

5. 化学反応と熱・光エネルギー

Step 1 基本問題

1 [発熱反応と吸熱反応] 次の文章の空欄に適語をそれぞれ入れなさい。

世の中に存在するすべての物質は(①)とよばれる固有のエネルギーをもっている。化学反応によって物質が変化するときには物質の(①)も変化するため、(①)の一部を熱として周囲に放出して(①)を減らしたり、周囲から熱を吸収して(①)を増やしたりする。これらのように化学反応に伴って出入りする熱のことを(②)とよぶ。また、前者のような反応を(③)とよび、後者を(④)とよぶ。

2 [熱量の計算] 次の問いに有効数字2桁で答えなさい。ただし、水の比熱、水溶液の比熱を4.2 J/(g・K)とする。

- 50 gの水が22℃上昇した。この水が得た熱量[J]を求めよ。()
- 塩酸20 gと水酸化ナトリウム水溶液20 gを混合すると温度が5℃上昇した。このとき発生した熱量[J]を求めよ。()

3 [反応熱・状態変化に伴う熱の名称] 次の(1)~(8)に示す熱やエネルギーを下のア〜クから選び、記号で答えなさい。

- 1 molの物質が完全燃焼する際に発生する熱量。()
- 水溶液中でH⁺とOH⁻が反応して、1 molの水を生じる際に発生する熱量。()
- 1 molの固体が液体へと変わる際に吸収する熱量。()
- 1 molの液体が気体へと変わる際に吸収する熱量。()
- 1 molの液体が固体へと変わる際に発生する熱量。()
- 1 molの化合物が構成元素の単体から生じる際に発生する、または吸収する熱量。()
- 1 molの物質を多量の溶媒に溶かしたときに発生する、または吸収する熱量。()
- 1 molの共有結合を切断するのに必要な熱量。()

ア 融解熱 イ 溶解熱 ウ 生成熱 エ 燃焼熱
オ 蒸発熱 カ 中和熱 キ 凝固熱 ク 結合エネルギー

Focus

確認 反応物と生成物
 ▶ 反応物 反応前の原料となる物質。反応式の左辺に書く。
 ▶ 生成物 反応後に生じる物質。反応式の右辺に書く。
 反応式で表すと、
 反応物A+反応物B
 →生成物C+生成物D

確認 熱量の計算の公式
 反応熱 Q[J]
 = 質量 m[g] × 比熱 c [J/(g・K)] × 温度変化 t [K]

確認 温度変化量
 セルシウス温度 t[℃]と絶対温度 T[K]には、次の関係が成り立つ。

$T[K] = 273 + t[℃]$
 例えば、0℃から5℃に変化した場合、絶対温度では次のようになる。

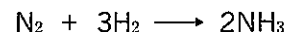
セルシウス温度	絶対温度
0℃	273K
5℃	278K
Δ5℃	Δ5K

この表からもわかるように、温度の変化量はセルシウス温度で計算しても絶対温度で計算しても同じ値になる。

4 [熱化学方程式の書き方] 次の文章の空欄にあてはまる語句や数値、化学式を答えなさい。

「アンモニアの生成熱は46 kJ/molである。」ことを熱化学方程式で表す手順を述べる。

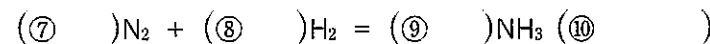
生成熱は「化合物1 molが成分元素の(①)から得られるときに出入りするエネルギーのことであるから、(②)と(③)からアンモニアを合成する化学反応式を書く。



アンモニアが(④) mol得られるときの熱量を記したいので、アンモニアの係数が(⑤)になるように両辺を(⑥)で割る。



発熱反応であるので、熱量を右辺に足し、両辺のエネルギーが等しいという意味で“→”を“=”に書きかえる。



各物質については、物質の状態が気体であれば(気)、液体であれば(液)、固体であれば(固)を化学式の後に付け加える。



5 [熱化学方程式] 次の反応熱を熱化学方程式で表しなさい。

- 一酸化窒素の生成熱は-90 kJ/molである。()
- 一酸化炭素の燃焼熱は283 kJ/molである。()
- 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱は55 kJ/molである。()

6 [ヘスの法則] 次の文章の空欄に適語をそれぞれ入れなさい。

1 molの固体の水酸化ナトリウムを水に溶かすと44.5 kJの熱を発生する。この水酸化ナトリウム水溶液と十分な量の希塩酸を反応させると、56.5 kJの熱を発生して、1 molの(①)を含む水溶液となる。一方、1 molの固体の水酸化ナトリウムを十分な量の希塩酸と反応させると(②) kJの熱を発生し、1 molの(①)を含む水溶液となる。

「反応前後の状態が決まれば、反応の経路によらず反応熱は同じである」とまとめることができ、これを(③)の法則(総熱量保存則)という。

確認 化学反応式と熱化学方程式の違い

化学反応式は左辺の物質が右辺の物質になるという意味で矢印を用いて表す。

熱化学方程式は左辺と右辺でエネルギーが等しいという意味で等号を用いて表す。

確認 反応熱の定義と熱化学方程式①

④の例のように、反応熱の名称のみが記されて反応物(左辺)や生成物(右辺)が明記されないことが多いので、反応熱の定義とともに覚えておこう。

確認 反応熱の定義と熱化学方程式②

熱化学方程式では注目する物質の係数を1にするという規則がある。

反応物(左辺)や生成物(右辺)のことだけでなく、何を1 molに限定しているのかもきちんと覚えておこう。

確認 物質の状態

熱化学的標準状態とよばれる25℃、1.013×10⁵ Paでの状態が明らかな場合は書かなくてよい。

状態を書かなければならない例としては、次のようなものがある。

水: H₂O(気), H₂O(液), H₂O(固)

炭素: C(黒鉛),

C(ダイヤモンド)

また、三態以外に水溶液として考えるときは、aqを付け加える。

水酸化ナトリウム水溶液: NaOH(aq)

Step 2 標準問題

1 [センター試験向] [反応熱] 次の問いに答えなさい。

- (1) 熱の出入りに関する記述として下線部に誤りを含むものを、次のア～オから1つ選び、記号で答えよ。
- ア ジエチルエーテルの蒸発熱は 27 kJ/mol である。したがって、1 mol のジエチルエーテルの気体が凝縮するとき 27 kJ の熱が放出される。
- イ Mg の燃焼熱は 602 kJ/mol である。したがって、MgO の生成熱は 602 kJ/mol である。
- ウ CO の燃焼熱の値は正である。したがって、CO の生成熱は CO₂ の生成熱よりも大きい。
- エ エタンの生成熱の値は正、エチレンの生成熱の値は負である。したがって、エチレンに H₂ が付加してエタンが生成する反応は 発熱反応 である。
- オ 酸と塩基の中和熱の値は正である。したがって、塩酸を水酸化ナトリウム水溶液中で中和するとき 熱が発生する。 [センター試験]
- (2) 次の記述について、正しいものを選び、記号で答えよ。
- ア 水(液体)と水蒸気の生成熱は異なる。
- イ 同一の物質であれば、融解熱と蒸発熱は常に等しい。
- ウ 反応熱とは、反応物の生成熱の総和から生成物の生成熱の総和を引いた値である。
- エ 溶解熱とは、物質 1 mol を多量の溶媒に溶かしたとき発生する熱量で、常に正の値である。
- オ 強酸と強塩基の希薄溶液の中和熱は、酸と塩基の種類に強く依存する。 [上智大]

1

(1)
(2)

ワンポイント
(1)熱化学方程式に書き改めるとよい。必要に応じて、ヘスの法則を用いて計算してみる。

2 [熱量と量的関係] 次の問いに答えなさい。H=1.0, C=12, O=16

- (1) メタノール 64 g を完全燃焼させて、20℃の水 1.0 kg を加熱する。発生する熱量のうち 10%が、この水の温度上昇に使われたとすると、水の温度は何℃になるか、整数で答えよ。ただし、メタノールの燃焼熱を 726 kJ/mol、水の比熱を 4.2 J/(g・K)とする。 [センター試験]
- (2) 標準状態で 67.2 L を占める一酸化炭素とメタンの混合気体を燃焼させると、1153 kJ の熱量が発生した。混合気体に含まれる各成分の物質質量[mol]を有効数字2桁で求めよ。ただし、一酸化炭素の燃焼熱は 283 kJ/mol、メタンの燃焼熱は 891 kJ/mol とする。

2

(1)
一酸化炭素
(2)
メタン

ワンポイント
(1)kJとJの単位に注意。
(2)各成分の物質質量を文字でおけばよい。

- (3) 黒鉛 12.0 g が不完全燃焼して、一酸化炭素と二酸化炭素を合わせて 40.0 g 生成した。このとき発生した熱量[kJ]を整数で求めよ。ただし、黒鉛および一酸化炭素の燃焼熱は、それぞれ 394 kJ/mol および 283 kJ/mol である。 [センター試験-改]

2

(3)

ワンポイント
COになる黒鉛 x[mol]と CO₂になる黒鉛 y[mol]の混合物と考える。

3 [ヘスの法則] 次の問いに答えなさい。ただし、反応熱の値はすべて整数で記すものとする。

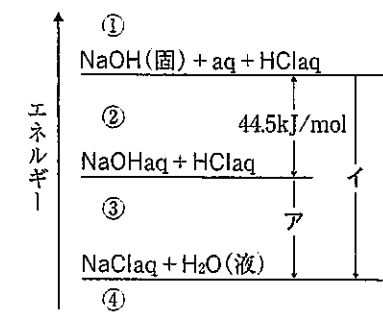
- (1) プロパン C₃H₈(気)の生成熱、およびC(黒鉛)とH₂(気)の燃焼熱は次の3つの熱化学方程式で表される。これらの式を利用して、プロパンが完全燃焼する際の燃焼熱 Q[kJ/mol]の値を求めよ。
- $$3C(\text{黒鉛}) + 4H_2(\text{気}) = C_3H_8(\text{気}) + 105 \text{ kJ}$$
- $$C(\text{黒鉛}) + O_2(\text{気}) = CO_2(\text{気}) + 394 \text{ kJ}$$
- $$H_2(\text{気}) + \frac{1}{2}O_2(\text{気}) = H_2O(\text{液}) + 286 \text{ kJ} \quad \text{[東北大]}$$
- (2) 1 mol の一酸化炭素が酸素で酸化されるとき反応熱は 284 kJ/mol であり、二酸化炭素の生成熱は 394 kJ/mol である。
- ① 一酸化炭素の生成熱[kJ/mol]を求めよ。
- ② 二酸化炭素と炭素(黒鉛)から一酸化炭素を得る反応の熱化学方程式を記せ。 [横浜国大-改]
- (3) エチレン C₂H₄ は次式のように、水素と反応しエタン C₂H₆ になることが知られており、この反応の反応熱は 137 kJ/mol である。
- $$C_2H_4(\text{気}) + H_2(\text{気}) \longrightarrow C_2H_6(\text{気})$$
- エタンの燃焼熱を 1560 kJ/mol、水素の燃焼熱を 286 kJ/mol とするとき、エチレンの燃焼熱を求めよ。 [山口大-改]

3

(1)
①
(2)
②
(3)

4 [エネルギー図] 図を見て、次の問いに答えなさい。

- (1) 塩酸と水酸化ナトリウムの中和熱を表す矢印はア、イのうちどちらか。
- (2) 図より水酸化ナトリウムの溶解熱を表す熱化学方程式を書け。
- (3) NaCl(固)の溶解熱は -3.9 kJ/mol である。



4

(1)
(2)
(3)

図の中に「NaCl(固) + aq + H₂O(液)」という状態を書き加えるならば、①～④のどの部分に加えるのが適当か、記号で答えよ。

ワンポイント
(3) NaCl(固)は NaCl(aq) になると化学エネルギーを 3.9 kJ/mol 失う。