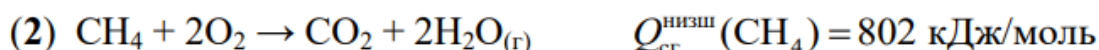


Высшая и низшая теплота сгорания

Одной из важнейших характеристик топлив и горючих химических веществ является теплота сгорания. При этом для ряда веществ выделяют две теплоты сгорания: высшую и низшую, разница между которыми объясняется разными агрегатными состояниями образующейся воды. Например, для метана высшая теплота сгорания соответствует реакции (1):



А низшая теплота сгорания этого вещества – реакции (2):



1. Вычислите молярную теплоту испарения воды.
2. Приведите формулы трёх веществ, для которых не будет наблюдаться разницы между низшей и высшей теплотами сгорания.

Стандартные теплоты образования ацетилена (C_2H_2), углекислого газа и жидкой воды равны -227 , $+396$ и $+286$ кДж/моль, соответственно.

3. Вычислите высшую и низшую теплоту сгорания ацетилена (на 1 моль C_2H_2).

Высшая молярная теплота сгорания газообразного гексана C_6H_{14} на 7.9 % превышает низшую теплоту сгорания.

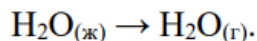
4. Запишите уравнение реакции сгорания гексана и вычислите высшую и низшую теплоту сгорания этого вещества.

Удельные высшая и низшая теплоты сгорания некоторого углеводорода состава C_xH_y составляют 46.91 кДж/г и 44.32 кДж/г соответственно.

5. Установите простейшую формулу неизвестного углеводорода, приведите уравнение реакции его сгорания и рассчитайте его высшую и низшую теплоты сгорания в кДж/моль.

Решение задачи 9-5 (автор: Болматенков Д. Н.)

1. Процесс испарения воды можно описать реакцией:



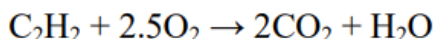
Согласно закону Гесса, теплота этой реакции может быть найдена как полуразность теплот реакций 2 и 1: $Q_{\text{исп.}}(\text{H}_2\text{O}) = (802 - 890)/2 = -44$ кДж/моль. Полученная теплота отрицательна, так как процесс испарения воды эндотермичен.

***Примечание:** знак теплоты испарения воды отличается от принятого в школьной программе по физике вследствие выбора разных систем отсчёта.*

2. Так как разница в теплотах обусловлена испарением воды, необходимо подобрать горючие вещества, при сгорании которых не образуется воды. Примеры: CS_2 , S, C, Al, C_2N_2 . Обязательными условиями являются горючесть и отсутствие воды в продуктах реакции.

***Примечание:** в общем случае различия между минимальной и максимальной теплотой сгорания могут быть обусловлены не только агрегатным состоянием воды, однако при ответе на вопрос необходимо опираться на информацию, приведённую в условии задачи.*

3. Реакция сгорания 1 моль ацетилена выглядит следующим образом:

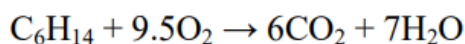


Вычислим тепловой эффект этой реакции, используя следствие из закона Гесса и приведённые в условии данные:

$$\begin{aligned} Q_{\text{сг.}}(\text{C}_2\text{H}_2) &= Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) + 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_2) = 286 + 396 \cdot 2 - (-227) = \\ &= 1305 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Поскольку в условии приведена теплота образования жидкой воды, полученное значение – высшая теплота сгорания. Поскольку в реакции сгорания образуется 1 моль воды, низшая теплота сгорания будет на 44 кДж/моль меньше и составит $1305 - 44 = 1261$ кДж/моль.

4. Уравнение реакции сгорания 1 моль гексана имеет следующий вид:

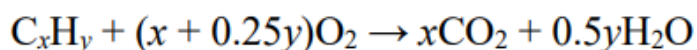


В реакции сгорания образуется 7 моль воды, то есть высшая теплота сгорания будет больше низшей на $7 \cdot 44 = 308$ кДж/моль. Это составляет 7.9 % от низшей теплоты сгорания, откуда

$$Q_{\text{сг.}}^{\text{низш.}}(\text{C}_6\text{H}_{14}) = 308 / 0.079 = 3900 \text{ кДж/моль}.$$

Тогда высшая теплота сгорания равна $3900 + 308 = 4208$ кДж/моль.

5. Запишем в общем виде реакцию сгорания C_xH_y :



Обратим внимание, что приведённые в условии теплоты – удельные. Мольная теплота этой реакции равна $46.91 \cdot M$, если образуется жидкая вода, и $44.32 \cdot M$, если образуется газообразная вода (M – молярная масса соединения, равная $12x + y$). Разница между этими теплотами, равная $2.59 \cdot M$, соответствует теплоте испарения воды, умноженной на коэффициент 0.5y, то есть $44 \cdot 0.5y = 22y$. Отсюда следует, что для целых x и y должно выполняться соотношение: $2.59 \cdot M = 22y$, или $2.59 \cdot (12x + y) = 22y$, что после преобразований даёт $x = 0.625y$. Простейшее решение данного уравнения в целых числах наблюдается при $x = 5$ и $y = 8$. Тогда искомый углеводород – C_5H_8 , его молярная масса равна 68 г/моль, а его высшая и низшая теплоты сгорания равны соответственно $46.91 \cdot 68 = 3190$ кДж/моль и $44.32 \cdot 68 = 3014$ кДж/моль.

Система оценивания:

1	Теплота испарения воды	1.5 балла
2	Примеры трёх веществ по 0.5 балла	1.5 балла
3	Уравнение реакции сгорания – 1 балл Расчёт высшей теплоты сгорания – 1 балл Расчёт низшей теплоты сгорания – 1 балл	3 балла
4	Уравнение реакции сгорания – 1 балл Расчёт высшей теплоты сгорания – 1 балл Расчёт низшей теплоты сгорания – 1 балл	3 балла
5	Формула неизвестного углеводорода – 3 балла Уравнение реакции сгорания – 1 балл Расчёт высшей теплоты сгорания – 1 балл Расчёт низшей теплоты сгорания – 1 балл	6 баллов
Итого:		15 баллов