

10 класс

Вариант 1

Задача 1

В водный раствор нитрата неактивного двухвалентного металла массой 200 г опустили угольные электроды и пропускали электрический ток силой 4А в течение 6 часов 42 минут.

За время процесса на аноде выделилось 5,6 л (н.у.) газа, а на катоде – 6,72 л (н.у.) газа. При этом масса раствора после электролиза стала на 10,7% меньше, чем масса исходного раствора.

После отключения внешнего источника питания электроды не подняли, а оставили в электролизере.

Задание:

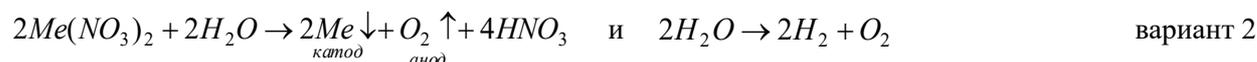
- 1) Определите металл, водный раствор соли которого подвергли электролизу.
- 2) Определите, какие вещества (вещество) находились в растворе сразу после окончания электролиза. Рассчитайте количественный состав (массовые доли в %) этого раствора.
- 3) Определите, какие вещества (вещество) находились в растворе спустя некоторое время после окончания электролиза. Рассчитайте количественный состав (в процентах) этого раствора, если известно, что в нём находился только один вид катионов.
- 4) Изменился бы состав раствора, спустя некоторое время после окончания электролиза, если бы электроды не оставили в электролизере?

Постоянная Фарадея 96500 Кл/моль. Выход по току считать 100%. Электролизер был без разделительной мембраны.

Решение:

При электролизе нитратов на аноде выделяется кислород.

На катоде может выделяться только металл (если малой активности), а может и металл, и водород (если средней активности).



Рассматриваем вариант 1: металл малоактивный, на катоде только металл. Водород может выделиться на катоде только в том случае, если электрический ток отключили не сразу, а через некоторое время после окончания электролиза соли. Тогда электролизу подвергается вода.

$$v(H_2) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(O_2)_{\text{общ}} = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ моль}$$

$$v(O_2)_{\text{из } H_2O} = \frac{1}{2}v(H_2) = 0,15 \text{ моль}$$

$$\text{Тогда } v(O_2)_{\text{из соли}} = 0,25 - 0,15 = 0,1 \text{ моль}$$

$$v(Me) = 2v(O_2) = 0,2 \text{ моль}$$

По времени протекания процесса электролиза определим, полностью ли восстановился металл:

$$v(Me) = \frac{I\tau}{v(Me) \cdot F} \Rightarrow \tau = \frac{v(Me) \cdot n \cdot F}{I} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 96500}{4} = 9650 \text{ с} \quad \text{или } 2 \text{ ч } 41 \text{ мин} - \text{ это меньше}$$

заданного времени. Значит, металл восстановился полностью и изменение массы катода и есть масса металла.

Масса раствора после электролиза уменьшилась на 10,7%, значит, на 21,4 г.

Уменьшение массы обусловлено тем, что раствор покинули кислород, водород, и выделившийся на катоде металл. Таким образом, можно найти массу металла:

$$\Delta m(p - pa) = 21,4 = m(Me) + m(H_2) + m(O_2)$$

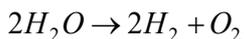
$$m(Me) = 21,4 - m(H_2) - m(O_2) = 21,4 - 0,3 \cdot 2 - 0,25 \cdot 32 = 12,8g$$

$$m(Me) = 12,8g$$

$$M(Me) = \frac{m}{\nu} = \frac{12,8}{0,2} = 64g / \text{моль} \text{ значит,}$$

металл – это медь Cu, а её соль Cu(NO₃)₂

За оставшееся время электролизу подвергалась вода:

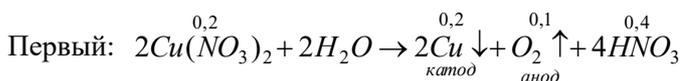


Проверим по кислороду:

$$\tau = \frac{\nu(O_2) \cdot n \cdot F}{I} = \frac{0,15 \cdot 4 \cdot 96500}{4} = 14475c \text{ или } 4 \text{ ч } 1 \text{ мин}$$

Тогда общее время электролиза = 2 ч 41 мин + 4 ч 1 мин = 4 ч 42 мин, что соответствует условию задачи.

Таким образом, при электролизе протекают процессы:

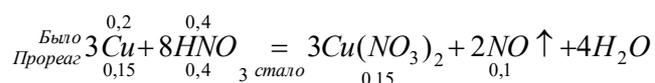


Сразу после электролиза в растворе осталась только азотная кислота количеством 0,4 моль, m(HNO₃) = 25,2 г

$$m(p - pa \text{ после эл - за}) = 200g - m(Cu) - m(O_2) - m(H_2) = 200 - 12,8 - 0,3 \cdot 2 - 0,25 \cdot 32 = 178,6g$$

$$\omega(HNO_3) = \frac{25,2}{178,6} = 0,141 \text{ или } 14,1\%$$

Электроды не подняли, а оставили в растворе. Значит, медь находилась в контакте с разбавленной азотной кислотой:



В условии сказано, что через некоторое время в растворе находился только один вид катионов. Значит, азотная кислота прореагировала полностью, так как по отношению к меди находилась в недостатке. Поэтому **в растворе остался только нитрат меди количеством 0,15 моль или 28,2 г.**

$$m(p - pa \text{ после эл - за}) = 178,6g + m(Cu)_{\text{прореаг}} - m(NO) = 178,6 + 0,15 \cdot 64 - 0,1 \cdot 30 = 185,2g$$

$$\omega(Cu(NO_3)_2) = \frac{28,2}{185,2} = 0,152 \text{ или } 15,2\%$$

Если бы электроды не оставили в растворе, а подняли, то спустя некоторое время в растворе бы так и находилась одна азотная кислота и состав раствора был бы иным: не Cu(NO₃)₂, а HNO₃.

Система оценивания:		
1)	За определение металла	3 балла
2)	За определение состава раствора сразу после электролиза	3 балла
3)	За определение состава раствора спустя некоторое время после электролиза	3 балла
4)	За ответ на вопрос 4	1 балл
Итого:		10 баллов

Задача 2

В состав соединений А и Б входят атомы элементов с одинаковым количеством электронов на внешнем энергетическом уровне.

Вещество А при н.у. - газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде. Вещество Б может существовать только в водном растворе. При умеренном нагревании оба вещества разлагаются, в водном растворе ведут себя как сильные кислоты.

При взаимодействии разбавленных растворов А и Б образуются вещество В, по строению аналогичное А, простое вещество Г и вода.

При взаимодействии концентрированных растворов А и Б образуются вещество Д, по строению аналогичное Б, простое вещество Ж и вода.

Плотность паров Г по Ж составляет 3,578.

Задание:

- 1) Определите вещества А, Б, В, Г, Д и Ж
- 2) Составьте уравнения реакций
 - взаимодействия разбавленных растворов А и Б
 - взаимодействия концентрированных растворов А и Б
 - разложения при нагревании до 60°C вещества Б, если при этом образуются три оксида, в одном из которых массовая доля кислорода составляет 47,4%, во втором – 61,2%, а в третьем 88,9%.

Решение

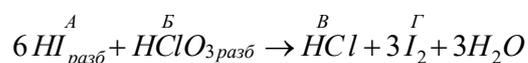
По описанию ясно, что вещества А и Б образованы галогенами (одинаковое число электронов на внешнем уровне – значит, элементы одной подгруппы; газообразные в-ва, образующие в водном р-ре сильные кислоты, есть только у галогенов). Вещество А – галогеноводород (т.к. газ), в-во Б – кислородсодержащая галогеновая кислота (сущ только в водном растворе), в которой атом галогена находится в степени окисления либо +5, либо +7 (т.к. сильная кислота).

Вещества взаимодействуют, т.к. галогеноводород проявляет восстановительные свойства, а кислородсодержащая кислота – окислительные. Об этом свидетельствует образование простых веществ в реакциях между ними, при этом простые вещества – разные.

По соотношению молярных масс простых веществ-галогенов можно определить, какие это вещества:

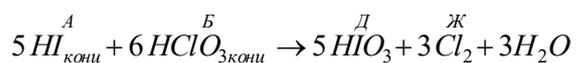
$$\frac{M(I_2)}{M(Cl_2)} = \frac{254}{71} = 3,578$$

Тогда:



реакция 1

По строению В аналогично А



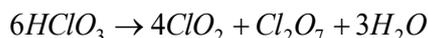
реакция 2

По строению Д аналогично Б

При разложении HClO_3 могут образоваться только оксиды хлора (атом галогена в кислоте в промежуточной степени окисления \Rightarrow диспропорционирование) и вода

По массовой доле кислорода определяем ClO_2 и Cl_2O_7 и H_2O

Тогда



реакция 3

Система оценивания:		
1)	За определение каждого из веществ А, Б, В, Г, Д и Ж по 1 баллу	6 баллов
2)	За уравнения 1) и 2) по 1 баллу, за уравнение 3) 2 балла	4 балла
Итого:		10 баллов

Задача 3

При определенных условиях кальций реагирует с аммиаком с образованием амидов и нитридов. Продукты реакции зависят от соотношения количеств реагентов.

Была проведена серия опытов с одинаковым объемом аммиака, равным 448 мл (н.у.) и кальцием разной массы.

В таблице указаны массы кальция в различных опытах, а также объем газа после реакции, приведенный к нормальным условиям.

№ опыта	1	2	3	4	5
$m(\text{Ca})$, г	0,2	0,4	1,2	2,0	2,4
$V_{\text{газ}}$, мл	336	224	672	224	0
$m_{\text{ТВ}}$ продукта, г	0,36	нет данных			

Задание:

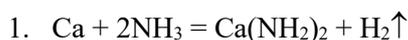
- 1) Составьте уравнения протекающих реакций
- 2) Определите, какие твердые вещества являются продуктами реакции в каждом опыте и рассчитайте их массу, учитывая, что в каждом из опытов кальций расходовался без остатка.

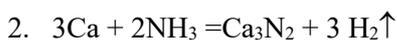
Решение

Количество аммиака в каждом опыте $n = 0,02$ моль

№ опыта	1	2	3	4	5
m_{Ca} , г	0,2	0,4	1,2	2,0	2,4
n_{Ca} моль	0,005	0,01	0,03	0,05	0,06
$V_{\text{газ}}$ мл	336	224	672	224	0
$n_{\text{газ}}$ моль	0,015	0,010	0,030	0,010	0
$m_{\text{ТВ}}$, г	0,36				

Реакция кальция с аммиаком может приводить к образованию $\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$, Ca_3N_2





Выделяющийся водород так же может реагировать с кальцием при избытке последнего:



Опыт № 1.

При избытке аммиака идёт первая реакция .

$$\text{Ca} + 2 \text{NH}_3 = \text{Ca}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\uparrow$$

Взято, моль	0,005	0,02	0	0
Прореагировало, моль	-0,005	-0,01	+0,005	+0,005
Состав после реакции	0	0,01	0,005	0,005

Объём газов после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot (0,01 + 0,005) = 336 \text{ мл.}$$

Масса твёрдого продукта реакции $m = 0,36 \text{ г.}$

$$\text{Молярная масса продукта } M = 0,36 : 0,005 = 72 \frac{\text{г}}{\text{моль}}. \text{Ca}(\text{NH}_2)_2.$$

Опыт № 2.

$$\text{Ca} + 2 \text{NH}_3 = \text{Ca}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\uparrow$$

Взято, моль	0,01	0,02	0	0
Прореагировало, моль	-0,01	-0,02	+0,01	+0,01
Состав после реакции	0	0	0,01	0,01

Объём газа после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot (0,01) = 224 \text{ мл.}$$

Масса твёрдого продукта реакции $m = 0,72 \text{ г. Ca}(\text{NH}_2)_2.$

Опыт № 3.

$$3\text{Ca} + 2 \text{NH}_3 = \text{Ca}_3\text{N}_2 + 3\text{H}_2\uparrow$$

Взято, моль	0,03	0,02	0	0
Прореагировало, моль	-0,03	-0,02	+0,01	+0,03
Состав после реакции	0	0	0,01	0,03

Объём газов после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot (0,03) = 672 \text{ мл.}$$

Масса твёрдого продукта реакции $m = 1,48 \text{ г. Ca}_3\text{N}_2.$

Опыт № 4.

$$5 \text{Ca} + 2 \text{NH}_3 = \text{Ca}_3\text{N}_2 + 2\text{CaH}_2 + \text{H}_2\uparrow$$

Взято, моль	0,05	0,02	0	0	0
Прореагировало, моль	-0,05	-0,02	+0,01	+0,02	+0,01
Состав после реакции	0	0	0,01	0,02	0,01

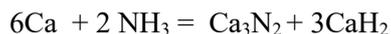
Объём газов после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot (0,02) = 224 \text{ мл.}$$

Масса твёрдых продуктов реакции $m = 1,48 \text{ г. Ca}_3\text{N}_2.$

$$m = 0,84 \text{ г. CaH}_2.$$

Опыт № 5.



Взято, моль	0,06	0,02	0	0
Прореагировало, моль	-0,06	-0,02	+0,01	+0,03
Состав после реакции	0	0	0,01	0,03

Объём газов после реакции при нормальных условиях равен 0.

Масса твёрдого продукта реакции $m = 1,48 \text{ г. Ca}_3\text{N}_2$.

$m = 0,126 \text{ г. CaH}_2$.

Система оценивания:	
За правильно описанные опыты 1 и 2 по 1 баллу	2 балла
За правильно описанный опыт 3	2 балла
За правильно описанные опыты 4 и 5 по 3 балла	6 баллов
Итого:	10 баллов

Задача 4

Желтовато-зеленый газ А, массой 21,3 г пропустили при 45 °С через 76,2 г кристаллов твердого вещества В, имеющих темно-серый цвет с металлическим блеском. Вещества А и В полностью прореагировали друг с другом, при этом образовалась тёмно-красная жидкость С, пары которой имеют плотность по водороду 81,25. Жидкость С собрали в герметичную емкость и сохранили для реакции с веществом F.

В реакционную колбу поместили 24 г магниевой стружки, небольшой кристаллик йода и по каплям добавили раствор 95 г бромметана в 400 мл безводного диэтилового эфира. В результате реакции получили вещество D.

Далее в эту же реакционную колбу добавили по каплям 58 г безводного ацетона, полученный по окончании реакции продукт без выделения осторожно смешали при охлаждении с 300 мл 15% соляной кислоты.

Эфирный слой отделили от водного, эфир упарили, в результате получили вещество E с выходом 75% в расчете на исходный бромметан. Ко всему полученному количеству вещества E добавили 300 мл 30%-ной серной кислоты и смесь медленно нагрели, получив газообразное вещество F с выходом 80%.

Все полученное вещество F закачали в герметичную емкость, в которой находилось все вещество С, полученное ранее. В результате реакции с количественным выходом образовалось вещество G.

Задание:

1. Определите вещества А, В, С, D, E, F, G. Приведите их структурные формулы и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения всех перечисленных химических реакций.
3. Определите массу полученного вещества G.

Решение:

Желтовато-зеленый газ (**вещество А**) – **хлор**; темно-серые кристаллы с металлическим блеском (**вещество В**) – **йод**. В результате их взаимодействия образуется монохлорид йода:



Проверяем по плотности: $\frac{162,5}{2} = 81,25$ – предположение верно.

Количество вещества хлора: $\frac{21,3 \text{ г}}{71 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль}$

Количество вещества йода: $\frac{76,2 \text{ г}}{254 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль}$

В результате реакции получается 0,6 моль монохлорида йода.

$\text{CH}_3\text{-Br} + \text{Mg} = \text{CH}_3\text{MgBr}$ - вещество D – (метилмагнийбромид). **Реакция 1**

(реакция протекает в абсолютном эфире, для ускорения начала реакции используется небольшое количество йода).

Количество вещества магния: $\frac{24 \text{ г}}{24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1 \text{ моль}$

Количество вещества бромметана: $\frac{95 \text{ г}}{95 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 1 \text{ моль}$

В результате реакции получается 1 моль метилмагнийбромида

Далее метилмагнийбромид (реактив Гриньяра) вступает во взаимодействие с ацетоном, в результате получается магниевая соль, после обработки которой водой в присутствии соляной кислоты получается **третбутанол (вещество E)**. Соляную кислоту используют для превращения основной соли магния в растворимую соль магния.

Количество вещества третбутанола, полученного с учетом 75% выхода: $1 \text{ моль} \cdot 0,75 = 0,75$ моль.



(Допускается приведение конкурсантом реакции без образования промежуточной соли, а также допускаются другие неорганические соли магния, образующиеся в процессе разложения водой промежуточного производного, например MgCl_2 , MgBrCl и т.д.)

При нагревании третбутанола с разбавленной серной кислотой образуется **изобутилен (вещество F)**. С учетом 80%-ного выхода количество вещества изобутилена равно: $0,75 \cdot 0,8 = 0,6$ моль



При взаимодействии 0,6 моль изобутилена с 0,6 моль монохлорида йода с количественным (то есть со 100%-ным) выходом образуется 0,6 моль **1-йод-2-метил-2-хлорпропана – вещество G**.

Такой продукт объясняется тем, что первым присоединяется йод, как менее электроотрицательный, а затем хлорид-анион атакует наиболее устойчивый карбокатион.

Масса вещества G: $0,6 \text{ моль} \cdot 218,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 131,1 \text{ г}$



Система оценивания:		
1)	За правильное определение веществ А и В по 0,5 балла	1 балл
2)	За правильное определение веществ С, D, E, F – по 1 баллу, за каждое вещество в случае приведения правильного уравнения химической реакции получения этого вещества	4 балла
3)	За приведение структурной формулы вещества G в случае правильного уравнения реакции – 2 балла, за его название по номенклатуре ИЮПАК - 1 балл <i>Является ошибкой приведение конкурсантом продукта реакции 2-йод-2-метил-1-хлорпропана, в этом случае 2 балла за приведение структурной формулы вещества G полностью не выставляется, при этом за название вещества G, если оно соответствует номенклатуре, выставляется 0,5 балла.</i>	3 балла
4)	За определение массы вещества G	2 балла
Итого:		10 баллов

Задача 5

Юный химик Вова решил определить, из какого полимера сделаны одноразовые стаканчики.

Поместив в колбу, снабжённую дефлегматором и холодильником Либиха, несколько нарезанных на кусочки стаканчиков, Вова подверг их термическому разложению без доступа воздуха. В результате ему удалось отогнать 20,8 г бесцветного вещества А с очень неприятным запахом.

Вещество А, взаимодействуя с раствором брома в хлороформе (масса брома 32 г), образует твёрдое вещество Б желтоватого цвета.

При кипячении вещества Б в растворе этанола с гидроксидом калия, Вова получил жидкое вещество В, которое в результате взаимодействия с водой в присутствии солей ртути в кислой среде превратилось в используемое в парфюмерной промышленности вещество Г, имеющее запах черёмухи, и не вступающее в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра.

При сжигании 12 г вещества Г образовалось 7,2 г воды и 17,92 л (н.у.) газа, полностью поглощаемого водным раствором, содержащим избыток щёлочи.

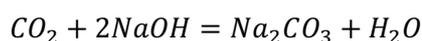
Задание:

- 1) Определите вещества А, Б, В, Г. Приведите уравнения упомянутых в задании реакций получения веществ А, Б, В, Г. Приведите структурные формулы веществ А, Б, В, Г и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
- 2) Из какого полимера сделаны стаканчики?
- 3) Рассчитайте выход вещества Г, если из исходной навески вещества А Вова получил 12 г Г. Предложите способ синтеза вещества Г из любых неорганических соединений.

Решение:

Определим брутто-формулу вещества Г.

Так как весь выделившийся газ поглотился щёлочью, при сжигании выделился только углекислый газ, то есть азота и галогенов вещество Г не содержит.



$$n(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{17,92}{22,4} = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(C) = 0,8 \cdot 12 = 9,6 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{7,2}{18} = 0,4 \text{ моль}$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 0,4 \cdot 2 = 0,8 \text{ моль}$$

$$m(H) = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ г}$$

Так как $m(C) + m(H) = 9,6 + 0,8 = 10,4 < 12$, соединение Г содержит в своём составе ещё и кислород.

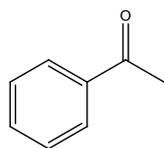
$$m(O) = 12 - 10,4 = 1,6 \text{ г}$$

$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{1,6}{16} = 0,1 \text{ моль}$$

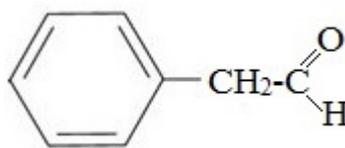
$$C : H : O = n(C) : n(H) : n(O) = 0.8 : 0.8 : 0.1 = 8 : 8 : 1$$

Таким образом, брутто-формула вещества Г – C_8H_8O .

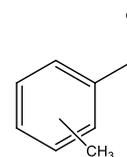
Данной брутто-формуле отвечает несколько соединений:



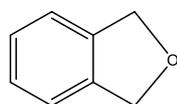
ацетофенон



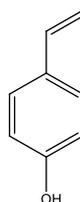
фенилуксусный альдегид
(фенилэтаналь)



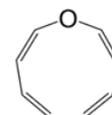
метилбензальдегиды



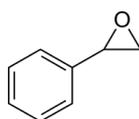
1,3-дигидро-2-бензофуран



4-винилфенол

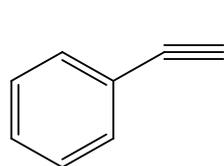


оксонин

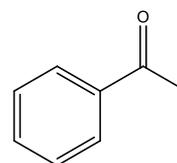
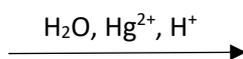


2-фенилоксиран

Очевидно, что соединение Г получается гидратацией в присутствии серной кислоты непредельного соединения В. То, что В – непредельное, следует из метода его получения из бромоброизводного (кипячение со спиртовым раствором щёлочи). Таким способом можно получить только первые два соединения – ацетофенон и фенилэтаналь. Однако из них только ацетофенон не вступает в реакцию серебряного зеркала. Таким образом, соединение Г – ацетофенон, а непредельное соединение В – фенилацетилен:



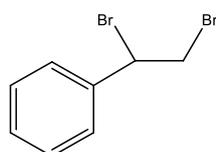
В– фенилацетилен



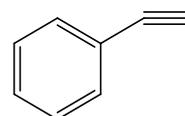
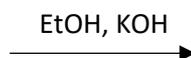
Г – ацетофенон

реакция 4

Фенилацетилен образуется при отщеплении брома от 1,2-дибром-фенилэтана:



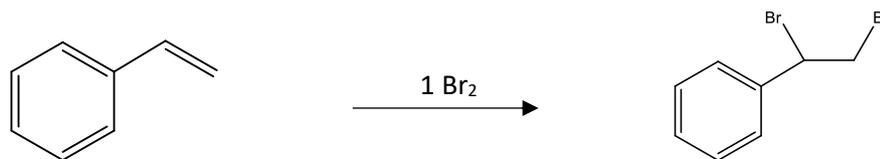
Б – 1,2-дибромэтилбензол



В– фенилацетилен

реакция 3

1,2-дибромэтилбензол образуется при бромировании стирола:



реакция 2

А – стирол

Б – 1,2-дибромэтилбензол

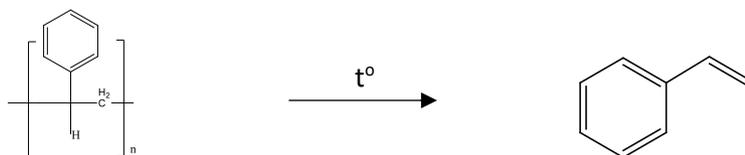
Проверим это предположение расчётами:

$$n(\text{стирол}) = \frac{m}{M} = \frac{20,8}{104} = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{Br}_2) = \frac{32}{160} = 0,2 \text{ моль}$$

Таким образом, соотношение прореагировавших стирола и брома (1:1) удовлетворяет уравнению реакции 4.

Стирол образуется при термическом разложении полистирола:



реакция 1

Полистирол

А – стирол

Таким образом, одноразовые стаканчики сделаны из полистирола.

Расчёт выхода вещества Г:

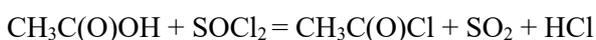
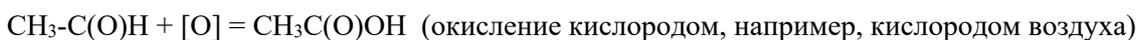
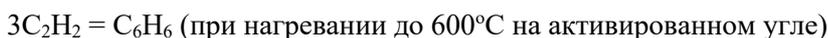
104 г стирола – 120 г ацетофенона

20,8 – x

$$x = m_{\text{теор}}(\text{ацетофенон}) = 20,8 \cdot \frac{120}{104} = 24 \text{ г}$$

$$\eta = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теор})} = 12 \cdot 24 = 50\%$$

Возможный метод синтеза ацетофенона (вещества Г) из любых неорганических соединений:



Возможны и другие методы синтеза (например, каталитическое окисление этилбензола).

Система оценивания:		
1)	За правильное определение веществ А, Б, В, Г в случае правильного написания уравнения реакции и названия по ИЮПАК – по 1 баллу за реакцию. В случае отсутствия названий по 0,5 балла за реакцию	4 балла
2)	За определение полимера полистирола (за формулу 0,5 балла, за название 0,5 балла)	1 балл
3)	За установление брутто-формулы Г	2 балла
4)	За расчёт выхода вещества Г	1 балл
5)	За правильный метод синтеза Г	2 балла
Итого:		10 баллов

Задача 6

Принцип минимума энергии отражает общее термодинамическое требование к устойчивости системы: максимуму устойчивости системы соответствует минимум ее энергии.

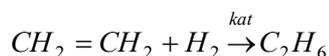
В результате сгорания этилена, этана, 1,2-дихлорэтана и водорода выделяется 1411,1560, 1229 и 286 кДж на моль каждого из веществ соответственно.

Теплотворная способность вещества характеризует количество теплоты, выделяемое при полном сгорании вещества массой 1 кг или объёмом 1 м³ (1 л). Наиболее часто теплотворная способность измеряется в кДж/кг.

Задание:

- 1) Рассчитайте числовое значение тепловых эффектов образования 1 моль этана и 1 моль 1,2-дихлорэтана при гидрировании и хлорировании этилена. Укажите, эндо- или экзотермическими являются эти процессы.
- 2) Какое из веществ – этан или 1,2-дихлорэтан – является более термодинамически устойчивым? Почему?
- 3) Известно, что гидрирование этилена обычно проводят на никелевом или платиновом катализаторе. В первом случае процесс проходит при 40⁰С, во втором – при 20⁰С. Изменяется ли тепловой эффект процесса в зависимости от того, какой катализатор используется? Дайте мотивированный ответ.
- 4) Сравните теплотворную способность этана и водорода ($\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$). Целесообразно ли заменить 40-литровый баллон этана в системе подогрева на такой же баллон водорода, учитывая, что рабочее давление в баллоне 19,6 МПа, а температура 298К.
- 5) Универсальная газовая постоянная $8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \cdot \text{К}$.

Решение:



реакция 1



реакция 2

Второе следствие из закона Гесса:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{\text{сгор.исх}} - \sum \Delta H_{\text{сгор.прод}}$$

Для этана:

$$\Delta H_p = -1411 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} - 286 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} + 1560 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = -137 \text{ кДж}$$

экзотермическая реакция

Если тепловой эффект процесса рассматривать как энтальпию образования этана, тогда:

$$\Delta H_{\text{обр}}(C_2H_6) = \frac{\Delta H_p}{\nu(C_2H_6)} = -137 \text{ кДж / моль}$$

Если тепловой эффект рассчитан без использования понятия энтальпия, то тоже следует засчитывать решение. Главное, чтобы было указано – экзотермический эффект или эндотермический.

Для 1,2-дихлорэтана:

$$\Delta H_p = -1411 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} - 0 + 1229 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = -182 \text{ кДж} \quad \text{экзотермическая реакция}$$

$$\Delta H_{\text{обр}}(C_2H_4Cl_2) = \frac{\Delta H_p}{\nu(C_2H_4Cl_2)} = -182 \text{ кДж / моль}$$

Ответ на вопрос 2: Какое из веществ – этан или 1,2-дихлорэтан – является более термодинамически устойчивым? Почему?

Более устойчивым является 1,2-дихлорэтан, т.к. при его образовании выделяется больше теплоты, чем при образовании этана, следовательно, система переходит в состояние с меньшей внутренней энергией, т.е. в более устойчивое состояние.

Ответ на вопрос 3: по закону Гесса, тепловой эффект зависит только от состояния реагентов и продуктов. Катализатор на тепловой эффект никак не влияет, он влияет на число и характер промежуточных стадий процесса, не изменяя теплового эффекта.

Ответ на вопрос 4

Теплотворная способность водорода:

$$Q_{\text{уд}}(H_2) = \frac{|\Delta H_{\text{сгор}}|}{M(H_2)} = \frac{286 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}}{2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 143 \text{ кДж/г} \quad \text{или} \quad 143000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Теплотворная способность этана:

$$Q_{\text{уд}}(C_2H_6) = \frac{\Delta H_{\text{сгор}}}{M(C_2H_6)} = \frac{1560 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}}{30 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 52 \text{ кДж/г} \quad \text{или} \quad 52000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Количество газа в баллоне:

$$\nu(\text{газа}) = \frac{pV}{RT} = \frac{19,6 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,04 \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 316,6 \text{ моль}$$

Очевидно, что при одинаковом количестве газов в баллоне масса этана больше, чем масса водорода.

Следовательно, несмотря на большую теплотворную способность водорода, баллон этана заменять на баллон водорода не целесообразно.

Система оценивания:		
1)	Расчет тепловых эффектов образования (по 2 балла за каждый и указание на эндо – или экзотермичность по 0,5 балла)	5 баллов
2)	Ответы на вопросы 2 и 3 и обоснование (по 1 баллу за каждый)	2 балла
3)	За теплотворную способность веществ и целесообразность замены	3 балла
Итого:		10 баллов

10 класс

Вариант 2

Задача 1

При электролизе водных растворов солей металлов средней активности на катоде идут два конкурирующих процесса: восстановление ионов металла и восстановление воды. Суммарное уравнение процесса можно составить корректно только в том случае, если известно, какая часть электричества идет на восстановление ионов металла, а какая – на восстановление воды.

В водный раствор нитрата двухвалентного металла средней активности массой 200 г опустили угольные электроды и пропускали электрический ток силой 5А в течение 6 часов 26 минут.

Известно, что на восстановление металла из раствора пошла 1/3 использованной электроэнергии. За время электролиза масса катода возросла на 41,4 г.

После отключения внешнего источника питания электроды не подняли, а оставили в электролизере.

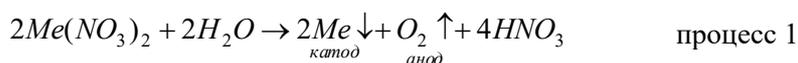
Задание:

- 1) Определите металл, водный раствор соли которого подвергли электролизу.
- 2) Составьте общее молекулярное уравнение процесса электролиза раствора соли.
- 3) Определите, какие вещества (вещество) находились в растворе спустя некоторое время после окончания электролиза. Рассчитайте количественный состав (в процентах) этого раствора, если известно, что в нём находился только один вид катионов.
- 4) Как изменился бы состав раствора, если бы электроды не оставили, а подняли из электролизера?

Постоянная Фарадея $96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$. Выход по току считать 100%. Электролизер был без разделительной мембраны.

Решение:

При электролизе раствора нитрата металла средней активности одновременно протекают два процесса:



Определим время электролиза восстановления металла:

$$\tau(Me^{2+}) = \frac{\tau_{\text{общ}}}{3} = \frac{6ч \ 26\text{мин}}{3} \approx 2ч \ 8,67\text{мин} \quad \text{или} \quad 7720 \text{ с}$$

Тогда количество металла на катоде:

$$\nu(Me^{2+}) = \frac{I \cdot \tau}{n(e^-) \cdot F} = \frac{5 \cdot 7680}{2 \cdot 96500} = 0,2 \text{ моль}$$

Изменение массы катода равно массе металла, выделившегося на катоде.

$$\text{Тогда} \quad M(Me^{2+}) = \frac{41,4}{0,2} = 207 \text{ г/моль} \quad \Rightarrow \quad \text{металл свинец Pb.}$$

Оставшееся суммарное время – это время электролиза воды:

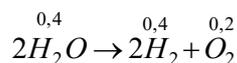
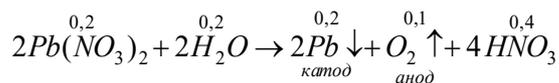
$$\tau(H_2O) = 7720 \cdot 2 = 15440 \text{ с}$$

Определим количество кислорода, выделившегося в этом процессе:

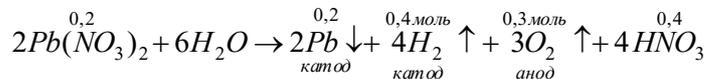
$$\nu(O_2) = \frac{I \cdot \tau}{n \cdot F} = \frac{5 \cdot 15440}{4 \cdot 96500} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = 0,4 \text{ моль}$$

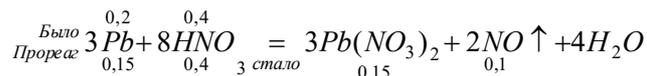
Тогда



Складываем количества всех веществ, соблюдаем их соотношение и составляем уравнение:



После окончания электролиза электроды остались в контакте с раствором, содержащем разбавленную азотную кислоту:



Кислота по отношению к свинцу в недостатке, следовательно, через некоторое время она израсходуется и в растворе останется только нитрат свинца массой

$$m(Pb(NO_3)_2) = 0,15 \cdot 331 = 49,65 \text{ г}, \text{ что соответствует условию задачи.}$$

Масса раствора сразу после электролиза:

$$m(p - \text{ра после эл - за})_1 = 200 \text{ г} - m(Pb) - m(O_2) - m(H_2) = 200 - 41,4 - 0,3 \cdot 32 - 0,4 \cdot 2 = 148,2 \text{ г}$$

Масса раствора через некоторое время после электролиза:

$$m(p - \text{ра после эл - за})_2 = 148,2 + m(Pb)_{\text{прореаг}} - m(NO) = 148,2 + 0,15 \cdot 207 - 0,1 \cdot 30 = 176,3 \text{ г}$$

$$\omega(Cu(NO_3)_2) = \frac{49,65}{176,3} = 0,282 \quad \text{или } 28,2\%$$

Ответ на вопрос 4:

Если бы электроды не оставили в растворе, а подняли, то спустя некоторое время в растворе так бы и находилась одна азотная кислота и состав раствора был бы иным: не $Pb(NO_3)_2$, а HNO_3 .

Система оценивания:		
1)	За определение металла	3 балла
<i>Если не провергнута вероятность протекания процесса по варианту 2 (то есть просто угадано, что в составе соли был малоактивный металл), балл снизить на 2</i>		
2)	За составление общего уравнения процесса	3 балла
3)	За определение состава раствора спустя некоторое время после электролиза	3 балла
4)	За ответ на вопрос 4)	1 балл
Итого:		10 баллов

Задача 2

В состав соединений А и Б входят атомы одного и того же элемента Х.

Вещество А при н.у. - газ с резким запахом. Вещество Б – твердое, белого цвета. Оба вещества хорошо растворимы в воде, их водные растворы являются сильными кислотами.

При взаимодействии с раствором пероксида водорода А и Б образуют одно и то же простое вещество X_2 , выпадающее в осадок, воду, но при этом в одной из реакций выделяется газ.

Вещество Б при нагревании до 110-120°C начинает отщеплять воду с образованием вещества В по схеме: $3B \xrightarrow{120^{\circ}C} B + H_2O$, в котором массовая доля элемента Х составляет 74,7%, а соотношение молярных масс В и Б составляет 2,9. При дальнейшем нагревании до 240 °С оно дегидратируется полностью с образованием вещества Г, которое при нагревании до 300 °С полностью разлагается на простые вещества.

Задание:

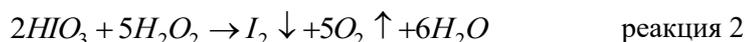
- 1) Определите формулы веществ А, Б, В, Г, Х₂
- 2) Напишите уравнения реакций взаимодействия А и Б с раствором пероксида водорода
- 3) Напишите уравнения последовательных реакций дегидратации вещества Б с образованием вещества В, потом Г и полного разложения вещества Г.

Решение

По описанию понятно, что речь идет о галогенсодержащих соединениях: газ А, который в растворе дает сильную кислоту – это галогенводород (кроме HF). Вещество Б – кислородсодержащая кислота строения либо HXO₃, либо HXO₄. При этом в твердом состоянии могут находиться только кислородсодержащие кислоты йода. Это первый намек на то, что Х – это элемент йод.

Второй намек – при взаимодействии с пероксидом выпадает в осадок простое вещество Х₂. Это может быть только I₂.

Тогда, А – это HI, а Б – это HIO₃ (ортоиодная кислота H₅IO₆ слабая, а метайодная HIO₄ в свободном виде не выделена).



Проверка: $\omega(I) = \frac{3 \cdot 127}{510} = 74,7\% \quad M(HI_3O_8) : M(HIO_3) = 510 : 176 = 2,9$



Система оценивания:		
1)	За определение каждого из веществ А, Б, В, Г и Х ₂ по 1 баллу	5 баллов
2)	За составление уравнения 1)-5) по 1 баллу	5 баллов
Итого:		10 баллов

Задача 3

При определенных условиях литий реагирует с аммиаком с образованием амидов, имидов и нитридов. Продукты реакции зависят от соотношения количеств реагентов.

Была проведена серия опытов с одинаковым объемом аммиака, равным 4480 мл (н.у.) и литием разной массы.

В таблице указаны массы лития в различных опытах, а также объём газа после реакции, приведённый к нормальным условиям.

№ опыта	1	2	3	4	5
m(Li), г	1,4	2,8	4,2	5,6	8,4
V _{газ} , мл	2240	4480	6720	4480	0
m _{тв} продукта. Г	4,6	нет данных			

Задание:

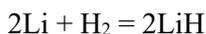
1) Составьте уравнения протекающих реакций
 Определите, какие твердые вещества являются продуктами реакции в каждом опыте и рассчитайте их массу, учитывая, что в каждом из опытов литий расходовался без остатка.

Решение

Количество аммиака в каждом опыте n = 0,02 моль

№ опыта	1	2	3	4	5
M _{Li} г	1,4	2,8	4,2	5,6	8,4
n _{Li} моль	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2
V _{газ} мл	2240	4480	6720	4480	0
n _{газ} моль	0,1	0,2	0,3	0,2	0
m _{тв.} Г	4,6				

Реакция кальция с аммиаком может приводить к образованию LiNH₂, Li₂NH, Li₃N
 Выделяющийся водород так же может реагировать с литием при избытке последнего:



Опыт № 1.

	2Li	$+ 2 \text{NH}_3$	$= 2\text{LiNH}_2$	$+ \text{H}_2 \uparrow$
Взято, моль	0,2	0,2	0	0
Прореагировало, моль	-0,2	-0,2	+0,2	+0,1
Состав после реакции	0	0	0,2	0,1

Объём газа после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot 0,1 = 2240 \text{ мл}$$

Масса твёрдого продукта реакции m = 4,6 г.

$$\text{Молярная масса продукта } M = 4,6 : 0,2 = 23 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow \text{LiNH}_2$$

Опыт № 2.

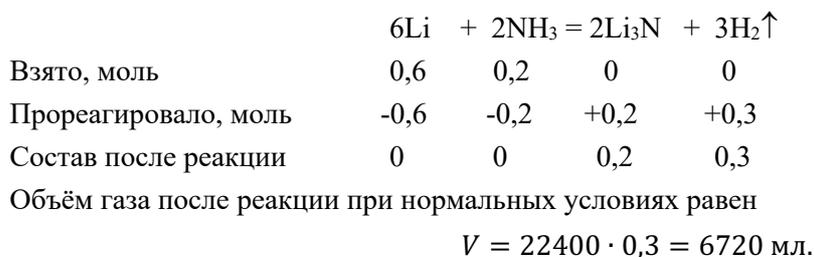
	2Li	$+ \text{NH}_3$	$= \text{Li}_2\text{NH}$	$+ \text{H}_2 \uparrow$
Взято, моль	0,4	0,2	0	0
Прореагировало, моль	-0,4	-0,2	+0,2	+0,2
Состав после реакции	0	0	0,2	0,2

Объём газа после реакции при нормальных условиях равен

$$V = 22400 \cdot 0,2 = 4480 \text{ мл.}$$

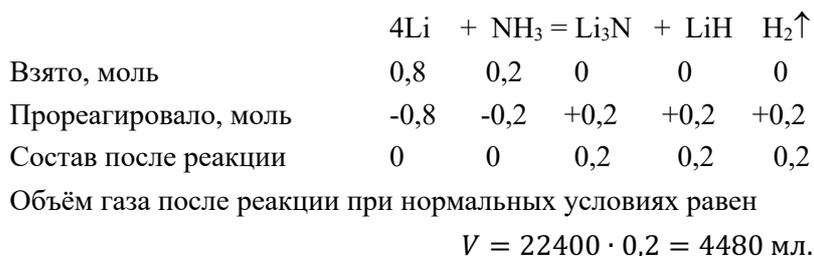
Масса твёрдого продукта реакции Li₂NH ⇒ m = 5,8 г

Опыт № 3.



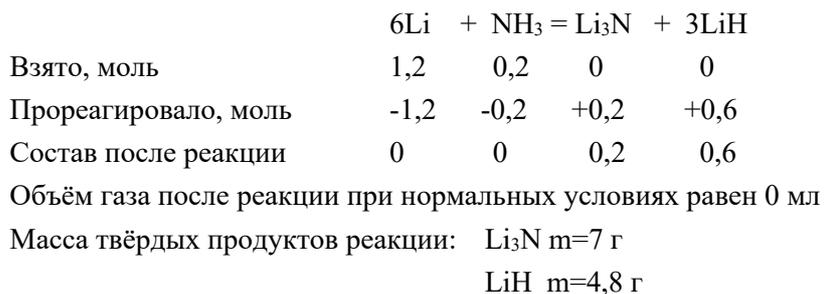
Масса твёрдого продукта реакции $\text{Li}_3\text{N} \Rightarrow m=7 \text{ г}$

Опыт № 4.



Масса твёрдых продуктов реакции: $\text{Li}_3\text{N} \quad m=7 \text{ г}$
 $\text{LiH} \quad m=1,6$

Опыт № 5.



Система оценивания:		
1)	За правильно описанные опыты 1 и 2 по 1 баллу	2 балла
2)	За правильно описанный опыт 3	2 балла
3)	За правильно описанные опыты 4 и 5 по 3 балла	6 баллов
Итого:		10 баллов

Задача 4

Желтовато-зеленый газ А, массой 12,07 г пропустили при 0 °С через 27,2 г красно-бурого жидкого вещества В. Вещества А и В полностью прореагировали друг с другом, при этом образовался желтый газ С, имеющий плотность по воздуху 3,98. Газ С собрали в герметичную емкость и сохранили для реакции с веществом F.

В реакционную колбу поместили 12 г магниевой стружки, небольшой кристаллик йода и по каплям добавили раствор 54,5 г бромэтана в 200 мл безводного диэтилового эфира. В результате реакции получили вещество D. Далее в эту же реакционную колбу добавили по каплям 43 г безводного диэтилкетона, полученный по окончании реакции продукт без выделения осторожно смешали при охлаждении с 150 мл 15% соляной кислоты.

Эфирный слой отделили от водного, эфир упарили, в результате получили вещество E с выходом 85% в расчете на исходный этилбромид. Ко всему полученному количеству вещества E добавили 150 мл 30%-ной серной кислоты и смесь медленно нагрели, получив жидкое вещество F с выходом 80%.

Все полученное вещество F закачали в герметичную емкость, в которой находилось все вещество С, полученное ранее. В результате реакции с количественным выходом образовалось вещество G.

Задание:

- 1) Определите вещества А, В, С, D, E, F, G. Приведите их структурные формулы и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
- 2) Напишите уравнения всех перечисленных химических реакций.
- 3) Определите массу полученного вещества G.

Решение:

Желтовато-зеленый газ (**вещество А**) – хлор; красно-бурое жидкое вещество (**вещество В**) – бром. В результате их взаимодействия образуется хлорид брома:



Проверяем по плотности: $\frac{115,5}{29} = 3,98$ – предположение верно.

Количество вещества хлора: $\frac{12,07 \text{ г}}{71 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,17 \text{ моль}$

Количество вещества брома: $\frac{27,2 \text{ г}}{160 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,17 \text{ моль}$

В результате реакции получается 0,34 моль хлорида брома.



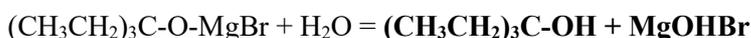
Количество вещества магния: $\frac{12 \text{ г}}{24 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,5 \text{ моль}$

Количество вещества бромэтана: $\frac{54,5 \text{ г}}{109 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,5 \text{ моль}$

В результате реакции получается 0,5 моль этилмагнийбромида

Далее этилмагнийбромид (реактив Гриньяра) вступает во взаимодействие с диэтилкетонем, в результате получается магниевая соль триэтилкарбинола, после обработки которой водой в присутствии соляной кислоты получается **3-этилпентан-3-ол (вещество E)**. Соляную кислоту используют для превращения основной соли магния в растворимую соль магния.

Количество вещества 3-этилпентан-3-ола, полученного с учетом 85% выхода: $0,5 \text{ моль} \cdot 0,85 = 0,425 \text{ моль}$.



Оба уравнения представляют реакцию 2

(Допускается приведение конкурсантом реакции без образования промежуточной соли, а также допускаются другие неорганические соли магния, образующиеся в процессе разложения водой промежуточного производного, например MgCl_2 , MgBrCl и т.д.)

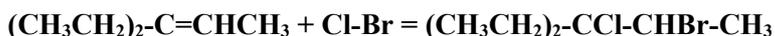
При нагревании 3-этилпентан-3-ола с разбавленной серной кислотой образуется **3-этилпент-2-ен (вещество F)**. С учетом 80%-ного выхода количество вещества 3-этилпент-2-ена равно: $0,425 \cdot 0,8 = 0,34 \text{ моль}$



При взаимодействии 0,34 моль 3-этилпент-2-ена с 0,34 моль хлорида брома с количественным (то есть со 100%-ным) выходом образуется 0,34 моль **2-бром-3-хлор-3-этилпентан (вещество G)**.

Такой продукт объясняется тем, что первым присоединяется бром, как менее электроотрицательный, а затем хлорид-анион атакует наиболее устойчивый карбокатион.

$$\text{Масса полученного вещества G: } 0,34 \text{ моль} \cdot 213,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 72,6 \text{ г}$$



Реакция 4

Система оценивания:		
1)	За правильное определение веществ А и В по 0,5 балла	1 балл
2)	За правильное определение веществ С, D, E, F– по 1 баллу, за каждое вещество в случае приведения правильного уравнения химической реакции получения этого вещества	4 балла
3)	За приведение структурной формулы вещества G в случае правильного уравнения реакции– 2 балла, за его название по номенклатуре ИЮПАК - 1 балл Является ошибкой приведение конкурсантом продукта реакции 3-бром-2-хлор-3-этилпентана, в этом случае 2 балла за приведение структурной формулы вещества G полностью не выставляется, при этом за название вещества G, если оно соответствует номенклатуре, выставляется 0,5 балла	3 балла
4)	За определение массы вещества G	2 балла
Итого:		10 баллов

Задача 5

Юный химик Петя решил определить, из какого полимера сделана одноразовая посуда.

Поместив в колбу, снабжённую дефлегматором и холодильником Либиха, несколько нарезанных на кусочки одноразовых тарелок, Петя подверг их термическому разложению без доступа воздуха.

В результате ему удалось отогнать 31,2 г бесцветного жидкого вещества А с очень неприятным запахом.

Вещество А, реагируя с хлороводородом, образовало бесцветное жидкое вещество Б. Объем поглощенного хлороводорода при этом составил 6,72 л (н.у.).

При кипячении Б с водным раствором гидроксида натрия Петя получил пахнущее гиацинтами жидкое вещество В, используемое в парфюмерии. При окислении вещества В оксидом марганца в кислой среде образовалось также используемое в парфюмерии вещество Г, имеющее запах черёмухи, и не вступающее в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра

При сжигании 24 г вещества Г образовалось 14,4 г воды и 35,84 л (н.у.) газа, полностью поглощаемого водным раствором, содержащим избыток щёлочи.

Задание:

- 1) Определите вещества А, Б, В, Г. Приведите уравнения упомянутых в задании реакций получения веществ А, Б, В, Г. приведите структурные формулы веществ А, Б, В, Г и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
- 2) Из какого полимера сделаны стаканчики?
- 3) Рассчитайте выход вещества Г, если из исходной навески вещества А Петя получил 24 г Г. Предложите способ синтеза вещества Г из любых неорганических соединений.

Решение:

Определим брутто-формулу вещества Г.

Так как весь выделившийся газ поглотился раствором, содержащим избыток щелочи, а при сжигании выделился только углекислый газ, то есть азота и галогенов вещество Г не содержит.

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 + 2\text{NaOH} &= \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \\ n(\text{CO}_2) &= \frac{V}{V_m} = \frac{35,84}{22,4} = 1,6 \text{ моль} \\ m(\text{C}) &= 1,6 \cdot 12 = 19,2 \text{ г} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= \frac{m}{M} = \frac{14,4}{18} = 0,8 \text{ моль} \\ n(\text{H}) &= 2n(\text{H}_2\text{O}) = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ моль} \\ m(\text{H}) &= 1,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ г} \end{aligned}$$

Так как $m(C) + m(H) = 19,2 + 1,6 = 20,8 < 24$, соединение Г содержит в своём составе ещё и кислород.

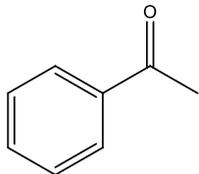
$$m(O) = 24 - 20,8 = 3,2 \text{ г}$$

$$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{3,2}{16} = 0,2 \text{ моль}$$

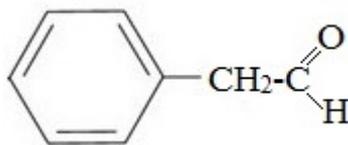
$$C:H:O = n(C):n(H):n(O) = 1,6:1,6:0,2 = 8:8:1$$

Таким образом, брутто-формула вещества Г – C_8H_8O .

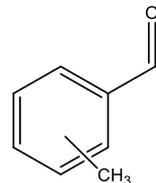
Данной брутто-формуле отвечает несколько соединений:



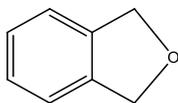
ацетофенон



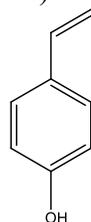
фенилуксусный альдегид
(фенилэтаналь)



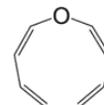
метилбензальдегиды



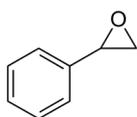
1,3-дигидро-2-бензофуран



4-винилфенол

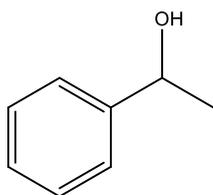


оксонин

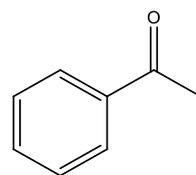
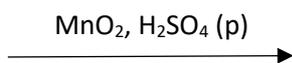


2-фенилоксиран

Очевидно, при окислении оксидом марганца соединения В можно получить только первые два соединения (ацетофенон или фенилэтаналь). Однако, из них только ацетофенон не вступает в реакцию с аммиачным раствором оксида серебра, поэтому **вещество Г – ацетофенон**, а **вещество В – 1-фенилэтанол**:



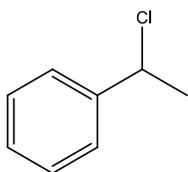
В - 1-фенилэтанол



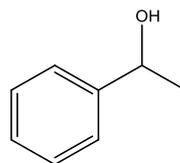
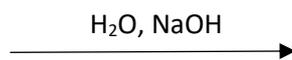
Г – ацетофенон

реакция 4

1-Фенилэтанол образуется при щелочном гидролизе 1-хлорэтилбензола:



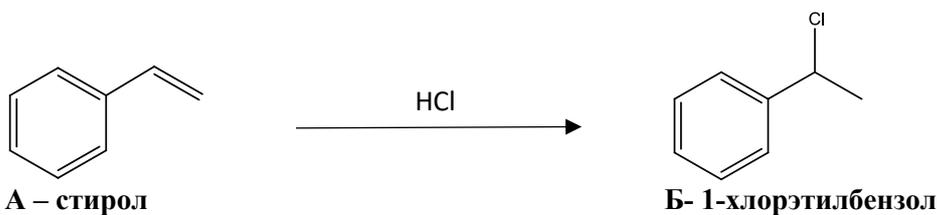
Б– 1-хлорэтилбензол



В - 1-фенилэтанол

реакция 3

1-хлорэтилбензол образуется при присоединении хлороводорода к стиролу:



реакция 2

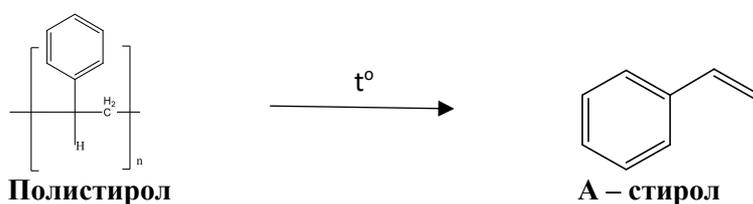
Проверим это предположение расчётами:

$$n(\text{стирол}) = \frac{m}{M} = \frac{31,2}{104} = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{V}{V_m} = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$

Таким образом, соотношение прореагировавших стирола и хлороводорода (1:1) удовлетворяет уравнению реакции 2.

Стирол образуется при термическом разложении полистирола:



реакция 1

Таким образом, одноразовая посуда сделана из полистирола.

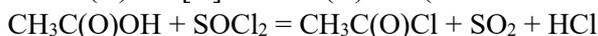
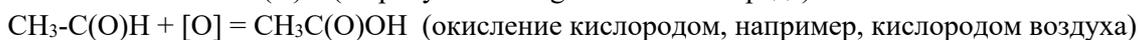
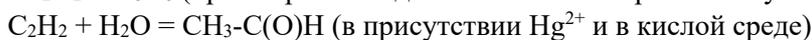
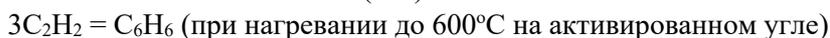
Расчёт выхода вещества Г:

104 г стирола – 120 г ацетофенона
31,2 – x

$$x = m_{\text{теор}}(\text{ацетофенон}) = 31,2 \cdot \frac{120}{104} = 36 \text{ г.}$$

$$\eta = \frac{m(\text{практ.})}{m(\text{теор})} = \frac{24}{36} = 66,7 \%$$

Возможный метод синтеза ацетофенона (вещества Г) из любых неорганических соединений:



Возможны и другие методы синтеза (например, каталитическое окисление этилбензола).

Система оценивания:		
1)	За правильное определение веществ А, Б, В, Г в случае правильного написания уравнения реакции и названия по ИЮПАК – по 1 баллу за реакцию. В случае отсутствия названий по 0,5 балла за реакцию.	4 балла
2)	За определение полимера полистирола (за формулу 0,5 балла, за название 0,5 балла)	1 балл
3)	За установление брутто-формулы Г	2 балла
4)	За расчёт выхода продукта реакции	1 балла
5)	За правильный метод синтеза Г	2 балла
Итого:		10 баллов

Задача 6

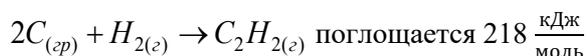
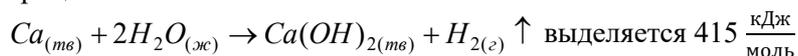
Принцип минимума энергии отражает общее термодинамическое требование к устойчивости системы: максимуму устойчивости системы соответствует минимум ее энергии.

В результате сгорания в кислороде серы, углерода, кальция, карбида кальция и сероуглерода выделяется 297, 394, 636, 1361 и 1076 кДж на моль каждого из веществ соответственно.

Известно, что сероуглерод в воде плохо растворим в отличие от карбидов активных металлов, растворение которых сопровождается выделением теплоты.

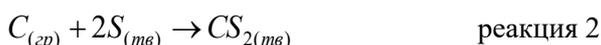
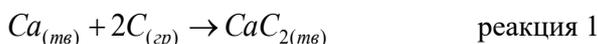
Задание:

- 1) Рассчитайте числовое значение тепловых эффектов образования 1 моль карбида кальция и 1 моль сероуглерода. Укажите, эндо- или экзотермическими они являются.
- 2) Какое из веществ – карбид кальция или сероуглерод – является более термодинамически устойчивым? Почему?
- 3) Рассчитайте тепловой эффект растворения в воде карбида кальция, учитывая, что в процессах



- 4) Объясните различие в растворимостях карбида кальция и сероуглерода.

Решение



Второе следствие из закона Гесса:

$$\Delta H_p = \sum \Delta H_{сгор.исх} - \sum \Delta H_{сгор.прод}$$

Для карбида кальция:

$$\Delta H_p = -636 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} - 394 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 2 \text{ моль} + 1361 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = -63 \text{ кДж} \text{ экзотермическая реакция}$$

Если тепловой эффект процесса рассматривать как энтальпию образования CaC_2 , тогда:

$$\Delta H_{обр}(CaC_2) = \frac{\Delta H_p}{\nu(CaC_2)} = -63 \text{ кДж} / \text{ моль}$$

Если тепловой эффект рассчитан без использования понятия энтальпия, то тоже следует засчитывать решение. Главное, чтобы было указано – экзотермический эффект или эндотермический.

Для сероуглерода:

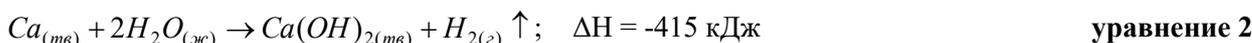
$$\Delta H_p = -394 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} - 297 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 2 \text{ моль} + 1076 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = 88 \text{ кДж} \text{ эндотермическая реакция}$$

$$\Delta H_{обр}(CS_2) = \frac{\Delta H_p}{\nu(CS_2)} = 88 \text{ кДж} / \text{ моль}$$

Ответ на вопрос 2: Какое из веществ – карбид кальция или сероуглерод – является более термодинамически устойчивым? Почему?

Более устойчивым является карбид кальция, т.к. при его образовании теплота выделяется, значит, система переходит в состояние с меньшей внутренней энергией, т.е. в более стабильное состояние.

Ответ на вопрос 3:





$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 - \Delta H_4 = -415 + 218 - (-63) = -134 \text{ кДж} \quad \text{экзотермический процесс}$$

Решение задачи возможно без использования понятия энтальпия!

Ответ на вопрос 4

Сероуглерод - вещество молекулярного строения. Его молекула симметричная и неполярная $S=C=S$.

Вещества, состоящие из неполярных молекул в воде плохо растворимы.

Карбид кальция ионного строения. Может взаимодействовать с молекулами воды

Система оценивания:		
1)	Расчет тепловых эффектов образования (по 2 балла за каждый и указание на эндо – или экзотермичность по 0,5 балла)	5 баллов
2)	Ответы на вопросы 2 и 4 и обоснование (по 1 баллу за каждый)	2 балла
3)	За расчет теплового эффекта растворения карбида кальция	3 балла
Итого:		10 баллов