

熱化学

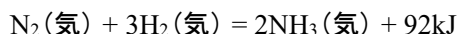
1. 次の問いの答えを記せ。

メタンの燃熱はいくらか。次の①～⑧のうちから最も近いものを一つ選べ。ただし、メタン、水、二酸化素の生成熱は、それぞれ 75kJ/mol, 286kJ/mol, 394kJ/mol とする。

- ① 191 ② 291 ③ 391 ④ 491 ⑤ 591 ⑥ 691 ⑦ 791 ⑧ 891

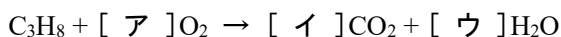
(2018 東京都市大)

2. 以下の熱化学方程式を用いて、窒素分子 N_2 における $N \equiv N$ の結合エネルギーを求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。水素分子 H_2 における $H - H$ の結合エネルギーおよびアンモニア分子 NH_3 における $N - H$ の結合エネルギーを、それぞれ 436kJ/mol, 390kJ/mol とする。



(2018 弘前大)

3. 次の文章を読んで、問1～問3の答を記せ。ただし、気体はすべて理想気体とする。プロパン C_3H_8 の燃焼の化学反応式は、

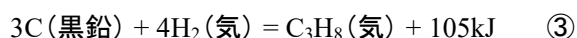
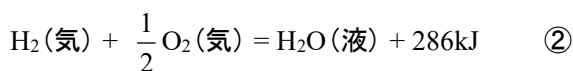


で表される。プロパン 4.40g を完全燃焼するのに最低限必要な酸素 [エ] mol と反応させ、完全燃焼したとき、生成する二酸化素の体積は標準状態で [オ] L である。このとき、反応前のプロパン、酸素、反応後の二酸化素の標準状態における体積の比は 1 : [カ] : [キ] である。a このように反応物および生成物の気体の体積の比は同温、同圧のもとで簡単な整数比になる。 また、この反応で生成する水の質量は [ク] g である。b 反応前のプロパンと酸素の質量の和と、反応して生成した二酸化炭素と水の質量の和は等しい。 この反応で生成する二酸化炭素と水の分子数の和は [ケ] 個である。

問1 空欄 [ア]～[ケ] に当てはまる数値を記せ。[ア], [ア], [ア], [ア] は有効数字 3 桁で答えよ。

問2 下線部 a, b の法則の名称をそれぞれ記せ。

問3 次の熱化学方程式①～③を用いて、プロパン C_3H_8 (気) の燃焼熱を計算し、有効数字 3 桁で答えよ。



(2018 群馬大)

4. 次の(1)および(2)に答えよ。

表 共有結合の結合エネルギー

(1) 右の表の結合エネルギーを用いて、気体の水素と液体の臭素から気体の臭化水素 1mol が生成する反応の熱化学方程式を記せ。臭素の蒸発熱を 31kJ/mol とする。また、熱化学方程式を求めた過程を示せ。

結合	結合エネルギー(kJ/mol)
H—H	436
Br—Br	193
H—Br	366

(2) 気体の水素 0.600g と液体の臭素 32.0g から、気体の臭化水素が設問(1)で求めた熱化学方程式にしたがって生成する場合を考える。反応が 100%進行した場合に発生する熱量(kJ)を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程を示せ。

(2018 静岡大)

5. 次の文章を読み、以下の問 1 から問 5 に答えよ。

物質は物質ごとに特有のエネルギーをもつので、化学反応により熱が入り出る。化学反応の進行に伴って放出もしくは吸収される熱のことを反応熱といい、反応物のエネルギーの和が生成物のエネルギーの和よりも [ア | 大きければ・小さければ] 発熱反応となり、その逆であれば吸熱反応となる。実験による測定が難しい反応熱は、(a) ヘスの法則 を利用して求めることができる。例えば、(b) 黒鉛 C から一酸化炭素 CO を生成する反応の反応熱を直接測定することは困難であるが、黒鉛 C の燃焼熱と一酸化炭素 CO の燃焼熱を用いて計算により求めることができる。また、エネルギーは化学反応の進行にも関連する。化学反応が進行するためには、反応物どうしが物押し [イ] 状態とならなければならない。このために必要なエネルギーは [イ] エネルギーという。

問 1 [ア] にあてはまる適切な語句を [] 内から選んで答えよ。また、[イ] にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)を説明した次の文について、[ウ] および [エ] にあてはまる適切な語句を [] 内から選んで答えよ。

化学反応の反応熱は、反応の [ウ | 経路・温度・初めの状態と終わりの状態] によらず、反応の [エ | 経路・温度・初めの状態と終わりの状態] のみで決まる。

問 3 下線部(b)に関する以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 1mol の黒鉛 C を完全燃焼させたときの熱化学方程式と、1mol の一酸化炭素 CO を完全燃焼させたときの熱化学方程式を示せ。黒鉛 C の燃焼熱は 394kJ、一酸化炭素 CO の燃焼熱は 283kJ とする。

- (2) 黒鉛 C から一酸化炭素 CO を生成する反応の反応熱 [kJ/mol] を求めよ。
(3) 下線部(b)の理由を 25 字以内で説明せよ。

問4 メタンとエタンの混合気体を標準状態で 11.2L とり、完全燃焼させた。このとき、二酸化炭素が 33.0g 発生した。メタンの燃焼熱を 800kJ/mol、エタンの熱傷熱を 1560kJ/mol として以下の(1)および(2)に答えよ。

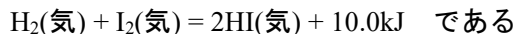
- (1) この混合気体中のメタンとエタンの物質質量比を、最も簡単な整数値で答えよ。
(2) この混合気体を完全燃焼させたときに生じる熱量 [kJ] を求めよ。

問5 以下の①～⑤のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。該当するものがない場合は、「なし」と記せ。

- ① 触媒には[イ]エネルギーを小さくする働きがある。
② 触媒を用いることで生成物が安定化し、より多くの熱を放出するようになる。
③ 触媒には逆反応の[イ]エネルギーを小さくする働きがある
④ 温度を上げるほど[イ]エネルギーが小さくなるため、反応が進みやすくなる。
⑤ [イ]エネルギーは通常、分子の構成原子の結合エネルギーの和よりも大きい。

(2018 岐阜大)

6. 水素が生成される反応の熱化学方程式は



問 前記の熱化学方程式から H-I の結合エネルギーを求めよ。ただし、水素分子とヨウ素分子の結合エネルギーはそれぞれ 436kJ/mol と 151kJ/mol である。ただし、解答は有効数字 3 桁とし、計算の過程も記せ。

(2018 熊本大)

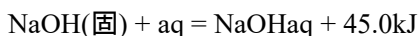
7. 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、蒸留水および水溶液の密度はいずれも 1.00g/cm³、比熱はいずれも 4.20J/(g・K)とする。

物質の化学変化や状態変化には、エネルギーの出入りが伴う。熱エネルギーを放出する反応を[ア]反応といい、熱エネルギーを吸収する反応を[イ]反応という。こうした化学反応に伴い、放出または吸収する熱量を反応熱というが、特に 1mol の化合物がその成分元素の[ウ]体から生成する時の反応熱を生成熱という。

発泡ポリスチレンの容器に 20.0°Cの蒸留水を 50.0mL 入れ、ここに固体の水酸化ナトリウム 2.00g を加えてよく攪拌し、水溶液の温度を測定したところ、①温度変化が見られた。この水溶液を気体の出入がない状態で温度が 20.0°Cに戻るまで放置した(状態 A)。②溶かした水酸化ナトリウムと等しい物質量の塩化水素を含む希塩酸を加えて反応させると発熱量は 2.80kJであった。

問 1 文章中の空欄[ア]から[ウ]に適切な語句を記入しなさい。

問 2 下線部①について、放出または吸収される熱量がすべて水溶液の温度変化に使われたときの水溶液の温度(°C)を答えなさい。また、途中の計算過程も示しなさい。ただし、下記の熱化学方程式が成り立つとする。



問 3 下線部②の反応熱は一般に何と呼ばれているか。また、この反応を表す熱化学方程式を書きなさい。

問 4 塩化水素 1.00mol を含む十分に濃度が低い塩酸に、固体の水酸化ナトリウム 1.00mol を加えて反応させたときの熱化学方程式を示しなさい。

問 5 状態 A の 20.0°Cの水酸化ナトリウム水溶液に対し、15.0°Cの希塩酸を 60.0mL 加えたところ、含まれていた水酸化ナトリウムは全て反応した。反応後の水溶液の温度(°C)を答えなさい。また、途中の計算過程も示しなさい。ただし、放出または吸収される熱量がすべて水溶液の温度変化に使われたものとする。また、加えた希塩酸の濃度変化に伴って放出または吸収される熱量は、無視できるものとする。

(2018 香川大)

8. 右の表は、物質の燃焼熱を示したものである。以下の各問に答えよ。

表 物質の燃焼熱		
物質	化学式(状態) ^{※1}	燃焼熱(kJ/mol) ^{※2}
水素	H ₂ (気)	286
炭素(黒鉛)	C(黒鉛)	394
一酸化炭素	CO(気)	283
メタン	CH ₄ (気)	891
メタノール	CH ₃ OH(液)	726
グルコース	C ₆ H ₁₂ O ₆	2803

※1 括弧内は物質の状態を示す。

※2 H₂O が生成する場合は、H₂O が液体になる場合の数値である。

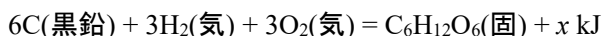
問1 燃焼で発生する二酸化炭素 CO_2 による環境への影響を、発熱量 1kJ あたりに発生する CO_2 の質量 $[\text{g-CO}_2/\text{kJ}]$ で比較できる。炭素(黒鉛)とメタンの燃焼熱から、この値を小数第3位までそれぞれ求めよ。

問2 炭酸カルシウムの溶解度積 K_{sp} は室温で $6.7 \times 10^{-5} (\text{mol/L})^2$ である。燃焼時に発生する CO_2 を水酸化ナトリウム水溶液に吸収させて、濃度が $9.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ の炭酸ナトリウム水溶液とした。この水溶液 10mL を $1.2 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の水酸化カルシウム水溶液 20mL に室温で加えるとき、混合水溶液で炭酸カルシウムの沈殿が生じるかどうか判定せよ。計第過程を示し、「①沈殿が生じる」または「②沈殿が生じない」のどちらかを選べ。

問3 グルコースについて、次の(1)および(2)の各問に答えよ。

(1) グルコースの燃焼の熱化学方程式を記せ。

(2) 次式のグルコースの生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ を表の燃焼熱から求めよ。



問4 一酸化炭素と水素からメタノールを生成する次の反応について、以下の(1)および(2)の各問に答えよ。

(1) この反応の反応熱を表の燃焼熱から求め、熱化学方程式を記せ。

(2) この反応は可逆反応で、ピストンを持つ密閉容器の中で反応が平衡状態になっている。温度は一定として、メタノールの生成量を増加させる操作として適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① 密閉容器の体積は変えず、 Zn-Cr-Cu 系の固体触媒を加える。

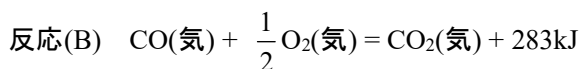
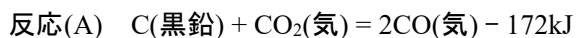
② 密閉容器の体積は変えず、アルゴンガスを加えて、圧力を上げる。

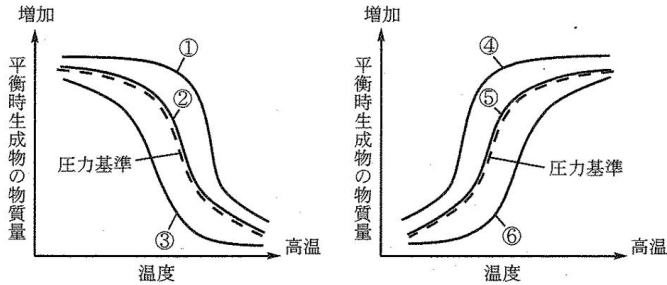
③ ピストンを押し、密閉容器の体積を小さくし、圧力を上げる。

④ ピストンを引いて密閉容器の体積を大きくし、圧力を下げる。

⑤ アルゴンガスを加えるが、ピストンで調整して全圧を一定に保つ。

問5 下図は、可逆反応の反応温度と平衡時の生成物量(mol)との関係を模式的に表したグラフである。破線の曲線を圧力基準として、基準から圧力を上げた時の反応温度に対する生成物量曲線が実線①～③もしくは④～⑥である。②と⑤の曲線は圧力基準から変化がないことを示す。次の反応(A)と反応(B)の正反応に適した変化を示す曲線を、図内の①～⑥のうちからそれぞれ1つ選べ。





(2018 宮崎大)

9. アセチレンに水素を付加してエチレンを生成する反応の熱化学方程式を問1～問3の手順で求めよ。

問1 次の(a)～(d)の反応を熱化学方程式で表せ。各化学種の状態を()付きで明示すること。

- (a) 炭素(黒鉛)1mol が酸素下で燃焼すると二酸化炭素(気体)が生成し、394kJの熱が発生する。
 (b) 水素(気体)1mol が酸素下で燃焼すると水(液体)が生成し、286kJの熱が発生する。
 (c) アセチレン(気体)1mol が酸素下で燃焼すると二酸化炭素(気体)と水(液体)が生成し、1301kJの熱が発生する。
 (d) エチレン(気体)1mol が酸素下で燃焼すると二酸化炭素(気体)と水(液体)が生成し、1411kJの熱が発生する。

問2 問1で求めた熱化学方程式を用いてアセチレン(気体)とエチレン(気体)の生成熱をそれぞれ求めよ。

問3 アセチレンに水素を付加してエチレンを生成する反応の熱化学方程式を求めよ。

(2018 兵庫県立大)

10. $\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2}\text{X}_2(\text{気}) \rightarrow \text{HX}(\text{気})$ という反応によって生成するHX(気)分子の生成

熱は、 a [kJ/mol] で表されるものとする。そのときのH—Xの結合エネルギーを求め式として正しいものを、以下の解答群から1つ選びなさい。なお、H—H及びX—Xの結合エネルギーは、それぞれ b [kJ/mol]、 c [kJ/mol] で表されるものとする。

- [解答群] ① $a+b+c$ ② $a-b-c$ ③ $-a+b+c$ ④ $-a-b-c$
 ⑤ $a+\frac{1}{2}b+\frac{1}{2}c$ ⑥ $a-\frac{1}{2}b-\frac{1}{2}c$ ⑦ $-a+\frac{1}{2}b+\frac{1}{2}c$ ⑧ $-a-\frac{1}{2}b-\frac{1}{2}c$

(2018 中央大)

解答

1. ⑧
2. 940kJ/mol
3. 問1 ア 5 イ 3 ウ 4 エ 5.00×10^{-1} オ 6.72 カ 5 キ 3
ク 7.20 ケ 4.21×10^{23} 問2 a 気体反応の法則 b 質量保存の法則
問3 2.22×10^3 kJ/mol
4. (1) $\frac{1}{2} \text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2} \text{Br}_2(\text{液}) = \text{HBr}(\text{気}) + 36\text{kJ}$ (2) 14kJ
5. 問1 ア 大きければ イ 活性化 問2 ウ 経路 エ 初めの状態と終わりの状態
問3 (1) $\text{C} : \text{C}(\text{黒鉛}) + \text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 394\text{kJ}$
 $\text{CO} : \text{CO}(\text{気}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 283\text{kJ}$ (2) 1.1×10^2 kJ/mol (3) 二酸化炭素
も一酸化炭素と同様に生成するから 問4 (1) 1 : 1 (2) 6.1×10^2 kJ
問5 ①, ③
6. 299kJ/mol
7. 問1 ア 発熱 イ 吸熱 ウ 単 問2 30.3°C 問3 中和熱
 $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 56.0\text{kJ}$
問4 $\text{NaOH}(\text{固}) + \text{HCl}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 101\text{kJ}$ 問5 23.3°C
8. 問1 炭素 0.112 [g-CO₂/kJ] メタン 0.449 [g-CO₂/kJ] 問2 ②
問3 (1) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{固}) + 6\text{O}_2(\text{気}) = 6\text{CO}_2(\text{気}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 2803\text{kJ}$ (2) 1277kJ/mol
問4 (1) $\text{CO}(\text{気}) + 2\text{H}_2(\text{気}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{液}) + 129\text{kJ}$ (2) ③ 問5 (A) ⑥ (B) ①
9. 問1 (a) $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{O}_2(\text{気}) = \text{CO}_2(\text{気}) + 394\text{kJ}$ (b) $\text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{気}) = \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 286\text{kJ}$
(c) $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気}) + \frac{5}{2} \text{O}_2(\text{気}) = 2\text{CO}_2(\text{気}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 1301\text{kJ}$ (d) $\text{C}_2\text{H}_4(\text{気}) + 3\text{O}_2(\text{気}) = 2\text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) + 1411\text{kJ}$ 問2 アセチレン -277kJ/mol
エチレン -51kJ/mol 問3 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気}) + \text{H}_2(\text{気}) = \text{C}_2\text{H}_4(\text{気}) + 176\text{kJ}$
10. ⑤