

11 класс

11-1-2000обл. Масса изотопа ^{60}Co равна $100 \cdot 0,1 = 10\text{г}$. Массу оставшегося радиоактивного изотопа кобальта можно определить по формуле $m = m_0 2^{-n}$, где $n = \tau/\tau_0$. Обозначения: m - масса образца через время τ , m_0 - масса образца в начальный момент, τ - время распада, τ_0 - время полураспада. Рассчитаем $n = 15/5,3 = 2,83$, $m = 10 \cdot 2^{-2,83} = 10/2^{2,83} = 10/7,11 = 1,41$.

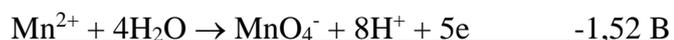
Более точный вариант: Определяем число молей радиоактивного кобальта:

$$\nu(^{60}\text{Co}) = 10/60 = 0,166\dots \text{моль или число атомов } N = N_A \cdot \nu = 0,166 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 1,00 \cdot 10^{23}.$$

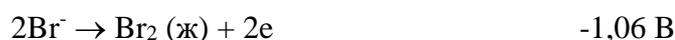
Теперь найдем число оставшихся атомов радиоактивного кобальта или их количества вещества.: $N = N_0 2^{-n} = 1,00 \cdot 10^{23} / 2^{2,83} = 1,41 \cdot 10^{22}$ атомов, что составляет $0,0236$ моль или $1,40\text{г}$. Таким образом из 10г кобальта-60 осталось только $100 - 8,60 = 1,40\text{г}$.

Вся масса оставшегося кобальта составляет $90 + 1,4 = 91,4\text{г}$. Массовая доля радиоактивного кобальта: $\omega(^{60}\text{Co}) = 1,4 / 91,4 = 0,0153$ или $1,53\%$.

11-2-2000обл. Для окисления ионов брома нужно выбрать электродную реакцию, в которой отдача электронов происходит с большим трудом, чем в полуреакции $2\text{Br}^- \leftrightarrow \text{Br}_2 (\text{ж}) + 2e$. Другими словами, для окисления Br^- нужно найти полуреакцию, способную конкурировать за обладание электронами с ионами Br^- . Этому условию удовлетворяют электродные реакции с E_0 ниже $-1,06\text{В}$. Среди перечисленных в условии веществ только MnO_4^- и Cl_2 участвуют в полуреакциях с E_0 меньшим $-1,06\text{В}$.



$$\Sigma E_0 = -1,06 - (-1,52) = +0,46\text{В}.$$



$$\Sigma E_0 = -1,06 - (-1,36) = +0,30\text{В}.$$

Для восстановления $\text{Br}_2 (\text{ж})$ нужно выбрать электродную реакцию, в которой отдача электронов происходит легче, чем в полуреакции $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 (\text{ж}) + 2e$. Этому условию удовлетворяют электродные реакции с большими относительными значениями E_0 (т.е. более положительными), чем $-1,06\text{В}$. Среди перечисленных веществ только $\text{H}_2(\text{г})$ и $\text{Ni}(\text{тв})$ участвуют в электродных реакциях, которые удовлетворяют этому условию.

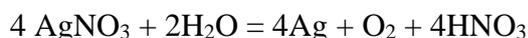


$$\Sigma E_0 = 0,00 - (-1,06) = +1,06\text{В.}$$



$$\Sigma E_0 = 0,00 - (-1,06) = +1,31\text{В.}$$

11-3-2000 обл. Уравнение реакции электролиза раствора AgNO_3 :



При образовании $2,16/108 = 0,02$ моль Ag передается $0,02$ моль электронов. Поскольку электролизеры соединены последовательно, количества электричества, прошедшее через электролизеры, одинаково. Значит, при образовании $0,635\text{г}$ металла передается также $0,02$ моль электронов. Если катион металла однозарядный, то его выделяется также $0,02$ моль. Тогда $M(\text{Me}) = 0,635\text{г}/0,02\text{моль} = 31,8 \text{ г/моль}$. Но, такого катиона не существует. Если катион двухзарядный, то $M(\text{Me}) = 0,635\text{г/моль}$, что соответствует меди. Значит, во втором электролизере находился CuSO_4 .
Уравнение электролиза:



Согласно уравнению реакции на выделение $0,01$ моль меди требуется $0,01$ моль сульфата меди и при этом образуется $0,005$ моль кислорода. Если при продолжении электролиза во втором электролизере химизм процесса оставался бы без изменений, то образование $2,16\text{г}$ (т.е. $0,02$ моль) серебра в первом электролизере соответствовало бы образованию $0,005$ моль кислорода во втором электролизере. Тот факт, что при продолжении электролиза объем выделившегося газа оказался в 2 раза больше, т.е. образовалось $0,01$ моль газов, говорит о том, что после полного разложения сульфата меди началось разложение воды по уравнению



При образовании 3 моль газов передается 4 моль электронов. Пусть в электролизере при продолжении электролиза находилось x моль сульфата. Тогда при их разложении по реакции (1) образовалось $0,5x$ моль кислорода и было передано $0,5x \cdot 4 = 2x$ моль электронов. Суммарное количество газов, выделившихся по реакциям (1) и (2), составляет $0,01$ моль. При осуществлении реакции (2) оставшегося электричества хватает на передачу еще $0,02 - 2x$ моль электронов или образование $(0,02 - 2x) \cdot 3/4$ моль газов. Общее количество газов, полученных по обеим реакциям, составит $0,5x + (0,02 - 2x) \cdot 3/4 = 0,01$ моль, откуда $x = 0,005$ моль. Всего в электролизере находилось $0,01 + 0,005 = 0,015$ моль или $2,4\text{г}$ сульфата меди.

11-4-2000обл. Из данных задачи может быть рассчитана молярная масса газа Г1. $M(\Gamma 1) = 44\text{г/моль}$. Это может быть или CO_2 или N_2O .

Вещество Б взаимодействует с серной кислотой с выделением горючего газа. Горючим газом может быть водород. Значит, Б - металл.

Поскольку А разлагается с образованием металла и Г1, то в процессе разложения элемент, образующий оксид Г1 должен повысить свою степень окисления. Но для элемента азота в случае $\Gamma 1 = \text{N}_2\text{O}$ это невозможно. Значит, Г1 - углекислый газ.

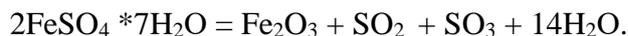
Расчетом по уравнению реакции разложения можно получить молярную массу Б ($M(\text{Б}) = 56\text{г/моль}$, следовательно, Б - железо).

Таким образом, А - оксалат железа FeC_2O_4 Б - Fe, В - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, Г1- CO_2 , Г2- SO_2 , Г3 - H_2 , Г4- CO , Г5 - SO_3 , D - FeSO_4 , E - Fe_2O_3 .

Уравнения реакций:



Из раствора выделится кристаллогидрат $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.



11-5-2000обл. Олеумом называется раствор SO_3 в 100%-ной серной кислоте. В 100граммах 10%-ного олеума содержится 10г свободного серного ангидрида и $80 \cdot 90/98$ г связанного в кислоту. Таким образом, масса всего серного ангидрида $m(\text{SO}_3) = 10 + 80 \cdot 90/98 = 83,469\text{г}$. $W(\text{SO}_3) = 83,469\%$.

Уравнения реакций:

$$x \text{ г} \quad ?$$



$$174\text{г/моль} \quad 272\text{г/моль}$$

В исходном растворе содержалось $0,350 \cdot 0,25 = 0,0875$ моль или 15,225г сульфата калия. Пусть прореагировало x г сульфата калия и осталось в растворе $(15,225 - x)$ г. Согласно уравнению реакции образовалось $2x/174$ моль или $(2x/174) \cdot 136 = 1,563x$ г. гидросульфата. Равенство массовых долей обозначает равенство кислой и средней солей: $15,225 - x = 1,563x$. Отсюда $x = 5,93\text{г}$. Прореагировало 5,93г или 0,0559моль сульфата калия. По уравнению реакции $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{KHSO}_4)$

K_2SO_4) = 0,034. Значит, в исходном растворе после приливания олеума содержалось 0,034 моль H_2SO_4 .

Поскольку сульфат прореагировал полностью, то полностью прореагировала кислота, полученная из олеума. $v(SO_3) = v(H_2SO_4) = 0,034$ моль, $m(SO_3) = 80 \cdot 0,034 = 2,72$ г.

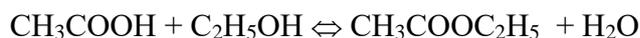
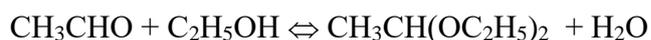
В х г 10%-ного олеума содержится 2,72 г.

100 г - 83,469 г

х г - 2,72 г. Отсюда $X = 3,259$ г.

11-6-2000 обл. Схема процесса: $CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$.

И альдегид, и кислота в присутствии минеральных кислот со спиртом с образованием, соответственно, ацеталя и сложного эфира:



Таким образом, полученная смесь содержала следующие вещества: 1) H_2O , 2) CH_3CHO , 3) CH_3COOH , 4) $CH_3CH(OC_2H_5)_2$, 5) $CH_3COOC_2H_5$, 6) непрореагировавший C_2H_5OH .

2. Количественный анализ полученной смеси можно провести следующим образом.

а) Воду можно определить по приращению массы безводного сульфата меди:



б) Альдегид определяют по реакции “серебряного зеркала”:



в) Уксусную кислоту определяют по объему CO_2 , выделившегося при действии избытка $NaHCO_3$ на смесь:

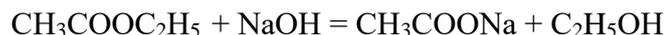


г) При действии натрия на пробу обезвоженной смеси выделяется водород:

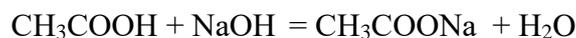


Количество кислоты уже известно, следовательно, по водороду можно определить количество спирта.

д) Количество сложного эфира можно определить по реакции щелочного гидролиза:



Одновременно щелочь будет расходоваться на реакцию с кислотой:



и катализировать альдольную конденсацию:



однако количество кислоты нам уже известно, а в реакции конденсации щелочь не расходуется, поэтому

$$v(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = v_{\text{общ}}(\text{NaOH}) = v(\text{CH}_3\text{COOH}).$$

е) Масса ацеталя определяется по остатку: масса смеси минус масса всех определенных ранее веществ. (Можно также провести кислотный гидролиз смеси и по реакции “серебряного зеркала” определить общее количество CH_3CHO как присутствующее в смеси, так и образующееся при гидролизе).

11-7-2000обл. Реакция этерификации обратима, ее равновесие характеризуется соответствующей константой, которая зависит лишь от температуры.



$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

Определим константу равновесия. В исходной смеси было $43\text{мл} \cdot 0,97\text{г/мл} \cdot 0,95 = 32,3\text{г}$ этанола и $1,70\text{г}$ воды, $19\text{мл} \cdot 1,15\text{г/мл} \cdot 0,83 = 18,1\text{г}$ уксусной кислоты и $3,71\text{г}$ воды, $0,5\text{мл} \cdot 1,8\text{г/мл} = 0,9\text{г}$ серной кислоты. Общая масса смеси $56,7\text{г}$. По окончании реакции образовалось $56,7\text{г} \cdot 0,156 = 8,8\text{г}$ этилацетата, что составляет $0,1$ моль.

К имеющейся массе воды, равной $5,4\text{г}$ ($0,3$ моль), добавится количество $0,1$ моль. Всего будет $0,4$ моль воды.

Количество этанола $0,7$ моль уменьшится $0,6$ моль, а уксусной кислоты $0,3$ моль - до $0,2$ моль. Отсюда

$$K = 0,1 \cdot 0,4 / 0,2 \cdot 0,6 = 1/3.$$

Вычислим значения массы (количества вещества) во второй смеси следующих веществ:

$300\text{л} \cdot 0,85\text{кг/л} \cdot 0,7 = 178,5$ кг этанола (3,88кмоль) и $76,5$ кг воды, $500\text{л} \cdot 1,18\text{кг/л} \cdot 0,75 = 442,5$ кг. Уксусной кислоты (7,38кмоль) и 83 кг воды. Всего воды 8,86кмоль.

Пусть образуется X моль этилацетата. Запишем уравнение.

$$1/3 = X(X+8,86) / (3,88-X)(7,38-X)$$

Из уравнения $X = 0,73$ кмоль. Выход этилацетата 0,733кмоль. Выход этилацетата $0,73/3,88 = 0,188$ или 18,8 моль.

Ответы на другие вопросы:

Экспериментально определить выход можно, оттитровав уксусную кислоту в пробе реакционной массы.

Сместить равновесие можно, отгоняя этилацетат. В этом случае значение выхода возрастет.