

**LXXV Московская олимпиада школьников по химии**

**Отборочный этап**

*10 класс*

**Каждое задание – 10 баллов**

**Всего за 10 заданий – 100 баллов**

**10-1-1**

Углеводород с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$  массой 16,4 г прогидрировали полностью. Затем получившееся соединение подвергли хлорированию на свету с получением монохлорпроизводного массой 23,7 г. Найдите количество атомов водорода, содержащееся в исходном углеводороде.

Ответ: 10.

Решение: Если углеводород – алкин/алкадиен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 3 атома Н и один атом Cl ( $M = 38,5$ ). Масса присоединившегося равна  $23,7 - 16,4 \text{ г} = 7,3 \text{ г}$  (0,19 моль). То есть  $M_{УВ} = 16,4/0,19 = 86,4 \text{ г/моль}$ , что не соответствует ни одному УВ.

Если УВ – циклоалкен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 1 атом Н и один атом Cl ( $M = 36,5$ ). Масса присоединившегося равна  $23,7 - 16,4 \text{ г} = 7,3 \text{ г}$  (0,2 моль). То есть  $M_{УВ} = 16,4/0,2 = 82 \text{ г/моль}$ , что соответствует  $C_6H_{10}$ .

**10-1-2**

Углеводород с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$  массой 28,8 г прогидрировали полностью. Затем получившееся соединение подвергли хлорированию на свету с получением монохлорпроизводного массой 39,75 г. Найдите количество атомов водорода, содержащееся в исходном углеводороде.

Ответ: 12.

Решение: Если углеводород – алкин/алкадиен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 3 атома Н и один атом Cl ( $M = 38,5$ ). Масса присоединившегося равна  $39,75 - 28,8 \text{ г} = 10,95 \text{ г}$  (0,28 моль). То есть  $M_{УВ} = 28,8/0,28 = 101,26 \text{ г/моль}$ , что не соответствует ни одному УВ.

Если УВ – циклоалкен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 1 атом Н и один атом Cl ( $M = 36,5$ ). Масса присоединившегося равна  $39,75 - 28,8 \text{ г} = 10,95 \text{ г}$  (0,3 моль). То есть  $M_{УВ} = 28,8/0,3 = 96 \text{ г/моль}$ , что соответствует  $C_7H_{12}$ .

**10-1-3**

Углеводород с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$  массой 44 г прогидрировали полностью. Затем получившееся соединение подвергли хлорированию на свету с получением монохлорпроизводного массой 58,6 г. Найдите количество атомов водорода, содержащееся в исходном углеводороде.

Ответ: 14.

Решение: Если углеводород – алкин/алкадиен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 3 атома Н и один атом Cl ( $M = 38,5$ ). Масса присоединившегося равна

58,6 – 44 г = 14,6 г (0,38 моль). То есть  $M_{УВ} = 44/0,38 = 115,79$  г/моль, что не соответствует ни одному УВ.

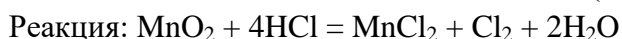
Если УВ – циклоалкен, то по итогам гидрирования и хлорирования он присоединил себе 1 атом Н и один атом Cl ( $M = 36,5$ ). Масса присоединившегося равна 58,6 – 44 г = 14,6 г (0,4 моль). То есть  $M_{УВ} = 44/0,4 = 110$  г/моль, что соответствует  $C_8H_{14}$ .

### 10-2-1

Линейный предельный углеводород (количеством вещества 1,5 моль) подвергли крекингу с образованием алкана и алкена с двойной связью у крайнего атома углерода. Чтобы оценить выход реакции, полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора  $KMnO_4$  в нейтральной среде при  $0^\circ C$ . Полученный осадок высушили и растворили в избытке 10%  $HCl$ . Объем выделенного газа составил 13,44 л. Определите выход реакции крекинга в процентах. Ответ округлите до целых.

Ответ: 60.

Решение: количество выделившегося газа (хлора) составило 0,6 моль.



Таким образом, после реакции с перманганатом калия выделилось 0,6 моль  $MnO_2$ .

Реакция алкена с перманганатом калия в общем виде протекает следующим образом:



Таким образом, получилось 0,9 моль алкена при теоретических 1,5 молях. Таким образом, выход составил 60%.

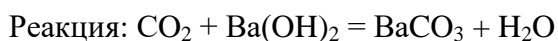
### 10-2-2

Линейный предельный углеводород с числом атомов углерода (количеством вещества 0,5 моль) подвергли крекингу с образованием алкана и алкена с двойной связью у крайнего атома углерода. Чтобы оценить выход реакции, полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора  $KMnO_4$  в кислой среде. Выделившийся в результате этой реакции газ пропустили через избыток насыщенного раствора баритовой воды. Выпавший осадок высушили, и его масса составила 68,95 г. Определите выход реакции крекинга в процентах.

Ответ округлите до целых.

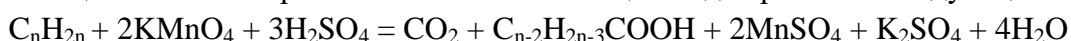
Ответ: 70.

Решение: количество выделившегося осадка (карбоната кальция) составило 0,35 моль.



Таким образом, после реакции с перманганатом калия выделилось 0,35 моль  $CO_2$ .

Реакция алкена с перманганатом калия в общем виде протекает следующим образом:



Таким образом, получилось 0,35 моль алкена при теоретических 0,5 молях. Таким образом, выход составил 70%.

### 10-2-3

Линейный предельный углеводород с числом атомов углерода (количеством вещества 1 моль) подвергли крекингу с образованием алкана и алкена с двойной связью у крайнего атома углерода. Чтобы оценить выход реакции, полученную газовую смесь пропустили через избыток раствора  $KMnO_4$  в кислой среде. Выделившийся в результате этой реакции газ пропустили через избыток насыщенного раствора известковой воды. Выпавший осадок

высушили, и его масса составила 50 г. Определите выход реакции крекинга в процентах.

Ответ округлите до целых.

Ответ: 50.

Решение: количество выделившегося осадка (карбоната кальция) составило 0,5 моль.

Реакция:  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Таким образом, после реакции с перманганатом калия выделилось 0,5 моль  $\text{CO}_2$ .

Реакция алкена с перманганатом калия в общем виде протекает следующим образом:

$\text{C}_n\text{H}_{2n} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CO}_2 + \text{C}_{n-2}\text{H}_{2n-3}\text{COOH} + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$

Таким образом, получилось 0,5 моль алкена при теоретическом 1 моле. Таким образом, выход составил 50%.

### 10-3-1

Какую объемную фигуру образует комплексный ион, образующийся при диссоциации гексафторванадата калия?

Ответ: октаэдр.

### 10-3-2

Какую плоскую фигуру образует комплексный ион, образующийся при диссоциации тетрацианоникелата калия?

Ответ: квадрат.

### 10-3-3

Какую фигуру образует комплексный ион, образующийся при диссоциации трихлормеркурата калия?

Ответ: треугольник.

### 10-4-1.

На планете Нибиру изотопный состав элементов отличается от земного. Вычислить среднюю молярную массу железа, используя предположительные данные об изотопном составе атома железа на планете Нибиру. Ответ округлите до сотых.

$^{54}\text{Fe}$  - 15,78%,  $^{56}\text{Fe}$  - 80,35%,  $^{57}\text{Fe}$  - 3,87%.

Ответ: 55,72.

Решение:  $M_{\text{ср.}} = 54 \cdot 0,1578 + 56 \cdot 0,8035 + 57 \cdot 0,0387 = 55,7231 \approx 55,72$ .

### 10-4-2

На планете Нибиру изотопный состав элементов отличается от земного. Вычислить среднюю молярную массу кальция, используя предположительные данные об изотопном составе атома кальция на планете Нибиру. Ответ округлите до сотых.

$^{40}\text{Ca}$  - 85,41%,  $^{42}\text{Ca}$  - 5,37%,  $^{44}\text{Ca}$  - 9,22%.

Ответ: 40,48.

Решение:  $M_{\text{ср.}} = 40 \cdot 0,8541 + 42 \cdot 0,0537 + 44 \cdot 0,0922 = 40,4762 \approx 40,48$ .

### 10-4-3

На планете Нибиру изотопный состав элементов отличается от земного. Вычислить

среднюю молярную массу серы, используя предположительные данные об изотопном составе атома серы на планете Нибиру. Ответ округлите до сотых.

$^{32}\text{S}$  - 75,33%,  $^{33}\text{S}$  - 17,66%,  $^{34}\text{S}$  - 7,01%.

Ответ: 32,32.

Решение:  $M_{\text{ср.}} = 32 \cdot 0,7533 + 33 \cdot 0,1766 + 34 \cdot 0,0701 = 32,3168 \approx 32,32$ .

### 10-5-1

Навеска медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) массой 5,0 г долго хранилась в незакрытой склянке, в результате чего произошло его частичное обезвоживание. Эту навеску растворили в 100 г воды. Массовая доля сульфата меди в полученном растворе составила 3,069%. Установите формулу кристаллогидрата, который образовался при длительном хранении этого реактива в открытом сосуде. В ответе укажите количество кристаллизационной воды.

Ответ: 3.

Решение:  $n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,02$  моль, а значит  $n(\text{CuSO}_4)$  в растворе = 0,02 моль (3,2 г). Отсюда масса раствора равна 104,27 г. То есть масса кристаллизационной воды после высыхания равна  $104,27 - 3,2 - 100 = 1,07$  г (0,06 моль на 0,02 моль сульфата). Таким образом, в высушенном кристаллогидрате 3 молекулы воды.

### 10-5-2

Навеска  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  массой 11,2 г долго хранилась в незакрытой склянке, в результате чего произошло его частичное обезвоживание. Эту навеску растворили в 50 г воды. Массовая доля сульфата железа в полученном растворе составила 10,188%. Установите формулу кристаллогидрата, который образовался при длительном хранении этого реактива в открытом сосуде. В ответе укажите количество кристаллизационной воды.

Ответ: 5.

Решение:  $n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,04$  моль, а значит  $n(\text{FeSO}_4)$  в растворе = 0,04 моль (6,08 г). Отсюда масса раствора равна 59,68 г. То есть масса кристаллизационной воды после высыхания равна  $59,68 - 6,08 - 50 = 3,6$  г (0,2 моль на 0,04 моль сульфата). Таким образом, в высушенном кристаллогидрате 5 молекул воды.

### 10-5-3

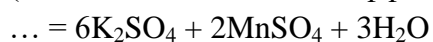
Навеска  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  массой 22,48 г долго хранилась в незакрытой склянке, в результате чего произошло его частичное обезвоживание. Эту навеску растворили в 100 г воды. Массовая доля сульфата никеля в полученном растворе составила 10,245%. Установите формулу кристаллогидрата, который образовался при длительном хранении этого реактива в открытом сосуде. В ответе укажите количество кристаллизационной воды.

Ответ: 6.

Решение:  $n(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,08$  моль, а значит  $n(\text{NiSO}_4)$  в растворе = 0,08 моль (12,4 г). Отсюда масса раствора равна 121,03 г. То есть масса кристаллизационной воды после высыхания равна  $121,03 - 12,4 - 100 = 8,63$  г (0,48 моль на 0,08 моль сульфата). Таким образом, в высушенном кристаллогидрате 6 молекул воды.

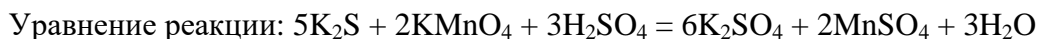
### 10-6-1

Допишите уравнение реакции. В ответе укажите сумму получившихся коэффициентов (единица считается за коэффициент):



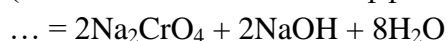
Ответ: 21.

Решение:



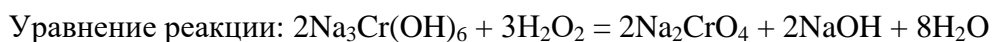
### 10-6-2

Допишите уравнение реакции. В ответе укажите сумму получившихся коэффициентов (единица считается за коэффициент):



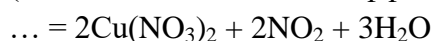
Ответ: 17.

Решение:



### 10-6-3

Допишите уравнение реакции. В ответе укажите сумму получившихся коэффициентов (единица считается за коэффициент):



Ответ: 14.

Решение:



### 10-7-1

В двух последовательно соединенных электролизерах находятся водные растворы сульфата меди (II) и сульфата натрия соответственно. Рассчитайте массу меди, выделившейся на катоде первого электролизера, если на аноде второго электролизера выделилось 4,48 л газа.

Ответ округлите до десятых.

Ответ: 25,6.

Решение: на аноде второго электролизера выделилось 0,2 моль кислорода, то есть на анод было отдано 0,8 моль электронов. Значит, на катоде первого электролизера выделилось 0,4 моль меди, что соответствует 25,6 г.

### 10-7-2

В двух последовательно соединенных электролизерах находятся водные растворы нитрата серебра и хлорида натрия соответственно. Рассчитайте массу серебра, выделившейся на катоде первого электролизера, если на аноде второго электролизера выделилось 4,48 л газа.

Ответ округлите до десятых.

Ответ: 43,2.

Решение: на аноде второго электролизера выделилось 0,2 моль хлора, то есть на анод было отдано 0,4 моль электронов. Значит, на катоде первого электролизера выделилось 0,4 моль серебра, что соответствует 43,2 г.

### 10-7-3

В двух последовательно соединенных электролизерах находятся водные растворы нитрата серебра и сульфата натрия соответственно. Рассчитайте массу серебра, выделившейся на катоде первого электролизера, если на аноде второго электролизера выделилось 4,48 л газа. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 86,4.

Решение: на аноде второго электролизера выделилось 0,2 моль кислорода, то есть на анод было отдано 0,8 моль электронов. Значит, на катоде первого электролизера выделилось 0,8 моль серебра, что соответствует 86,4 г.

### 10-8-1

Напишите название простого вещества молекулярного строения, если известно, что 4 моль данного вещества весит 2,88 кг и оно содержит больше 50 атомов в своем составе.

Ответ: фуллерен.

Решение:  $M(\text{в-ва}) = 2880 \text{ г} / 4 \text{ моль} = 720 \text{ г/моль}$ .  $M(\text{одного атома}) < 720 / 50 \text{ г/моль} = 14,4 \text{ г/моль}$ . Из всех простых веществ подходит только углерод в модификации фуллерен.

### 10-8-2

Напишите название простого вещества молекулярного строения, если известно, что 3 моль данного вещества весит 2,16 кг и оно содержит больше 50 атомов в своем составе.

Ответ: фуллерен.

Решение:  $M(\text{в-ва}) = 2160 \text{ г} / 3 \text{ моль} = 720 \text{ г/моль}$ .  $M(\text{одного атома}) < 720 / 50 \text{ г/моль} = 14,4 \text{ г/моль}$ . Из всех простых веществ подходит только углерод в модификации фуллерен.

### 10-8-3

Напишите название простого вещества молекулярного строения, если известно, что 2 моль данного вещества весит 1,44 кг и оно содержит больше 50 атомов в своем составе.

Ответ: фуллерен.

Решение:  $M(\text{в-ва}) = 1440 \text{ г} / 2 \text{ моль} = 720 \text{ г/моль}$ .  $M(\text{одного атома}) < 720 / 50 \text{ г/моль} = 14,4 \text{ г/моль}$ . Из всех простых веществ подходит только углерод в модификации фуллерен.

### 10-9-1

Сколько разных спиртов, содержащих в себе цикл, имеют брутто-формулу  $C_4H_8O$ ? Геометрические и оптические изомеры не учитывать.

Ответ: 4.

Решение: циклобутанол; гидроксиметилциклопропан; 1-метилциклопропанол-1; 2-метилциклопропанол-1.

### 10-9-2

Сколько разных соединений, содержащих бензольное кольцо, имеют брутто-формулу  $C_7H_8O$ ? Геометрические и оптические изомеры не учитывать.

Ответ: 5.

Решение: орто-метилфенол; мета-метилфенол; пара-метилфенол; бензиловый спирт; метилфенолят.

### 10-9-3

Сколько разных соединений, содержащих в себе цикл, имеют брутто-формулу  $C_4H_7Cl$ ? Геометрические и оптические изомеры не учитывать.

Ответ: 4.

Решение: хлорциклобутан; 1-метил,1-хлорциклопропан; 1-метил,2-хлорциклопропан; (хлорметил)-циклопропан.

### 10-10-1

1,1-дихлорэтан последовательно подвергли превращениям:

а) KOH (спирт)

б)  $C_{акт.}, t$

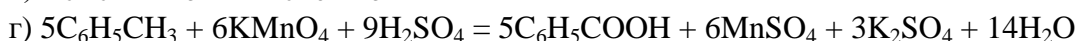
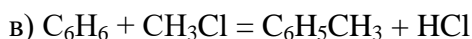
в)  $CH_3Cl, AlCl_3$

г)  $KMnO_4, H^+$

Определите молярную массу (г/моль) образовавшегося в ходе превращений органического вещества.

Ответ: 122.

Решение:



$M = 122$ .

### 10-10-2

Бензол (1 моль) последовательно подвергли превращениям:

а) избыток  $H_2$ , Pt

б) 1 моль  $Cl_2$ , свет

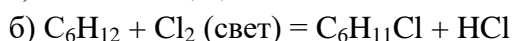
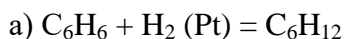
в) KOH (спирт)

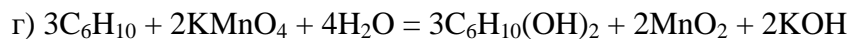
г)  $KMnO_4, H_2O, 0^\circ C$

Определите молярную массу (г/моль) образовавшегося в ходе превращений органического вещества.

Ответ: 116.

Решение:





$M = 116$ .

### 10-10-3

1-хлорпропан (2 моль) последовательно подвергли превращениям:

а) Na, t

б) 1 моль  $\text{Cl}_2$ , свет

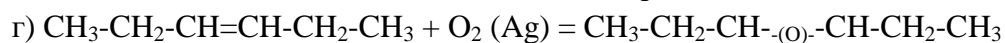
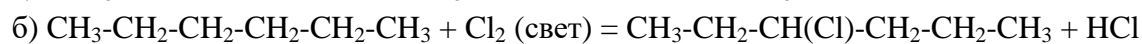
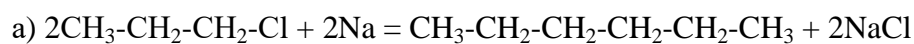
в) KOH (спирт)

г)  $\text{O}_2$ , Ag

Определите молярную массу (г/моль) образовавшегося в ходе превращений органического вещества.

Ответ: 100.

Решение:



$M = 100$ .