

Решения и система оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

**Задание 11-1.**

Через 2 л 6%-ного раствора гидроксида калия ( $\rho = 1,05$  г/мл) пропущен электрический ток. В результате концентрация раствора изменилась (увеличилась или уменьшилась?) на 2%. Какие вещества и в каких количествах выделились при этом на электродах?

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
$m(\text{исх.р-ра KOH}) = V \cdot \rho = 2000 \text{ мл} \cdot 1,05 \text{ г/мл} = 2100 \text{ г}$	0,5 б
$m(\text{KOH}) = 2100 \cdot 0,06 = 126 \text{ г}$	0,5 б
При электролизе водного раствора KOH на электродах будут протекать процессы: К(-): $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ А(+): $4\text{OH}^- - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ эл. ток $2\text{H}_2\text{O} \text{ -----} \rightarrow 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	2 б
Так как по условию, в результате электролиза концентрация раствора изменилась на 2%, то с учетом того, что часть воды подверглась электролизу, концентрация раствора увеличилась на 2%. $\omega(\text{KOH в получ.р-ре}) = 8\%$	1 б
$m(\text{получ.р-ра}) = 126 / 0,08 = 1575 \text{ г}$	0,5 б
Масса израсходованной при электролизе воды равна: $m(\text{H}_2\text{O}) = 2100 - 1575 = 525 \text{ г}$	0,5 б
$n(\text{H}_2\text{O}) = 525 / 18 = 29,17 \text{ моль}$	0,5 б
При электролизе 29,17 моль воды образуется на катоде 29,17 моль водорода	0,5 б
$m(\text{H}_2) = 2 \cdot 29,17 = 58,34 \text{ г}$	0,5 б
При электролизе 29,17 моль воды образуется на аноде 14,6 моль кислорода	0,5 б
$m(\text{O}_2) = 32 \cdot 14,6 = 466,7 \text{ г}$	0,5 б
<b>Итого:</b>	<b>7,5 б</b>

**Задание 11-2.**

К 10%-ному раствору сульфата алюминия массой 128,25 г добавили 20%-ный раствор гидроксида натрия массой 100 г. Найдите массу 10%-ного раствора серной кислоты, который необходимо добавить к полученному раствору для полного осаждения содержащихся в нем ионов алюминия.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
Найдена масса и количество вещества сульфата алюминия $n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 128,25 \cdot 0,1 / 342 = 0,0375$ моль	1 б
Найдена масса и количество вещества гидроксида натрия $n(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0,2 / 40 = 0,5$ моль (изб.)	1 б
Расчет может быть произведен по двум уравнениям реакции (1) и (2) или по суммарному уравнению реакции (3)	
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ (1)	1 б
$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (2)	1 б
Или суммарное уравнение реакции $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{NaOH} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ (3)	(2 б)
$n(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,0375 \cdot 2 = 0,075$ моль	0,5 б
$n(\text{вст. NaOH}) = 0,0375 \cdot 8 = 0,3$ моль	0,5 б
$n(\text{ост. NaOH}) = 0,5 - 0,3 = 0,2$ моль	0,5 б
$2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (4)	1 б
$2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (5)	1 б
$n_4(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,075 / 2 = 0,0375$ моль	0,5 б
$n_5(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 / 2 = 0,1$ моль	0,5 б
$n_{\text{общ.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1375$ моль	0,5 б
$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1375 \cdot 98 = 13,475$ г	0,5 б
$m(\text{р-ра H}_2\text{SO}_4) = 13,475 / 0,1 = 134,75$ г	0,5 б
<b>Итого:</b>	<b>10 б</b>

### Задание 11-3.

Два элемента принадлежат одной группе периодической системы химических элементов и образуют летучие водородные соединения, высшие оксиды и гидраты высших оксидов одного и того же состава. Отношение молярных масс их водородных соединений равно 2,3824, высших оксидов – 1,5875 и гидратов высших оксидов – 1,4796. Определите эти элементы.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
Обозначим молярные массы элементов через X и Y (X>Y)	0,5 б
Тогда водородные соединения этих элементов имеют состав $\text{RH}_n$ (n – степень окисления химических элементов в водородных соединениях), а молярные массы водородных соединений соответственно равны (X + n) и (Y + n).	2 б
$(X + n) / (Y + n) = 2,3824$	
Формулы высших оксидов имеют состав $\text{RO}_{8-n}$ , так как степень окисления элементов в высших оксидах (8- n)	2 б
Молярные массы высших оксидов соответственно равны (X + 64 – 8n)	0,5 б

и (Y + 64 – 8n)	
$(X + 64 – 8n) / (Y + 64 – 8n) = 1,5875$	0,5 б
Формулы гидратов высших оксидов имеют состав $RO_{8-n} \cdot H_2O$	2 б
Молярные массы гидратов высших оксидов соответственно равны $(X + 82 – 8n)$ и (Y + 82 – 8n)	0,5 б
$(X + 82 – 8n) / (Y + 82 – 8n) = 1,4796$	0,5 б
Таким образом, получилась система алгебраических уравнений $(X + n) / (Y + n) = 2,3824$ $(X + 64 – 8n) / (Y + 64 – 8n) = 1,5875$ $(X + 82 – 8n) / (Y + 82 – 8n) = 1,4796$	1,5 б
Решив систему алгебраических уравнений, получим X = 79, Y = 32.	
Определены химические элементы: сера и селен	
<b>Итого:</b>	<b>10 б</b>

#### Задание 11-4.

Вычислите массу двух соседних гомологов сложных эфиров  $\alpha$ -аминокислот, которую можно гидролизовать с помощью 150 мл раствора гидроксида калия ( $c=2,5$  моль/л). В молекулах эфиров нет кратных C – C-связей и дополнительных функциональных групп; в молекуле низшего гомолога число атомов углерода в 2 раза больше числа атомов кислорода. Количества веществ эфиров в смеси равны.

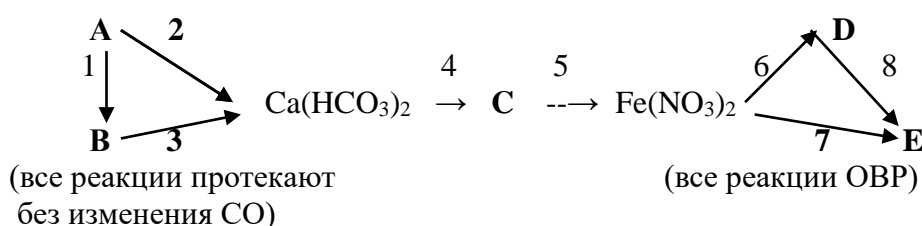
Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
Формула сложного эфира $\alpha$ -аминокислоты $C_nH_{2n+1}-CH(NH_2)-COO-C_mH_{2m+1}$	
В молекуле сложного эфира $\alpha$ -аминокислоты содержится 2 атома кислорода, следовательно, в молекуле низшего гомолога должно содержаться 4 атома углерода.	1 б
Это может быть сложный эфир этанола и глицина $NH_2-CH_2-COO-C_2H_5$ или сложный эфир метанола и аланина $CH_3-CH(NH_2)-COO-CH_3$ Молекулярная формула $C_4H_9NO_2$	
Для любого из предложенных эфиров составлена формула гомолога сложного эфира $\alpha$ -аминокислоты. Например, $NH_2-CH_2-COO-C_3H_7$ или $CH_3-CH(NH_2)-COO-C_2H_5$ Молекулярная формула $C_5H_{11}NO_2$	
Предложена любая пара гомологов – по 1,5 б	3 б
$NH_2-CH_2-COO-C_2H_5 + NaOH \rightarrow NH_2-CH_2-COONa + C_2H_5OH$ (1)	
$NH_2-CH_2-COO-C_3H_7 + NaOH \rightarrow NH_2-CH_2-COONa + C_3H_7OH$ (2)	
Написаны уравнения реакций гидролиза с любой парой гомологов – по 1 б	2 б

$n(\text{NaOH}) = 0,15\text{л} \cdot 2,5\text{моль/л} = 0,375\text{ моль}$	0,5 б
Пусть $n(\text{низшего гомолога}) = n(\text{высшего гомолога}) = X\text{ моль}$	
В реакциях (1) и (2) $n(\text{эфира}) = n(\text{NaOH}) = X\text{ моль}$	1 б
Следовательно, $2X = 0,375. \quad X = 0,1875\text{ моль}$	1 б
$m(\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_2) = 103 \cdot 0,1875 = 19,3125\text{ г}$	0,5 б
$m(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2) = 117 \cdot 0,1875 = 21,9375\text{ г}$	0,5 б
$m(\text{смеси двух эфиров}) = 19,3125 + 21,9375 = 41,25\text{ г}$	0,5 б
<b>Итого:</b>	<b>10 б</b>

### Задание 11-5. «Выполнение превращения»

В левом треугольнике представленной ниже схемы все реакции протекают без изменения степеней окисления химических элементов, в правом треугольнике все реакции окислительно-восстановительные:



Определите неизвестные вещества (А, В, С, D, E) и напишите уравнения соответствующих реакций.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
Определены неизвестные вещества (А, В, С, D, E) – по 1 б	5 б
Написаны уравнения соответствующих реакций – по 1 б (8 уравнений)	8 б
<b>Итого:</b>	<b>13 б</b>

### Задание 11-6. «Распознавание веществ»

В выданных вам пронумерованных пробирках находятся жидкие вещества: алкан, хлоралкан, уксусная кислота, глицерин, этанол (часть веществ в виде растворов). В качестве реактивов: медь (проволока), вода, растворы гидроксида натрия и сульфата меди.

По физическим и химическим свойствам распознайте предложенные вещества. В ответе приведите план определения, составьте уравнения предлагаемых реакций, опишите наблюдения.

Критерии оценивания:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	
Анализ внешнего вида указанных веществ. Все вещества и их растворы бесцветны	
Определение растворимости веществ в воде. Растворяются в воде уксусная кислота, глицерин, этанол,	1 б

не растворяются алкан и хлоралкан.	
Наличие спирта можно определить с помощью оксида меди (II)	
$2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$	1 б
Медную проволоку внести в пламя спиртовки, образуется оксид меди черного цвета (II)	1 б
Затем почерневшую проволоку необходимо опустить в спирт. Оксид меди взаимодействует со спиртом, черный налет на проволоке исчезает, восстанавливается медь в чистом виде, появляется запах уксусного альдегида	1 б
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	1 б
Черный налет на проволоке оксида меди исчезает и при погружении проволоки в раствор уксусной кислоты $2\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CuO} \rightarrow (\text{CH}_3\text{-COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	1 б
Получим гидроксид меди (II) $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	1 б
Образуется синий осадок	1 б
При добавлении в растворы уксусной кислоты и глицерина свежеприготовленного синего осадка гидроксида меди (II) можно наблюдать:	
в пробирке с раствором уксусной кислоты – растворение синего осадка и образование светло-голубого раствора (Описание неполного признака реакции 0,5 б)	1 б
$2\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow (\text{CH}_3\text{-COO})_2\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$	1 б
в пробирке с раствором глицерина – растворение синего осадка и образование ярко-синего раствора (Описание неполного признака реакции 0,5 б)	1 б
Для определения двух нерастворимых в воде веществ (алкана и хлоралкана) можно воспользоваться петлей из медной проволоки, которую предварительно прокалили в пламени спиртовки до исчезновения посторонней окраски пламени	1 б
Смоченную органическим веществом петлю необходимо внести в пламя спиртовки. Галогеналкан окрашивает пламя спиртовки в зеленовато-голубой цвет.	1 б
<b>Итого:</b>	<b>13 б</b>