K₂Cr₂O₇) 標準水溶液で滴定した。

(1) Cr₂O₇²⁻ イオンが、酸性条件下で Cr³⁺ に還元される際の電子反応式を書きなさい。

(2) シュウ酸(COOH)₂が、酸性条件下で 2CO₂ に酸化される際の電子反応式を書きなさい。

(3) 滴定終点では何 mL の 2 クロム酸カリウム水溶液が消費されるか？解答は有効数字 2 桁で示しなさい。

(1)



(2)



(3) 酸化還元滴定においては、酸化剤が受け取った電子の物質量と還元剤が失った電子の物質量が等しくなる。

酸化剤と還元剤それぞれにおける電子の移動量は、

[1 mol あたりの電子の数] × [濃度(mol)] × [容量(ml)] なので、

2 クロム酸カリウム水溶液の消費量を x (ml) とすると

$$2 \times 0.1 \times 20 = 6 \times 0.1 \times x$$

$$x = 2 \times 20 / 6 = 6.7 \text{ mL}$$

問題 6

下記の表にイオウ化合物の名称と S の酸化数を記入しなさい。

化学式	H ₂ SO ₄	HSO ₃	SO ₂	Na ₂ S ₂ O ₄	S	H ₂ S
名称	硫酸	亜硫酸	二酸化イ オウ	チオ硫酸 ナトリウ ム	イオウ	硫化水素
S 酸化数	6	5	4	3	0	-2

問題 7

HF 水溶液と HCl 水溶液の酸としての強さを比較しなさい。

F₂ と Cl₂ の酸化剤としての強さを比較しなさい。

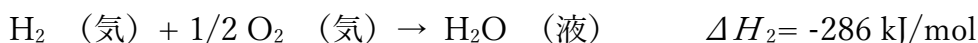
それぞれその理由を説明しなさい。

HCl 水溶液は強酸であり、HF 水溶液は弱酸である。フッ化物イオンは塩化物イオンよりもイオン半径が小さいため、水素イオンを強く引き付けている。

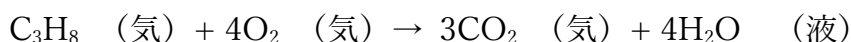
F₂ は Cl₂ よりも強い酸化剤である。これは F₂ が 2F⁻ になるときのエネルギーの方が、Cl₂ が 2Cl⁻ になるときのエネルギーよりも大きいためである。これもイオン半径と関係していて、F⁻ は Cl⁻ よりもイオン半径が小さいので、電子が原子核に強く引き付けられているためである。

問題 8

CO₂、H₂O（液）、C₂H₂の生成エンタルピーはそれぞれ下記のとおりである。



下記の反応のエンタルピー変化を求めよ。



反応物（左辺）の生成エンタルピーの和は、

$$-105 \times 1 + (0) \times 4 = -105 \text{ kJ/mol}$$

生成物（右辺）の生成エンタルピーの和は、

$$-394 \times 3 + (-286) \times 4 = -1182 - 1144 = -2326 \text{ kJ/mol}$$

反応エンタルピーは、生成物と反応物の生成エンタルピーの差なので、プロパンの燃焼における反応エンタルピーは、

$$\Delta H = -2326 - (-105) = -2221 \text{ kJ/mol} \text{ である。}$$

問題 9

ダニエル電池の亜鉛電極と銅電極で起こる金属イオンと電子の反応をそれぞれ電子反応式によって説明しなさい。

電子はどちらからどちらに流れるかも説明しなさい。

亜鉛の方が銅よりもイオン化傾向が大きいので、両電極を電線でつなぐと、

亜鉛電極では $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

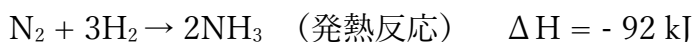
銅電極では $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ の反応が進行する。

その結果、電子は亜鉛電極から銅電極に向かって流れる。

電池では負極から正極に向かって電子が移動するので、銅電極が正極、亜鉛電極が負極となる。

問題 10

肥料に使う窒素成分は、空気中の窒素と水素を反応させて、アンモニアを合成することによって得ている。



この反応を効率的に進行させるためには、反応条件をどのように設定すれば良いか説明しなさい。

(濃度) 反応物である N_2 と H_2 の濃度を高くする。

(圧力) 体積が減少する反応なので、圧力を高くする。

(温度) 発熱反応なので、温度を低くする。

(触媒) 効率的な触媒を使用する。工業的には Fe_3O_4 が使われている。

低温にすると反応速度が遅くなり、平衡に達するまで時間がかかる。触媒の利用によって反応速度を速くできるので、平衡に達するまでの時間を短くできる。またアンモニアの生成率も触媒によって高くなるので、工業的には高温での反応を行っている。