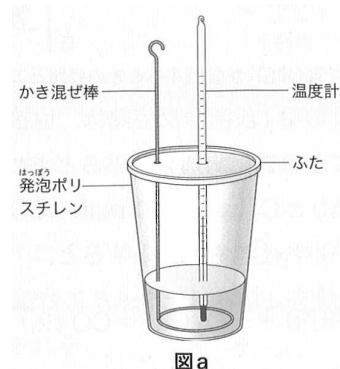


「資質・能力」を評価する問題 化学

1. A君は次に示すように、固体の水酸化ナトリウムの溶解熱、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の反応熱、塩酸と固体の水酸化ナトリウムの反応熱を測定し、ヘスの法則が成り立つことを確認する実験を行った。この実験に関する下の(1)～(7)の各問いに答えよ。ただし、水溶液の比熱はすべて $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、水溶液の密度はすべて $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ とする。また、溶解や混合によって水溶液の体積は変化しないものとする。原子量 H 1.0 O 16 Na 23

【実験1】固体の水酸化ナトリウムの溶解熱の測定

- ① 図aのような発砲ポリスチレン製コップに水 100mL を入れて温度を測定する。
- ② 約 2g の水酸化ナトリウムの固体をとり、その質量を素早く正確に測定する。これを①で準備した水に加える。
- ③ かき混ぜながら 10 秒おきに液温を測定し、記録する。



図a

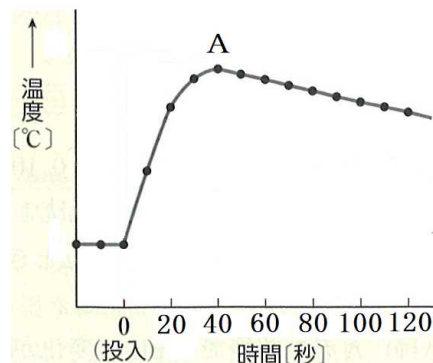
【実験2】塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の反応熱の測定

- ① 発砲ポリスチレン製コップに (ア) 1mol/L の塩酸 (イ) 50mL を入れて温度を測定する。
- ② ①の塩酸と同じ温度の (ウ) 1mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 (エ) 50mL を、①で準備した塩酸に加える。
- ③ かき混ぜながら 5 秒おきに液温を測定し、記録する。

【実験3】塩酸と固体の水酸化ナトリウムの反応熱の測定

- ① 発砲ポリスチレン製コップに 1mol/L の塩酸 50mL を準備し、水 50mL を入れて温度を測定する。
- ② 約 2g の水酸化ナトリウムの固体をとり、その質量を素早く正確に測定する。これを①で準備した塩酸に加える。
- ③ かき混ぜながら 10 秒おきに液温を測定し、記録する。

- (1) 実験1の測定値を、時間と液温を座標としたグラフに表すと図bのようになった。A点で液温の上昇が止まったので、この時点で水酸化ナトリウムの溶解が終了したと考えられる。しかし、A点の温度は水酸化ナトリウムの溶解による最高温度ではない。液温の最高値を作図により求め、解答欄のグラフに「○」印を書きなさい。作図に使った線は残すこと。また、なぜ、そのようにして溶解による最高温度を求めなければならないのか、説明せよ。



図b

- (2) 実験1において、①で測定した液温は $20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。(1)の作図によって求めた液温の最高値は $25.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ であった。また、②で測定した水酸化ナトリウムの質量は 2.04g であった。この実験で発生した熱量は何 kJ か。また、水酸化ナトリウムの溶解熱 Q_1 [kJ/mol] はいくらか。有効数字2桁で答えよ。
- (3) 実験2において、実験1と同じように時間と液温を座標としたグラフを描き、液温の最高値を作図により求めると、液温は 6.3 K 上昇していた。この実験で発生した熱量は何 kJ か。また、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱 Q_2 [kJ/mol] はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

(4) 実験3において、発生する熱量はおよそ何 kJ になると考えられるか。

(5) 実験2において、B君は下線部のいずれか1ヶ所の量を誤ってしまった。そのため、液温の上昇値はA君より低くなり、発生した熱量はA君と等しいという結果になった。B君は(ア)～(エ)のどの量を誤ってしまったのか。誤ってしまった量((ア)～(エ))とそう考えた理由を答えよ。ただし、考えられる答えは1つとは限らない。考えられるパターンをすべて答えよ。

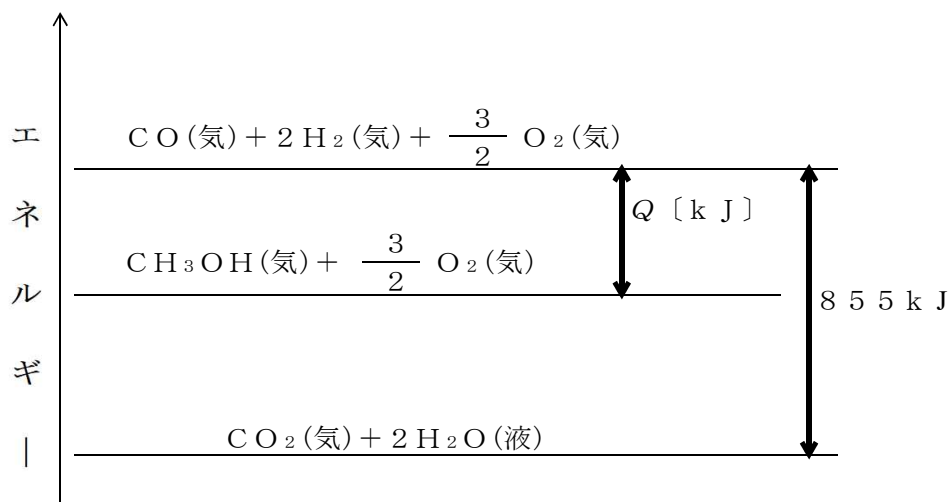
(6) C君は今回の実験をふまえ、ヘスの法則を利用して塩化水素の水への溶解熱を求め、それを文献値と比較しようと考えた。そのために、次に示すような実験を行い、下に示すような結果を得た。

【実験】気体の塩化水素 0.050mol を、水酸化ナトリウム 0.050mol が溶けた水溶液へ通じて完全に反応させる。

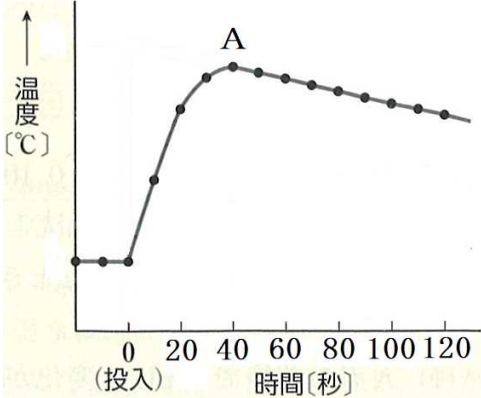
【結果】実験で発生した熱量を計算すると Q_3 [kJ] であった。

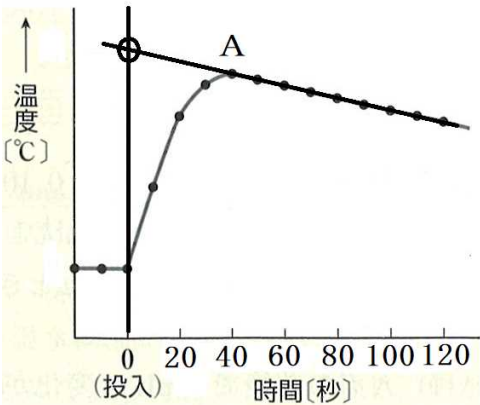
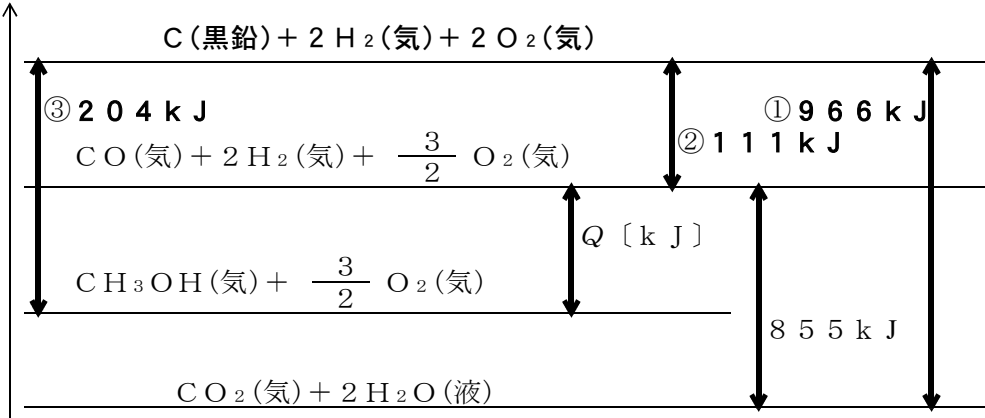
この実験と結果から、気体の塩化水素の水への溶解熱 [kJ/mol] を求めよ。ただし、求める溶解熱は Q_1 , Q_2 , Q_3 の中の必要な熱量を使って式で表せ。

(7) 次のエネルギー図の中の熱量 Q [kJ] の値を、エネルギー図を使って求めよ。その際、必要な熱量は、下の表の中から選んで用いよ。(エネルギー図に書き込んだ化学式、熱量や線は残し、 Q を求めた過程がわかるようにすること。)



C (黒鉛)の燃焼熱	394 kJ/mol
CH ₃ OH(液)の燃焼熱	726 kJ/mol
H ₂ Oの蒸発熱	44 kJ/mol
H ₂ O(液)の生成熱	286 kJ/mol (発熱)
CH ₃ OH(気)の生成熱	204 kJ/mol (発熱)

(1)	
	理由：
(2)	<div>発生した熱量：kJ</div> <div>Q_1：kJ/mol</div>
(3)	<div>発生した熱量：kJ</div> <div>Q_2：kJ/mol</div>
(4)	<div>kJ</div> <div></div>
(5)	
(6)	<div>kJ/mol</div> <div></div>
(7)	<div> <div>エネルギー</div> <div>↑</div> <div> $\text{CO (気)} + 2\text{H}_2\text{(気)} + \frac{3}{2}\text{O}_2\text{(気)}$ </div> <div> $\text{CH}_3\text{OH (気)} + \frac{3}{2}\text{O}_2\text{(気)}$ </div> <div> $\text{CO}_2\text{(気)} + 2\text{H}_2\text{O (液)}$ </div> <div> <div> <div>Q [kJ]</div> <div>855 kJ</div> </div> </div> </div> <div> <div>$Q = (\quad) \text{ kJ}$</div> </div>

(1)			
	<p>理由：熱が発生するとその一部が一定の割合で周囲に逃げてしまう。水酸化ナトリウムの溶解が瞬時に終了し、周囲への熱の放冷が全くなかったとみなせる真の最高温度を求めるために、放冷を示すグラフの直線部分を反応開始時の時間0まで延長して温度を読み取る必要があるから。</p>		
(2)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">発生した熱量： 2. 1 kJ</td> <td style="width: 50%;">Q₁ : 4 2 kJ/mol</td> </tr> </table>	発生した熱量： 2. 1 kJ	Q ₁ : 4 2 kJ/mol
発生した熱量： 2. 1 kJ	Q ₁ : 4 2 kJ/mol		
(3)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">発生した熱量： 2. 6 kJ</td> <td style="width: 50%;">Q₂ : 5 3 kJ/mol</td> </tr> </table>	発生した熱量： 2. 6 kJ	Q ₂ : 5 3 kJ/mol
発生した熱量： 2. 6 kJ	Q ₂ : 5 3 kJ/mol		
(4)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">およそ 4. 7 kJ</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table>	およそ 4. 7 kJ	
およそ 4. 7 kJ			
(5)	<p>(イ) 塩酸の体積だけを多くしてしまった場合、中和で生じる水の物質量は変わらないため、発生する熱量は変化しないが、溶液の体積（質量）が増加した分、温度上昇は小さくなる。</p> <p>(エ) 水酸化ナトリウム水溶液の体積だけを多くしてしまった場合、中和で生じる水の物質量は変わらないため発生する熱量は変化しないが、溶液の体積（質量）が増加した分、温度上昇は小さくなる。</p>		
(6)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">(Q₃ / 0. 0 5 0) - Q₂ kJ/mol</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table>	(Q ₃ / 0. 0 5 0) - Q ₂ kJ/mol	
(Q ₃ / 0. 0 5 0) - Q ₂ kJ/mol			
(7)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 10px;">エネルギー</div> <div style="flex-grow: 1;">  </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>① 394kJ/mol × 1mol + 286kJ/mol × 2mol = 966kJ</p> <p>② 966kJ - 855kJ = 111kJ</p> <p>③ CH₃OH(気)の生成熱 204kJ/mol × 1mol = 204kJ</p> <p style="text-align: center;">Q = 2 0 4 - 1 1 1 = 9 3 Q = (9 3) k J</p> </div>		

〔解 説〕

(2) 発生した熱量 $Q = 4.2 (\text{J/g} \cdot \text{K}) \times 100 (\text{g}) \times 5.1 (\text{K}) / 1000 = 2.142 \text{kJ}$ 2.1kJ
 $Q_1 [\text{kJ/mol}] = 2.142 \text{kJ} / 0.051 \text{mol} = 42 \text{kJ/mol}$

(3) 発生した熱量 $Q = 4.2 (\text{J/g} \cdot \text{K}) \times 100 (\text{g}) \times 6.3 (\text{K}) / 1000 = 2.646 \text{kJ}$ 2.6kJ
 $Q_2 [\text{kJ/mol}] = 2.646 \text{kJ} / 0.050 \text{mol} = 52.92 \text{kJ/mol}$ 53kJ/mol

(4) $2.1 \text{kJ} + 2.6 \text{kJ} = 4.7 \text{kJ}$ およそ 4.7kJ

(6) HCl(気)の水への溶解熱を $Q_4 [\text{kJ/mol}]$ とする。

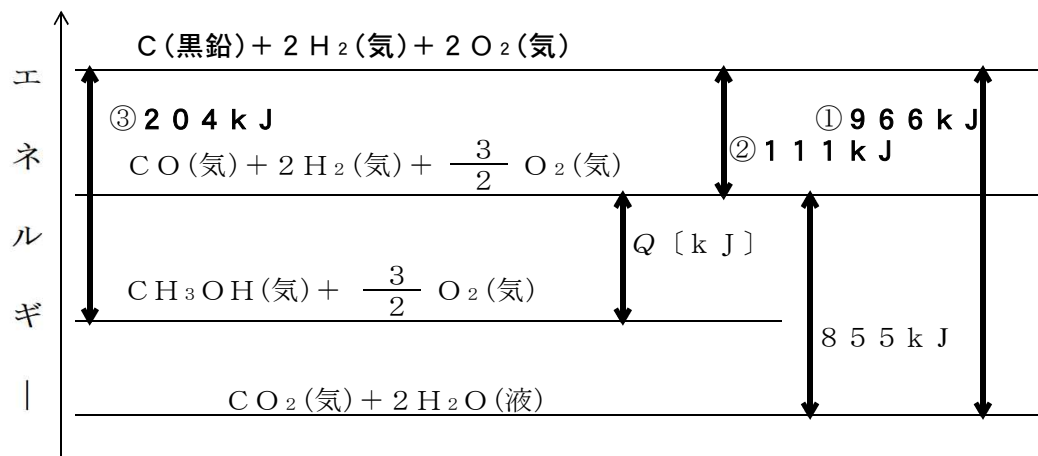
0.050mol の HCl(気)が水に溶解したときの発熱量 = $0.050 Q_4 [\text{kJ}]$

中和での発熱量 = $0.050 Q_2 [\text{kJ}]$

よって $Q_3 = 0.050 Q_4 + 0.050 Q_2$

ゆえに $Q_4 = (Q_3 / 0.050) - Q_2 [\text{kJ/mol}]$

(7)



① $394 \text{kJ/mol} \times 1 \text{mol} + 286 \text{kJ/mol} \times 2 \text{mol} = 966 \text{kJ}$

② $966 \text{kJ} - 855 \text{kJ} = 111 \text{kJ}$

③ $\text{CH}_3\text{OH}(\text{気})$ の生成熱 $204 \text{kJ/mol} \times 1 \text{mol} = 204 \text{kJ}$

よって $Q = 204 \text{kJ} - 111 \text{kJ} = 93 \text{kJ}$

$Q = 93$

出題意図

番号	問いたい力	出題意図
(1)	知識・技能・表現力	最高温度の求め方の知識と技能を有しているか。また、それを説明できる表現力を有しているか。
(2)	知識・技能	温度変化から発熱量を求める知識と技能を有しているか。 1mol あたりの熱量を求める知識と技能を有しているか。
(3)	知識・技能	温度変化から発熱量を求める知識と技能を有しているか。 1mol あたりの熱量を求める知識と技能を有しているか。
(4)	知識・思考力	ヘスの法則を理解しているか。今回の実験に、ヘスの法則を反映させて考えることができるか。
(5)	知識・思考力・表現力	中和熱の定義， $Q = m c \Delta t$ を理解した上で、中和で生じる水の物質質量や溶液の体積（質量）に注目して、発熱量や温度変化を考えることができるか。また、それを説明できる表現力を有しているか。
(6)	知識・技能・思考力	ヘスの法則を理解し、そこまでの実験結果をふまえ、溶解と中和による合計の熱量から溶解熱を求める思考力と技能を有しているか。
(7)	知識・技能・思考力	エネルギー図の意味や物質の持つエネルギーの差が反応熱になることを理解した上で、与えられた反応熱から必要な反応熱を選び、エネルギー図上に書き示して考えることができるか。