Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии для 10 класса

2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

Установите соответствие между левыми и правыми частями уравнений реакций (коэффициенты в обеих частях не приведены).

Варианты ответов:

Первый столбец:

$$\circ$$
 C + HNO₃ =

$$\circ$$
 CO + NH₃ =

$$\circ$$
 (NH₄)₂CO₃ =

$$\circ$$
 (NH₂)₂CO + H₂O =

$$\circ$$
 CH₄ + NH₃ + O₂ =

Второй столбец:

$$\circ$$
 CO₂ + NH₃

$$\circ$$
 CO₂ + NH₃ + H₂O

$$\circ$$
 HCN + H₂O

$$\circ$$
 CO₂ + NO₂ + H₂O

Правильные ответы:

$$\circ$$
 C + HNO₃ = CO₂ + NO₂ + H₂O

$$\circ$$
 CO + NH₃ = HCN + H₂O

$$\circ$$
 (NH₄)₂CO₃ = CO₂ + NH₃ + H₂O

$$\circ$$
 (NH₂)₂CO + H₂O = CO₂ + NH₃

$$\circ$$
 CH₄ + NH₃ + O₂ = HCN + H₂O

По 1 баллу за каждую верную пару

Итого — 5 баллов

Решение.

Углерод окисляется азотной кислотой до углекислого газа; продуктом восстановления азотной кислоты является диоксид азота:

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

Взаимодействие угарного газа с аммиаком (процесс каталитический) – один из способов получения циановодорода:

$$CO + NH_3 = HCN + H_2O$$

Термическое разложение карбоната аммония сопровождается образованием аммиака, углекислого газа и воды:

$$(NH_4)_2CO_3 = 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

Полный гидролиз мочевины приводит к образованию аммиака и углекислого газа:

$$(NH_2)_2CO + H_2O = 2NH_3 + CO_2$$

Взаимодействие метана с аммиаком в присутствии кислорода на катализаторе используется для получения циановодорода:

$$2NH_3 + 2CH_4 + 3O_2 = 2HCN + 6H_2O$$

Условие:

Сколько атомов содержит молекула простейшего двухатомного спирта, устойчивого при

обычных условиях?

Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

При окислении этого спирта кислородом в присутствии катализатора можно получить

в качестве единственного углеродсодержащего продукта простейшую двухосновную

органическую кислоту. Сколько молекул кислорода потребуется для окисления одной

молекулы спирта в соответствии с уравнением реакции?

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Спирты, содержащие гидроксильные группы у одного и того же атома углерода, нестабильны.

Поэтому простейший стабильный двухатомный спирт содержит два атома углерода и имеет

формулу НО-СН₂-СН₂-ОН. Такой спирт содержит суммарно 10 атомов.

Соответствующая двухосновная кислота будет иметь формулу НООС-СООН. Побочным

продуктом реакции будет вода. Составим уравнение реакции:

 $C_2H_6O_2 + 2O_2 = C_2H_2O_4 + 2H_2O$

Для процесса окисления 1 молекул спирта понадобится 2 молекулы кислорода.

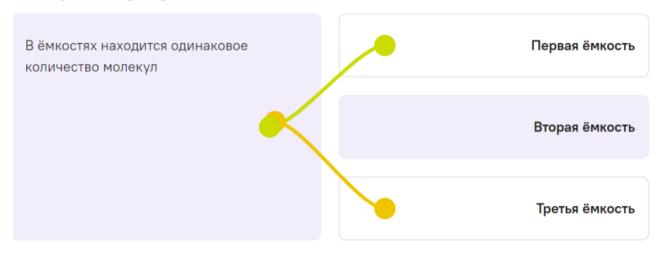
Общее условие:

Даны утверждения, каждое из которых относится к двум из четырёх ёмкостей, содержащих различные газы.

Условие:

Установите соответствия между этими утверждениями и ёмкостями. «Одинаковое количество» здесь означает разницу не более чем в 1%.

Ниже приведен пример выполнения этого задания.



Варианты ответов:

Первый столбец:

- В ёмкостях находится одинаковое количество молекул
- В ёмкостях находится одинаковое количество атомов
- В ёмкостях находится одинаковое количество атомов водорода

Второй столбец:

- о Первая ёмкость
- 0.25 моль аммиака
 - о Вторая ёмкость
- 11 г диоксида углерода
 - о Третья ёмкость
- 1.15 л хлороводорода при температуре 25°C и давлении 10 атмосфер
 - о Четвёртая ёмкость
- 4.2 л метана при нормальных условиях

Правильные ответы:

о В ёмкостях находится одинаковое количество молекул: **первая ёмкость** (0.25 моль аммиака) и **вторая ёмкость** (11 г диоксида углерода)

о В ёмкостях находится одинаковое количество атомов: третья ёмкость (1.15 л

хлороводорода при температуре 25°C и давлении 10 атмосфер) и **четвёртая ёмкость**

(4.2 л метана при нормальных условиях)

о В ёмкостях находится одинаковое количество атомов водорода: первая ёмкость

(0.25 моль аммиака) и четвёртая ёмкость (4.2 л метана при нормальных условиях)

По 1 баллу за каждую верную пару со штрафом 0.5 балла

Итого — 3 балла

Решение.

Рассчитаем количество вещества в каждой из ёмкостей, которое будет пропорционально числу

молекул. Для первой ёмкости количество вещества известно. Во второй ёмкости содержится

11 г, или 11/44 = 0.25 моль CO_2 . Для расчёта количества вещества в третьей ёмкости

воспользуемся уравнением идеального газа: $n = pV/(RT) = 1.15 \cdot 1013.25/(8.31 \cdot 298) = 0.47$ моль.

Четвёртая ёмкость содержит 4.2/22.4 = 0.1875 моль метана.

Одинаковое количество молекул находится в первых двух ёмкостях.

Для подсчёта числа атомов умножим количество вещества на количество атомов

в формульной единице:

Ёмкость 1: $0.25 \cdot 4 = 1$

Ёмкость 2: $0.25 \cdot 3 = 0.75$

Ёмкость 3: $0.47 \cdot 2 = 0.94$

Ёмкость 4: $0.1875 \cdot 5 = 0.94$

Одинаковое количество атомов содержат две последние ёмкости.

Атомы водорода посчитаем аналогично. СО2 не содержит водорода и может быть сразу

исключён.

Ёмкость 1: $0.25 \cdot 3 = 0.75$

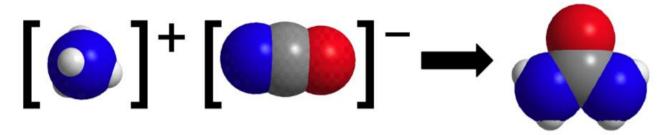
Ёмкость 3: $0.47 \cdot 1 = 0.47$

Ёмкость $4: 0.1875 \cdot 4 = 0.75$

Одинаковое количество атомов водорода содержат ёмкости 1 и 4.

Общее условие:

На рисунке изображена схема реакции изомеризации, в которой молекулы представлены в виде моделей, отображающих относительные размеры атомов.

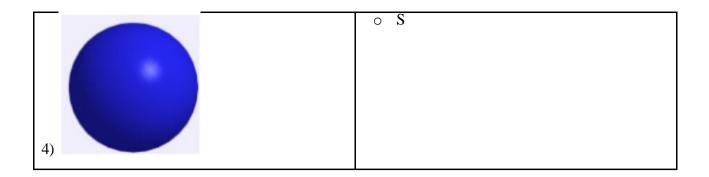


Условие:

Атомам каких элементов соответствуют шары разного цвета и размера в моделях?

Варианты ответов:

Первый столбец:	Второй столбец:
1)	○ Н○ С
2)	○ N ○ O
3)	○ F○ Na○ Cl
	0 P



Правильные ответы:

- 1) H
- o 2) O
- 3) C
- o 4) N

По 1 баллу за каждую верную пару

Итого — 4 балла

Решение.

Изображённая на схеме реакция — знаменитая реакция Вёлера, процесс изомеризации цианата аммония в мочевину: $NH_4OCN = (NH_2)_2CO$

Центральный серый атом цианат-иона и мочевины – углерод.

Синий атом – азот.

Красный атом – кислород.

Белый атом – водород.

Исключить из рассмотрения серу, которая могла бы находиться на месте кислорода, позволяет сравнение геометрических размеров атомов.

Общее условие:

Правило Вант-Гоффа гласит, что при увеличении температуры t на 10°C скорость реакции v

возрастает в $\gamma = 2-4$ раза.

 $v_2/v_1 = \gamma^{(t2-t1)/10}$

Пусть для первой реакции коэффициент $\gamma = 4$, а константа скорости составляет 0/07 с⁻¹

при 30°C, для второй реакции $\gamma = 2$, а константа скорости равна 36с⁻¹ при 70°C.

Условие:

Во сколько раз увеличится скорость первой реакции при нагревании от 30 до 70°С?

Ответ: 256

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре константы скорости реакций сравняются? Ответ выразите в градусах

Цельсия.

Ответ: 80

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

Скорость первой реакции увеличивается в 4 раза при нагревании на каждые 10 °C. При

нагревании с 30 до 70 °C такое увеличение произойдёт 4 раза, то есть скорость реакции

увеличится в $4^4 = 256$ раз.

Дальнейший расчёт удобнее вести от температуры 70 °C. Константа скорости первой реакции

при этой температуре равна $0.07.256 = 17.92 \text{ c}^{-1} \approx 18 \text{ c}^{-1}$. Константа скорости второй реакции

при этой температуре равна 36 с⁻¹. При нагревании на каждые последующие 10 °C константа

скорости вырастет в 4^n раз, где $n = \Delta t/10$, а константа скорости второй реакции вырастет в 2^n

раз. Тогда:

 $18{\cdot}4^n=36{\cdot}2^n$

откуда n = 1, или температуру необходимо увеличить на 10 °C. Таким образом, константы

скорости сравняются при температуре 70 + 10 = 80 °C.

Общее условие:

Соединения висмута-211 находят применение в радиоиммунотерапии, так как а-частицы,

возникающие при радиоактивном распаде данного изотопа, способны воздействовать

на патогенные клетки. Недостатком применения данного излучателя является образование

в результате распада ядра элемента X, соединения которого высокотоксичны. Соединение X

с одним из неметаллов разлагается при слабом нагревании, при этом образуется

жёлто-зелёный газ и вещество Y, масса которого на 22.8% меньше массы исходного

соединения.

Условие:

Запишите порядковый номер элемента Х в таблице Менделеева.

Ответ: 81

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите формулу соединения Ү. Пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.

Ответ: TlCl

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как известно, при α-распаде ядро радиоактивного элемента излучает ядро гелия-

4. Таким образом, заряд ядра исходного элемента уменьшается на 2 единицы, а массовое число

на 4. Тогда для ²¹¹Ві получаем:

 $^{211}\text{Bi} \rightarrow ^{207}\text{Tl} + _{2}{}^{4}\text{He}$

Образуется ядро 81-го элемента периодической системы – таллия, все соединения которого

чрезвычайно ядовиты.

Для элементов главных подгрупп устойчивыми положительными степенями окисления как

правило являются высшая (у таллия это +3) и на две единицы меньшая (у таллия -+1). Тогда

логично предположить, что при нагревании соединение таллия (+3) переходит в соединение

таллия (+1). Желто-зеленый газ, вероятно, хлор, тогда речь идет о хлоридах:

 $TlCl_3 \rightarrow TlCl + Cl_2$

Приведенная в задаче потеря массы как раз и соответствует этому процессу.

Общее условие:

При попадании кристалликов иода в водный раствор некоторого вещества он сразу стал коричневым.



Условие:

Какое вещество могло быть растворено в воде?

Варианты ответов:

- о Хлорид натрия
- о Этиловый спирт
- о Крахмал
- о Сульфат натрия
- о Гидроксид натрия
- о Иодид калия

Правильные ответы:

- о Этиловый спирт
- о Иодид калия

По 2 балла за каждый верный пункт, штраф 1 балл за лишние пункты

Итого — 4 балла

Решение.

Иод почти нерастворим в воде, потому образование коричневого раствора может быть связано с химической реакцией либо присутствием второго растворителя.

Хлорид натрия – реакции нет, окраска появляться не должна

Этиловый спирт – коричневая окраска спиртовой иодной настойки хорошо известна всем – она есть в домашней аптечке

Сульфат натрия – реакции нет, окраска появляться не должна

Крахмал – дает с иодом не коричневое, а синее окрашивание

Гидроксид натрия – обесцвечивает иод в результате протекания реакции

$$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

В присутствии иодида калия растворимость иода существенно повышается вследствие образования трииодида калия, окрашенного в коричневый цвет.

$$I_2 + KI = KI_3$$

Общее условие:

Х — бесцветный газ без вкуса и запаха, обладающий высокой токсичностью. Долгое время,

вплоть до конца 20 века, для обнаружения в воздухе газа Х шахтёры использовали канареек:

если птицы переставали петь, то это свидетельствовало о высоких концентрациях газа Х.

Химически этот газ можно обнаружить с помощью реакции с І₂О₅, в результате которой

образуется фиолетовое простое вещество и безопасный бесцветный газ.

Условие:

Запишите формулу газа Х. Пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.

Ответ: СО

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Известно, что газ X в определённых условиях вступает в реакцию с железом с образованием

жидкости, кипящей при температуре около 100°C. Из 1.0 г железа при этом получается 3.5 г

жидкости. Сколько всего атомов содержит 1 молекула этой жидкости?

Ответ: 11

Точное совпадение ответа — 3 балла

Решение.

 Γ аз **X** реагирует с I_2O_5 с образованием фиолетового простого вещества – иода,

что свидетельствует о протекании окислительно-восстановительной реакции. Известно,

что данная реакция является качественной реакцией на СО, который образуется в шахтах

при окислении угля, шахтных пожарах и при взрыве метана с участием угольной пыли.

В результате качественной реакции помимо иода образуется безопасный газ СО₂:

 $I_2O_5 + 5CO \rightarrow I_2 + 5CO_2$

Ответ: СО

Известно, что СО реагирует с железом с образованием карбонилов железа. Из предположения,

что образовавшийся карбонил является моноядерным, то есть в состав карбонила железа

входит лишь один атом металла, рассчитаем его состав:

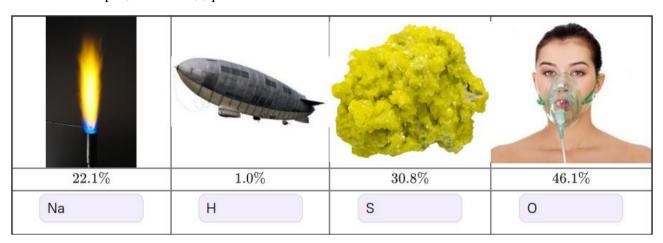
$$M(Fe(CO)n) = \frac{m(Fe(CO)n)}{n(Fe(CO)n)} = m(Fe(CO)n) \cdot \frac{M(Fe)}{m(Fe)} = 3.5 \cdot \frac{55.8}{1.0} = 195.3 \frac{\Gamma}{\text{моль}}$$
 $n(CO) = \frac{M(Fe(CO)n) - M(Fe)}{M(CO)} = \frac{195.3 - 55.8}{28} = \frac{139.5}{28} = 5.0$

Тогда продукт реакции железа с угарным газом — $Fe(CO)_5$. Молекула данного соединения содержит 11 атомов.

Задание № 9.1

Общее условие:

С помощью картинок зашифрован химический состав некоторого вещества. Числа показывают процентное содержание элементов по массе.



Условие:

Впишите в таблицу химические символы этих элементов. Пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.

Правильные ответы:

- o 1 Na
- 2—H
- \circ 3 S
- o 4—O

По 0.75 балла за каждый верный ответ

Итого — 3 балла

Условие:

Чему равна молярная масса вещества? Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 104

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Окрашивание пламени в желтый цвет указывает на соединение натрия. Аэростаты когда-то заполняли водородом. Предназначенная для дыхания маска ассоциируется с кислородом.

Тогда, по-видимому, речь идет о некоторой кислой соли натрия. Вид минерала, соответствующего оставшемуся элементу, позволяет сделать вывод, что это сера.

Пусть в состав соединения входит 1 атом водорода. Тогда количество атомов натрия составит: $22.1/23 = 0.96 \approx 1$

Количество атомов кислорода $46.1/16 = 2.88 \approx 3$

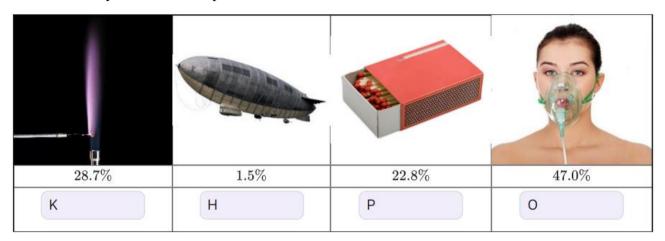
Если определять количество атомов кислорода, приняв за точку отсчета натрий, получим $46.1/22.1\cdot23/16 = 3$, таким образом, неточность при определении по водороду связана с округлением.

Масса содержащегося в соединении кислотообразующего элемента составит $30.8 \cdot 23/22.1 = 32$ а.е.м., что как раз соответствует 1 атому серы Тогда зашифрованное соединение — NaHSO₃, его молярная масса 104 г/моль

Задание № 9.2

Общее условие:

С помощью картинок зашифрован химический состав некоторого вещества. Числа показывают процентное содержание элементов по массе.



Условие:

Впишите в таблицу химические символы этих элементов. Пользуйтесь английской раскладкой клавиатуры.

Правильные ответы:

- o 1 K
- 2—H
- o 3—P
- o 4—O

По 0.75 балла за каждый верный ответ

Итого — 3 балла

Условие:

Чему равна молярная масса вещества? Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 104

Точное совпадение ответа — 1 балл

Решение.

Окрашивание пламени в фиолетовый цвет указывает на соединение калия. Аэростаты когдато заполняли водородом. Предназначенная для дыхания маска ассоциируется с кислородом. Тогда, по-видимому, речь идет о некоторой кислой соли калия.

Пусть в состав соединения входит 1 атом водорода. Тогда количество атомов калия составит: $28.7/39 \cdot 1/1.5 = 0.49$ — вариант не подходит

Пусть в состав соединения входят 2 атома водорода. Тогда количество атомов калия составит: $28.7/39 \cdot 2/1.5 = 0.98 \approx 1$

Количество атомов кислорода $47/16 \cdot 2/1.5 = 3.92 \approx 4$

Масса содержащегося в соединении кислотообразующего элемента составит

 $22.8 \cdot 2/1.5 = 30.4$ а.е.м., что хорошо соответствует 1 атому фосфора (при расчете по калию получается ровно 31 а.е.м.)

Тогда зашифрованное соединение – КН₂РО₄, его молярная масса 136 г/моль.

Общее условие:

А — бесцветный малорастворимый в воде газ без запаха. В начале 20 века он активно

использовался в лампах, которые устанавливались на различные виды транспорта, как

на велосипеды, так и на кареты. Такие лампы по сей день можно встретить на старых маяках.

Принцип работы ламп основан на капельной подаче воды к бинарному соединению В,

в результате чего образуется газ А. Газ поджигают, и он горит в кислороде воздуха ярким

белым пламенем. При сжигании 1 литра А образуется 2 литра СО₂. Соединение содержит

62.5% металла по массе.

Условие:

Определите молярную массу А. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 26

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите порядковый номер металла из соединения в Периодической

Д.И. Менделеева.

Ответ: 20

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Т.к. из 1 литра А образуется 2 литра СО₂, то согласно уравнению Клапейрона-Менделеева, А

содержит 2 атома углерода. Причем т.к. газ А образуется по реакции воды с веществом В, то

В – бинарное соединение металла с углеродом, причем доля углерода: 100% - 62.5% = 37.5%.

Предположив, что соединение В содержит 2 атома углерода, можно рассчитать молярную

массу входящего в его состав металла:

 $M(M) = \frac{2M(C)}{0.375} - 2M(C) = 40 \frac{\Gamma}{MOJID}$

Металл, входящий в состав ${\bf B}$ – кальций, элемент под номером 20 в периодической системе

химических элементов, а ${\bf B} - {\rm CaC_2}$. Перебрав другие возможные варианты, можно убедиться,

что другие металлы не подходят.

Тогда при капельном добавлении воды протекает реакция:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

Таким образом, ${\bf A}-C_2H_2$, его молярная масса — 26 г/моль

Условие:

Установите соответствие между утверждениями и формулами неорганических солей, для которых они **неверны**.

Варианты ответов:

Первый столбец:

Второй столбец:

 \circ Соль не изменяет массу при нагревании \circ K₂CO₃ до 400°C \circ Na₂CO₃

Соль окрашивает пламя в фиолетовый
 К₂SO₄

ibet o KCl

 \circ K₂SO₃

 \circ Соль образует белый осадок в растворе \circ К₂HPO₄

в присутствии солей бария (II) \circ K_2SiO_3

Правильные ответы:

- о Соль не изменяет массу при нагревании до 400°С неверно для K₂HPO₄
- о Соль окрашивает пламя в фиолетовый цвет неверно для Na₂CO₃
- о Соль образует белый осадок в растворе в присутствии солей бария (II) неверно для KCl

По 1 баллу за каждую верную пару

Итого — 3 балла

Решение.

Среди перечисленных солей термически нестабильным соединением является только гидрофосфат калия K_2HPO_4 . Для кислых солей характерно отщепление молекул воды при умеренном нагревании. Все остальные соли или совсем не разлагаются, или разлагаются при значительно более высоких температурах.

Окраска пламени большинства солей обуславливается катионом металла. Известно, что соли калия окрашивают пламя в фиолетовый цвет, а соли натрия — в жёлтый. Среди перечисленных солей только одна содержит натрий; все остальные соли калиевые. В фиолетовый цвет не будет окрашивать пламя карбонат натрия **Na₂CO₃**.

На последний вопрос позволит ответить анализ таблицы растворимости, из которой следует, что хлорид бария растворим, в то время как его соли с большинством двух- и трёхзарядных кислородсодержащих анионов малорастворимы. Ответ – KCl.

Общее условие:

Известны стандартные энтальпии образования $\Delta_f H^\circ$ (кДж/моль) ряда соединений из простых веществ:

Ацетилен	Винилацетилен	Бензол	Стирол	Бульвален
227	295	83	150	334

Условие:

Выберите вещество, при сгорании 1 г которого количество выделившейся теплоты будет...

Варианты ответов:

Первый столбец:	Второй столбец:
о наибольшим	о Ацетилен
	о Винилацетилен
о наименьшим	о Бензол
	о Стирол
	о Бульвален

Правильные ответы:

- о Наибольшим Ацетилен
- о Наименьшим Бензол

По 2 балла за каждую верную пару

Итого — 4 балла

Решение.

Согласно первому следствию из закона Гесса, энтальпия реакции сгорания может быть определена как разность энтальпий образования продуктов и реагентов с учётом стехиометрических коэффициентов:

$$C_nH_n + 1.25nO_2 = nCO_2 + 0.5nH_2O$$

$$\Delta_{\text{CPOD}}H^{\circ} = n\Delta_f H^{\circ}(CO_2) + 0.5n\Delta_f H^{\circ}(H_2O) - \Delta_f H^{\circ}(C_nH_n)$$

Чем более отрицательна энгальпия сгорания, тем выше теплота реакции. Удельная теплота сгорания (в расчёте на 1 г) будет в M раз меньше молярной теплоты сгорания, где M – молярная масса вещества, в данном случае 13n.

Тогда:

$$Q_{yA} = -\frac{\Delta_{crop}H^{\circ}}{M} = \frac{\Delta_{f}H^{\circ}(C_{n}H_{n}) - n\Delta_{f}H^{\circ}(CO_{2}) + 0.5n\Delta_{f}H^{\circ}(H_{2}O)}{13n} = \frac{\Delta_{f}H^{\circ}(C_{n}H_{n})}{13n} - \frac{\Delta_{f}H^{\circ}(CO_{2})}{13} - \frac{\Delta_{f}H^{\circ}(H_{2}O)}{7.5}$$

Поскольку все соединения имеют одинаковую общую формулу C_nH_n , вклад последних членов этого выражения, как следует из математических преобразований, не зависит от n. Удельная теплота сгорания будет тем выше, чем выше будет первый член полученного выражения, то есть чем выше будет отношение энтальпии образования к числу атомов углерода в молекуле. Эти отношения равны:

227/2 = 113.5 для ацетилена, 295/4 = 73.75 для винилацетилена, 83/6 = 13.83 для бензола,

150/8 = 18.75 для стирола и 334/10 = 33.4 для бульвалена.

Самое большое отношение наблюдается в случае ацетилена. Аналогичным образом приходим к выводу, что вещество с наименьшим отношением энтальпии образования к числу атомов углерода будет иметь наименьшую теплоту сгорания. Это бензол.