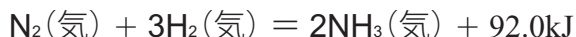


次の文章を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。ただし、気体の挙動は理想気体の状態方程式に従うものとする。数値は特に指示のない限り有効数字3桁で表せ。

窒素と水素からアンモニアを生じる反応は、以下の熱化学方程式で表される平衡反応である。



ルシャトリエは、このアンモニアの合成反応の収量を高める条件を理論的に考えた。すなわち、反応させるときの圧力は ア い方が、温度は イ い方が、平衡定数は大きくなりアンモニアの生成に有利となる。しかし、実際に反応がすみやかに進行するかどうかは ウ の大きさによる。

ウ が大きければ反応は進行しにくく、平衡に達するまでの時間がかかる。そこで、実際のアンモニアの合成は、ウ を下げるために、鉄を主成分とした触媒を用いて行われている。

気体の反応では、溶液などの場合に用いるモル濃度の代わりに、各成分気体の分圧を用いて平衡定数を表すことができる。アンモニアの生成反応の場合、 N_2 、 H_2 、 NH_3 の分圧をそれぞれ p_{N_2} 、 p_{H_2} 、 p_{NH_3} とすると、平衡定数 K_p は、

$$K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}}$$

と表され、この K_p を圧平衡定数という。これに対して、モル濃度(気体の場合、体積1Lあたりの物質量)で表した平衡定数を濃度平衡定数 K_c という。

問1 問題文中の ア ～ ウ に当てはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

問2 下線部について、温度 T における圧平衡定数 K_p を、濃度平衡定数 K_c を用いて表せ。

ただし、気体定数は記号 R で表せ。解答に至るみちすじも示せ。

問3 いま、容積可変の密閉容器に1.00molの窒素と3.00molの水素を入れて混合し、容積2.00L、温度427℃に保って平衡に達したところ、全圧は $1.05 \times 10^5 \text{Pa}$ であった。この反応により生成したアンモニアの物質量と発生した熱量を答えよ。ただし、気体定数 R は $8.31 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ であり、 $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ とする。解答に至るみちすじも示せ。

解答

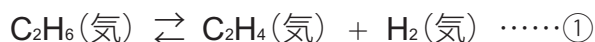
3.0molの H_2 と2.3molの I_2 を体積50Lの容器に入れ, 高温で一定温度に保つと平衡状態に達し, 4.0molのHIが生じた。

- (1) 下線で示す反応の平衡定数を有効数字2桁で答えよ。
- (2) この反応系に触媒を加えるとどうなるか。次の(I)~(IV)の()内から適当な語句を選び, 記号で答えよ。
- (I) 活性化エネルギーは(①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (II) 反応熱は(①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (III) HI生成反応の速度は(①小さくなる ②大きくなる ③変化しない)
- (IV) 反応の平衡は(①右向きに移動する ②左向きに移動する ③どちらにも移動しない)

解答

((1))には式の右辺を, ((2))および((3))には小数第1位までの数値を, ((4))は(ア)~(ウ)から1つ選べ。

エタンは高温でエチレンと水素に熱分解される。この熱分解反応は①式で表される。ただし, ①式以外の反応は起こらないものとする。



ここで, エタン, エチレンおよび水素のモル濃度[mol/L]をそれぞれ $[\text{C}_2\text{H}_6]$, $[\text{C}_2\text{H}_4]$ および $[\text{H}_2]$ とすると, ①式の反応の平衡定数 K_c [mol/L]は②式で表される。

$$K_c = ((1)) \cdots \cdots \textcircled{2}$$

次に, 体積500Lの容器にエタン, エチレンおよび水素を入れ, 温度と体積を一定に保つと平衡状態に達した。この平衡時のエタンの物質量は1.0mol, エチレンの物質量は3.0mol, 水素の物質量は2.0molであった(平衡状態2)。したがって, このとき

$$K_c = ((2)) \times 10^{-2} \text{ mol/L} \cdots \cdots \textcircled{3}$$

と求まる。

さらに, 平衡状態2の混合気体にエタンを6.0mol, 水素を6.0mol加え, 平衡状態2と同じ温度と体積に保つと, 新たな平衡状態に達した。平衡到達後のエタンの物質量は③式の値を用いて((3))molと求まる。したがって平衡は((4))ことがわかる。(ア)右向きに移動した (イ)左向きに移動した (ウ)移動しなかった

解答

Theme 化学平衡に関する問題 岩手大学 (2012 教育) 一部改①

次の文章を読み, 問 1 ~ 問 4 に答えよ。気体はすべて理想気体とする。

二酸化窒素 NO_2 は, 式 (1) のような可逆反応によってその一部が四酸化二窒素 N_2O_4 となる。



また, この反応の熱化学方程式は式 (2) で表される。



純粋な NO_2 をピストンのついた透明な容器に n_0 [mol] だけ注入した。

そのときの容器内の圧力を P_0 , 温度を T , 体積を V とする。温度と体積を一定に保って, ①平衡状態に到達させると全圧は P_1 となり, NO_2 の物質量は n_1 [mol] であった。

問 1. 温度 T における式 (1) の反応の平衡定数 (濃度平衡定数) K_c を, n_0 , n_1 , V を使って表せ。

問 2. 下線①の平衡状態での NO_2 と N_2O_4 の分圧を, それぞれ n_0 [mol], n_1 [mol], P_0 を使って表せ。

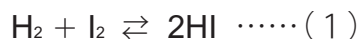
問 3. 下線①の平衡状態から温度を一定に保ったままピストンを押し込むと NO_2 の物質量はどうか変化するか。理由と共に述べよ。

問 4. 下線①の平衡状態から体積を一定に保って温度を上昇させると気体の色はどうか。理由と共に述べよ。

解答

Theme 化学平衡に関する問題 九州工業大学(2012 工 情報工)①

水素とヨウ素を密閉容器に入れ, ある温度に保つと, ヨウ化水素が生じ, 式(1)のような平衡状態に達する。以下の問いに答えよ。

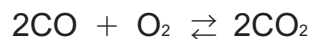


- 問1 体積100Lの容器に水素5.5molとヨウ素4.0molを入れると, 平衡状態に達し, ヨウ化水素7.0molが生じた。式(1)の反応の平衡定数はいくらになるか。有効数字2桁で答えよ。
- 問2 問1と同じ温度で体積150Lの容器に水素5.0molとヨウ素5.0molを入れると, 平衡状態に達した。その時, ヨウ化水素は何mol生じたか。有効数字2桁で答えよ。

解答

次の文章を読み、問いに答えよ。計算問題を解答する場合には有効数字に注意し、必要ならば四捨五入すること。

圧力を一定に保つことができる密閉容器に、 2.00mol の CO と 1.00mol の O_2 を入れて高温で反応させたところ、 CO_2 が生成し次式で示される平衡状態に達した。このとき、混合気体が占める体積は $1.00 \times 10^2 \text{L}$ であった。



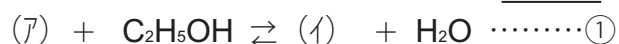
- (i) 平衡状態にある CO 、 O_2 、 CO_2 のモル濃度をそれぞれ $[\text{CO}]$ 、 $[\text{O}_2]$ 、 $[\text{CO}_2]$ と表すとき、平衡定数 K を表す式を記せ。
- (ii) 平衡状態にある O_2 のモル濃度は $1.00 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ であった。このときの平衡定数 K の値を有効数字2桁で求めよ。単位も記せ。

解答

次の文章を読み、下の問いに答えよ。ただし、物質のモル濃度[mol/L]は[C₂H₅OH], [H₂O]のように表すものとする。

酢酸とエタノールを混合し、少量の濃硫酸を加えて加熱すると、酢酸エチルと水が生成する。

逆に、酢酸エチルと水を混合し、(a) 希硫酸を加えて加熱すると、酢酸とエタノールが生成する。



この(b) 可逆反応の平衡定数 K は、平衡状態になったときの各物質のモル濃度を用いて次の式で表される。

$$K = \frac{\boxed{(ウ)}}{\boxed{(I)}} \cdots \cdots ②$$

より一般的な溶液中の可逆反応として、次のような反応を考える。



ただし、 a, b, p, q は、それぞれ化学式A, B, P, Qの係数である。また、反応が平衡状態にあるとき、平衡定数 K_c は次の式で表される。

$$K_c = \frac{\boxed{(オ)}}{\boxed{(カ)}} \cdots \cdots ④$$

K_c の値は、反応開始時の物質の濃度が異なっても、温度が一定であれば、ほぼ一定である。

この関係を化学平衡の法則または (キ) という。一般に可逆反応が平衡状態にあるとき、反応に関わる物質の濃度や温度などの条件を変えると、その影響を (ク) 方向に反応が進み、新しい平衡に達する。

問1 文章中の (ア) ~ (カ) に入る適切な数式または示性式を記せ。

問2 文章中の (キ) と (ク) に入る適切な語句を記せ。

問3 下線部(a)と同様なはたらきをする物質を一般的に何というか。その名称を記せ。
また、そのはたらきについて簡潔に説明せよ。

問4 下線部(b)について、可逆反応とはどのような反応であるか簡潔に記せ。

問5 次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 容器内で酢酸1.60molとエタノール4.00molを混合して、少量の濃硫酸を加え、一定温度に保ったところ、酢酸エチルが1.40mol生成したところで平衡状態となった。この反応の平衡定数 K を求めよ。ただし、反応溶液の体積を V [L]とし、体積変化の影響は無視できるものとする。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。

(2) 容器内でエタノール2.00mol、酢酸エチル2.00molと水6.00molを混合して、硫酸を加え、よくかき混ぜて、設問(1)とは異なる一定温度に保った。この反応が平衡状態になったときの酢酸の物質質量[mol]を求めよ。ただし、②式の K の値を4.0、また反応溶液の体積を W [L]として、体積変化の影響は無視できるものとする。所定の欄に計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。

解答

Theme 化学平衡に関する問題 早稲田大学(2011 一般(B方式) 人間科)①

問 1.0molずつの酢酸とエタノールに少量の濃硫酸を加え, ある一定温度で反応させたところ, 酢酸エチルが0.60mol生成した時点で, 反応が平衡状態に達した。一方, 酢酸1.2molおよびエタノール(A)molについて, 同じ温度でこの反応を行ったところ, 酢酸エチルが0.60mol生成して平衡状態に達した。このとき, 反応の平衡定数は(B)である。

A群:

① 0.13 ② 0.27 ③ 0.73 ④ 0.87 ⑤ 1.7

B群:

⑥ 0.11 ⑦ 0.25 ⑧ 0.44 ⑨ 2.3 ⑩ 4.0

解答

次の記述(1)～(3)の(ア)～(イ)にあてはまる数値を,有効数字が3桁になるように4桁目を四捨五入して求め,必要ならば下記の数値を用いなさい。

平方根の概数値： $\sqrt{3}=1.732$

- (1) 酢酸とエタノールから酢酸エチルと水を生成する反応の25℃における平衡定数は4.00である。いま,酢酸1.00molとエタノール1.00molの混合物にごく少量の濃硫酸を加えて25℃に保ち平衡に達したとき,反応に用いた酢酸の (ア) %が酢酸エチルになると計算される。
- (2) (1)の混合物にさらにエタノール1.00molを加えて25℃に保ち平衡に達したとき,酢酸エチルの物質量は (イ) molとなる。

解答

反応物と生成物がともに理想気体であり, 反応が平衡状態にある場合には, 各成分気体の濃度の代わりに, 分圧を用いて平衡定数を表すことができる。この平衡定数を圧平衡定数といい, K_p で表される。



で示される反応の圧平衡定数は, ある温度で $K_p = 2.7 \times 10^{-3} \text{Pa}^{-1}$ であった。この温度において, 反応が平衡状態にあるとき, SO_2 の分圧が $1.0 \times 10^4 \text{Pa}$, O_2 の分圧が $3.0 \times 10^4 \text{Pa}$ であった。このとき, 全圧はいくらか。有効数字2桁で求めよ。

解答

必要があれば, 次の数値を用いよ。気体定数: $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

問1 水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する反応を, 内容積1.0Lの容器を用い, 圧力と温度をそれぞれ100kPa, 610Kに保って行った。水素とヨウ素の分圧は, 反応開始時にはいずれも50kPaであったが, ある時間経過した後にはいずれも10kPaの一定値であった。生成したヨウ化水素の物質質量[mol]を有効数字2桁で求めよ。

問2 問1における反応の平衡定数(K)を有効数字2桁で求めよ。

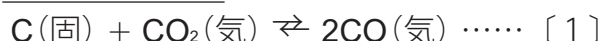
解答

気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$,

原子量が必要なときは次の値を用いよ。H=1.0, C=12.0, O=16.0

問1 次の文章を読んで、設問(1)～(5)に答えよ。ただし反応過程において容器の温度は一定であり、加えた固体の体積およびその昇華は無視できる。また、気体は理想気体である。

n モルの CO_2 をピストンで密閉された高温の容器に封じ込めたところ、ピストンはなめらかに移動し、容器内の圧力が外の圧力 P_0 とつりあった。ピストンの位置を固定し、容器内に十分な量の固体炭素Cを加えたところ、次の反応によってCOが生成し、十分時間が経過した後に平衡状態となった。



平衡状態における CO_2 、COの分圧をそれぞれ $P(\text{CO}_2)$ 、 $P(\text{CO})$ 、また圧平衡定数を K_p とすると、

$$K_p = \frac{P(\text{CO})^2}{P(\text{CO}_2)}$$

が成り立つ。圧平衡定数 K_p は温度が一定であれば一定値を示す。

設問(1)： CO_2 が反応した割合を α ($0 < \alpha < 1$)としたとき、容器内の CO_2 とCOの物質量を記せ。

設問(2)：下線における容器内の気体の全圧を α と P_0 を用いて記せ。

設問(3)：下線における α を P_0 と K_p を用いて記せ。

設問(4)：下線の状態で、ピストンを自由に動けるようにすると、式[1]に示す平衡はどのように変化するか。もっとも適切な記述を次のア～ウのなかから一つ選び、その記号を理由とともに記せ。

ア 平衡は左に移動する。 イ 平衡は移動しない。 ウ 平衡は右に移動する。

設問(5)：下線の状態で、ピストンの位置を固定したまま容器に気体のアルゴンを加えることによって全圧を増加させると、式[1]に示す平衡はどのように変化するか。もっとも適切な記述を次のア～ウのなかから一つ選び、その記号を理由とともに記せ。

ア 平衡は左に移動する。 イ 平衡は移動しない。 ウ 平衡は右に移動する。

解答

次の記述(1)(2)の(i), (ii)にあてはまる数値を, 有効数字が2桁になるように3桁目を四捨五入して求めなさい。

また, 記述中の(ア)(イ)について最も適当なものを{ }内から選びなさい。

- (1) 体積可変の無色透明な密閉容器がある。この容器に 0.50mol の N_2O_4 を封入し, 体積を 2.5L にした。その後, ある温度に保ったところ, 0.25mol の N_2O_4 が解離して NO_2 が生成し, 平衡状態となった。この反応の濃度平衡定数は (i) mol/L である。この時, 容器中の気体の色は, (ア){1 無色から褐色へと変化した 2 褐色から無色へと変化した 3 褐色のまま変化しなかった 4 無色のまま変化しなかった}。
- (2) (1)の状態から温度, 体積を一定に保ったまま, さらに 2.5mol の N_2O_4 を添加し, 新たな平衡状態に到達させた。この時, 容器内に存在する NO_2 の物質量は (ii) mol である。平衡到達後の混合気体中に占める NO_2 の割合は, (イ){1 (1)の時よりも大きくなった 2 (1)の時よりも小さくなった 3 (1)の時と同じであった}。

解答

問題を解くのに必要があれば, 下記の数値を用いなさい。

原子量 $H=1.0$, $N=14.0$, $O=16.0$, 気体定数 $R=8.31 \times 10^3 \text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

赤褐色の気体の二酸化窒素 NO_2 から無色の気体の四酸化二窒素 N_2O_4 が生成する反応



について, 問に答えなさい。ただし, 数値は有効数字 3 桁で答えなさい。

問 1 密閉容器内において 25°C でこの反応が平衡に達している。

(1) 全圧を変えずに温度を上げると, 平衡はどちらの方向に移動するか。下記の (ア) ~ (ウ) の中から適切な記述を選び記号で答えなさい。

(ア) N_2O_4 が増える方向に移動する (イ) N_2O_4 が減る方向に移動する

(ウ) 移動しない

(2) (1) のように考えた理由を 50 字程度で述べなさい。

問 2 1.00L の容器に NO_2 と N_2O_4 の混合気体 5.06g が入っていて, 平衡に達している。平衡定数が $0.500 (\text{mol/L})^{-1}$ であるとする, NO_2 と N_2O_4 のモル濃度はそれぞれいくらか。

その過程を示して答えなさい。

解答

Theme 化学平衡に関する問題 旭川医科大学 (2012 後期日程 医)

計算結果は有効数字 3 桁で示しなさい。

問 気体の水素 (H_2) とヨウ素 (I_2) を一定体積の密閉した容器に入れ一定温度に保つと、ヨウ化水素が生成し、平衡に達する。

(1) 体積 1L の容器に水素とヨウ素をそれぞれ 1.20mol 入れて密閉し、一定温度に保った。

平衡に達したときのヨウ化水素は 1.90mol であった。平衡定数を求めなさい。

また、その計算過程も記しなさい。

(2) この平衡は圧力を加えるとどうなるか、理由も付けて 50 字程度で答えなさい。

解答