

化 学

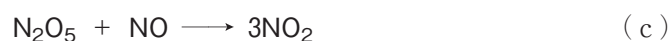
必要であれば、原子量として次の値を使え。

H : 1.0, C : 12, O : 16, Na : 23, S : 32

I (配点 50)

次の〔1〕と〔2〕の文を読み、(1)～(10)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

〔1〕 五酸化二窒素は窒素酸化物の一種であり、室温では徐々に分解していく。分解反応は次の3段階の反応によって進行しており、i) 五酸化二窒素は最終的に二酸化窒素と酸素になる。



各反応のうち、式(a)の反応速度が最も遅く、式(b)と式(c)の反応は速い。すなわち、式(a)の反応が起これば、式(b)および式(c)の反応は速やかに進むので、五酸化二窒素の分解速度は式(a)の反応速度によってほぼ決まる。このため、ii) 五酸化二窒素の分解反応の速度は、式(a)の反応速度式で表すことができる。いま、五酸化二窒素の分解反応を45℃で行ったところ、下表に示す結果が得られた。

時間 $t$ [s]	0	600	1200	1800
濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ [mol/L]	$1.75 \times 10^{-2}$	$1.25 \times 10^{-2}$	$9.3 \times 10^{-3}$	$7.1 \times 10^{-3}$

- (1) 下線部 i) について、(a)～(c)の反応式をまとめ、五酸化二窒素の分解反応を化学反応式で記せ。
- (2) 下線部 ii) について、反応速度を  $v$ 、反応速度定数を  $k$  として反応速度式を記せ。
- (3) 1) 時間  $t = 0 \sim 600$  s, および 2)  $t = 1200 \sim 1800$  s における平均の反応速度  $\bar{v}$  はそれぞれ何 mol/(L·s) か。
- (4) 3) 時間  $t = 0 \sim 600$  s, および 4)  $t = 600 \sim 1200$  s における  $\text{N}_2\text{O}_5$  の平均濃度  $[\overline{\text{N}_2\text{O}_5}]$  はそれぞれ何 mol/L か。
- (5) 五酸化二窒素の分解反応の反応速度定数  $k$  を求めよ。ただし、 $t = 600 \sim 1200$  s における  $\text{N}_2\text{O}_5$  の平均濃度  $[\overline{\text{N}_2\text{O}_5}]$  を用いて計算し、単位も記すこと。
- (6) 温度が10 K 上昇するごとに五酸化二窒素の分解反応の速度が3.0倍になる場合、75℃における分解反応の速度は、45℃のときと比較して何倍になるか。

〔2〕 一般に、分子が反応するためには、分子同士が互いに衝突し、さらに衝突した分子が活性化状態と呼ばれるエネルギーの高い中間状態を経由しなければならない。反応物を活性化状態にするのに必要な最小のエネルギーを活性化エネルギーという。図1は、ヨウ化水素が分解して水素とヨウ素を生じる反応について、触媒を用いた場合と用いない場合のエネルギー変化を表している。ヨウ化水素の分解反応について、次の問いに答えよ。

- (7) この反応は発熱反応、吸熱反応のいずれか。
- (8) 触媒を用いない場合の活性化エネルギーは、図中の  $a \sim f$  のどれに相当するか。
- (9) 触媒を用いた場合の活性化エネルギーは、図中の  $a \sim f$  のどれに相当するか。
- (10) 触媒を用いた場合の反応熱は、図中の  $a \sim f$  のどれに相当するか。

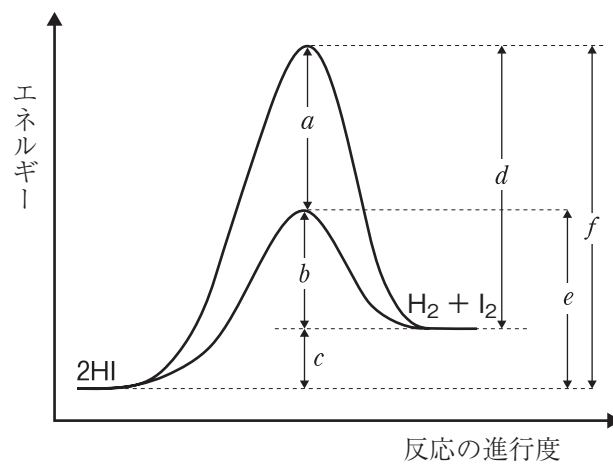


図1

II (配点 50)

次の文を読み、(1)～(6)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

塩とは、酸から生じる **ア** と、塩基から生じる **イ** からなる物質である。塩は組成により、**A**、**B** および塩基性塩に分類される。例えば、<sup>i)</sup>硫酸と水酸化ナトリウムから生じる硫酸ナトリウムは **A** に、硫酸水素ナトリウムは **B** にそれぞれ分類される。塩の水溶液が示す性質は、塩の分類とは必ずしも一致しない。例えば、**A** に分類される硫酸ナトリウムの水溶液は **ウ** を示し、炭酸ナトリウムの水溶液は **エ** を示す。

一方、弱酸の塩に強酸を反応させると弱酸が **オ** する。例えば、<sup>ii)</sup>酢酸ナトリウムの水溶液に硫酸を加えると酢酸が生じる。これは酢酸の **カ** が硫酸の **カ** よりも小さいからである。

- (1) **ア** ～ **カ** に当てはまる最も適切な語句を解答群1から選び、番号を記せ。

解答群1

- |        |           |        |         |
|--------|-----------|--------|---------|
| ① 電離度  | ② 酸性      | ③ 中性   | ④ 水素イオン |
| ⑤ 陽イオン | ⑥ 沈殿      | ⑦ 塩基性  | ⑧ 遊離    |
| ⑨ 凝固   | ⑩ 水酸化物イオン | ⑪ 陰イオン | ⑫ 溶解度   |

- (2) **A** および **B** に当てはまる適切な語句を記せ。  
(3) 下線部 i) において、硫酸ナトリウムを 71 g 得るために必要な 70 % 硫酸は何 g か。  
(4) 塩基性塩に分類される塩を解答群2から選び、化学式で記せ。

解答群2

塩化水酸化マグネシウム      硫酸銅(II)      リン酸二水素ナトリウム

- (5) 塩の水溶液が塩基性を示すものを解答群3からすべて選び、化学式で記せ。

解答群3

酢酸カルシウム      硫酸水素ナトリウム      硝酸カリウム  
塩化ナトリウム      炭酸水素ナトリウム      塩化アンモニウム

- (6) 下線部 ii) の反応を化学反応式で記せ。

Ⅲ (配点 50)

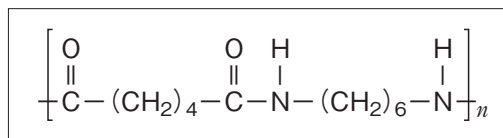
次の文を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

芳香族炭化水素は、主にプラスチックや医薬品、香料、染料などの原料に用いられる。分子式  $C_8H_{10}$  の芳香族炭化水素 **A**、**B**、**C**、および **D** がある。化合物 **A** を酸化すると化合物 **E** が生じ、これを加熱すると分子内での脱水により化合物 **F** が生じる。工業的には、酸化バナジウム(V)などの触媒を用いて、化合物 **A** から化合物 **F** を合成している。一方、化合物 **B** を、触媒を用いて酸化すると化合物 **G** が得られる。化合物 **G** とエチレングリコールとの縮合重合により、ポリエチレンテレフタレート (略称 PET) が合成される。化合物 **D** を過マンガン酸カリウムで酸化すると安息香酸が得られる。

ii) ベンゼン環は非常に安定なので、不飽和結合への付加反応より、環の構造が保存される置換反応の方が起こりやすい。 例えば、ベンゼンを濃硝酸と濃硫酸の混合物 (混酸) と反応させると置換反応により化合物 **H** が生じる。化合物 **H** にスズと濃塩酸を加え、生じた水溶性の塩に水酸化ナトリウムの水溶液を加えると化合物 **I** が得られる。化合物 **I** に無水酢酸を作用させてアセチル化すると化合物 **J** が生じる。

- (1) 芳香族化合物 **A**、**B**、**C**、**E**、および **F** の構造式を記せ。
- (2) 芳香族化合物 **D**、**H**、**I**、および **J** の名称を記せ。
- (3) 下線部 i) について、PET の繰り返し単位の構造を例 1 にならって記せ。

例 1



- (4) PET 960 g を完全燃焼させたとき、発生する  $CO_2$  の質量は何 kg か。
- (5) 下線部 ii) について、鉄粉を触媒としてベンゼンに臭素を作用させたときに起こる反応を化学反応式で記せ。