

Задача 5.

Клатраты – соединения, образующиеся путём включения молекул вещества - «гостя», в полости кристаллической решётки, составленной из молекул другого типа называемых «хозяевами». Одним из самых известных клатратов является клатрат метана. В нём «гости» - молекулы метана располагаются в полостях между «хозяевами» - молекулами воды. Такой клатрат внешне напоминает лёд, однако благодаря достаточно высокому содержанию метана этот лёд может гореть.

- 1) Определите состав клатрата метана, если известно, что массовая доля водорода в нём равна 12,97%
- 2) Запишите уравнение горения клатрата метана.
- 3) Определите, хватит ли теплоты сгорания метана для того, чтобы растопить лёд клатрата? Хватит ли этой теплоты, чтобы испарить эту воду?

Теплота сгорания метана равна 891 кДж/моль, удельная теплота плавления воды равна 334 кДж/кг, теплоёмкость воды равна 4200 Дж/кг·°C, удельная теплота парообразования для воды равна 2300 кДж/кг.

- 4) Как вы считаете, как можно использовать клатраты, и какие опасности могут исходить от таких соединений?

Решение.

1) Определим, сколько молекул воды приходится на одну молекулу метана: массовая доля водорода равна 12,97%, значит если на одну молекулу метана приходится x молекул воды, то $4+2x/(4+12+2x+16x)=0,1297$, тогда $4+2x=2,0752+2,3346x$, $0,3346x = 1,9248$, $x = 5,75$. Тогда состав клатрата – $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O}$.

2) $4\text{CH}_4 \cdot 23\text{H}_2\text{O} + 8 \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 31 \text{H}_2\text{O}$

3) Согласно уравнению горения, теплота, выделяющаяся при сгорании 4 моль метана, потратится на плавление, нагревание и испарение 31 моля воды = 558г воды. Тепловой эффект от сгорания 4 моль метана будет равен $891\text{кДж/моль} \cdot 4\text{моль} = 3564\text{кДж}$.

На плавление воды потребуется $334\text{кДж/кг} \cdot 0,558\text{кг} = 186 \text{кДж}$;

на нагревание и испарение – ещё $4,2\text{кДж/кг/}^\circ\text{C} \cdot 100^\circ\text{C} \cdot 0,558\text{кг} + 2300\text{кДж/кг} \cdot 0,558 \text{кг} = 234\text{кДж} + 1283\text{кДж} = 1517 \text{кДж}$ (итого 1703 кДж). Таким образом, теплоты сгорания метана хватит и на плавление клатрата, и на испарение воды.

4) Клатраты можно использовать для хранения и транспортировки метана, как горючее и т.д., однако они достаточно огнеопасны, а также могут блокировать систему добычи природного газа.

Оценивание

Правильный расчёт состава клатрата - 6 баллов

Реакция сгорания клатрата - 2 балла

По 5 баллов за правильное соотношение теплоты сгорания метана с теплотами плавления воды и ее нагревания + испарения, всего 10 баллов

По 1 баллу за применение и объяснение опасности, всего 2 балла

Всего 20 баллов