

Маршрутный лист

Тема занятия: Ряд стандартных электродных потенциалов (задачи « на пластинку»)

Порядок действий	Алгоритм работы и ресурсы
1	Запишите тему занятия: Ряд стандартных электродных потенциалов (задачи « на пластинку»)
2	<p>Изучите элементы теории:</p> <p>Известно, что более активные металлы вытесняют из водных растворов солей менее активные. Из двух металлов более активен тот, который имеет меньшее значение стандартного электродного потенциала. Если электрохимический ряд металлов записан в виде горизонтального ряда, то можно сказать так: чем левее расположен металл, тем он активнее. Для записи данного ряда в виде вертикального столбца можно утверждать: металл тем активнее, чем выше он расположен в этом столбце.</p> <p>Электрохимический ряд напряжений металлов приведен в приложении 1.</p> <p>При погружении пластинки некоторого металла Me' в раствор соли менее активного металла $MeAn$ протекает реакция замещения:</p> $Me' + MeAn \longrightarrow Me \downarrow + Me'An \quad (24.1)$ <p>(упрощенно считаем, что степени окисления Me и Me' в составе соли одинаковые).</p> <p>В результате реакции (24.1) масса пластинки (и раствора соли!) изменяется. Такое изменение массы пластинки $\Delta m_{пл}$ обусловлено двумя процессами:</p>

а) растворением некоторой массы более активного металла (обозначим эту массу $m_{\text{раст}}$); за счет этого масса пластинки уменьшается;

б) осаждением на пластинке некоторой массы менее активного металла (эту массу обозначим $m_{\text{осаж}}$); этот процесс ведет к увеличению массы пластинки.

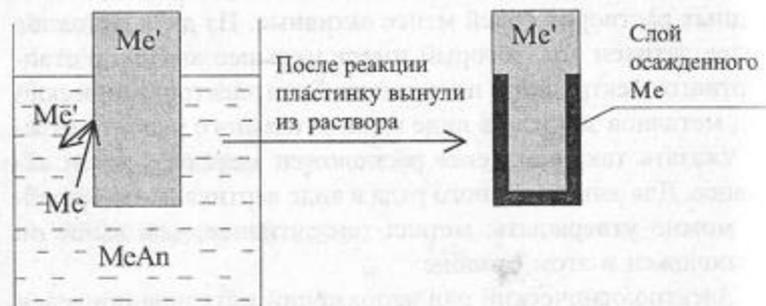
Обозначив исходную и конечную массы пластинки соответственно $m_{\text{пл}}(\text{исх.})$ и $m_{\text{пл}}(\text{кон.})$, для конечной массы пластинки получаем

$$m_{\text{пл}}(\text{кон.}) = m_{\text{пл}}(\text{исх.}) + m_{\text{осаж}} - m_{\text{раст}}.$$

Поскольку $m_{\text{осаж}} - m_{\text{раст}} = \Delta m_{\text{пл}}$, записываем

$$m_{\text{пл}}(\text{кон.}) = m_{\text{пл}}(\text{исх.}) + \Delta m_{\text{пл}}. \quad (24.2)$$

Процессы, происходящие в системе пластинка — раствор соли, наглядно можно изобразить следующим образом:



В результате протекания реакции (24.1) масса пластинки может как возрастать, так и уменьшаться. Обозначив количество вступившего в реакцию Me' как ν , для $\Delta m_{\text{пл}}$ получаем:

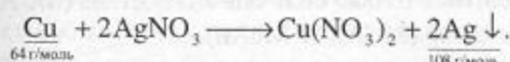
$$\Delta m_{\text{пл}} = m(\text{Me})_{\text{осаж}} - m(\text{Me}')_{\text{раст}} = \nu \cdot M(\text{Me}) - \nu \cdot M(\text{Me}');$$

$$\Delta m_{\text{пл}} = \nu[M(\text{Me}) - M(\text{Me}')].$$

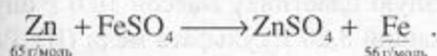
Если на пластинке осаждается металл более тяжелый, чем металл пластинки [$M(\text{Me}) > M(\text{Me}')$], то $\Delta m_{\text{пл}} > 0$, т.е. конечная масса пластинки больше исходной.

Для случая $M(\text{Me}) < M(\text{Me}')$ значение $\Delta m_{\text{пл}} < 0$, т.е. конечная масса пластинки меньше исходной.

Примеры реакций для первого случая:



Примеры реакций для второго случая:



Следует хорошо запомнить: в результате процесса (24.1) масса раствора изменяется, т.е. $m_p(\text{кон.}) \neq m_p(\text{нач.})$.

Определить массу конечного раствора можно двумя независимыми способами:

1) очевидно, масса раствора возрастает за счет массы растворившегося металла пластинки ($m_{\text{раст}}$) и уменьшается за счет осаждения на пластинке некоторой (или всей) массы металла соли ($m_{\text{осажд}}$):

$$\Delta m_p = m_{\text{раст}} - m_{\text{осажд}}.$$

Поскольку $m_{\text{раст}} - m_{\text{осажд}} = -(m_{\text{осажд}} - m_{\text{раст}}) = -\Delta m_{\text{пл}}$, находим:

$$\Delta m_p = -\Delta m_{\text{пл}};$$

$$m_p(\text{кон.}) = m_p(\text{исх.}) - \Delta m_{\text{пл}}. \quad (24.3)$$

Сравнивая выражения (24.2) и (24.3) приходим к выводу: изменения масс пластинки и раствора равны по величине, но противоположны по знаку.

Например, если масса пластинки возросла на 2 г, то масса конечного раствора будет на 2 г меньше исходного раствора;

2) массу конечного раствора можно определять суммированием масс всех веществ, находящихся в растворе после завершения реакции (24.1):

$$m_p(\text{кон.}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m_{\text{с}}(\text{Me}'\text{An})_{\text{образ}} + m_{\text{н}}(\text{MeAn})_{\text{изб}},$$

где $m_{\text{с}}(\text{Me}'\text{An})$ — масса образовавшейся соли $\text{Me}'\text{An}$; $m_{\text{н}}(\text{MeAn})$ — масса не вступившей (избыточной, не прореагировавшей) в реакцию соли MeAn .

Встречаются задачи, в которых вся соль MeAn вступила в реакцию ($m_{\text{н}}(\text{MeAn})_{\text{изб}} = 0$) или же она прореагировала частично ($m_{\text{н}}(\text{MeAn})_{\text{изб}} \neq 0$). В первом случае в конечном растворе будет находиться только соль одного состава ($\text{Me}'\text{An}$), во втором — обе соли ($\text{Me}'\text{An}$ и MeAn).

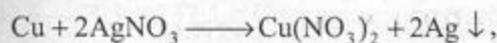
3

Изучите примеры решенных задач:

Пример 1. Железную пластинку массой 10,0 г опус-

жали в растворе нитрата серебра (I), после чего его масса составила 171,2 г. Найдите объем азотной кислоты ($w = 32\%$, $\rho = 1,2$ г/мл), израсходованный на растворение стержня после его выдерживания в растворе нитрата серебра. Значения A_r Cu и Ag используйте с точностью до десятых.

Решение. Составляем уравнение реакции и выписываем значения молярных масс:



где $M(\text{Cu}) = 63,5$ г/моль;

$M(\text{Ag}) = 107,9$ г/моль;

$M(\text{HNO}_3) = 63$ г/моль.

Решаем задачу в несколько этапов:

а) находим изменение массы пластинки:

$$\Delta m_{\text{пл}} = 171,2 - 140,8 = 30,4 \text{ г};$$

б) по этому значению изменения массы пластинки определим массы растворившейся меди и осажденного серебра. Расчеты будем проводить «по массам». Рассуждаем следующим образом: если в реакцию вступает 63,5 г меди (1 моль), то на пластинке выделяется $107,9 \cdot 2 = 215,8$ г (2 моль) серебра. Изменение массы пластинки при этом

$\Delta m_{\text{пл}} = 215,8 - 63,5 = 152,3$ г. Найдем, какие массы растворенной меди и осадченного серебра соответствуют $\Delta m_{\text{пл}} = 30,4$ г. Составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 152,3 \text{ г} \text{ ————— } 63,5 \text{ г Cu,} \\ 30,4 \text{ г} \text{ ————— } x \text{ г.} \end{array}$$

Отсюда $x = 12,67$ г.

Итак, растворилось 12,67 г меди. Масса оставшейся на стержне меди стала равной $140,8 - 12,67 = 128,1$ г.

Найдем массу серебра, осадченного на пластинке. Составляем пропорцию:

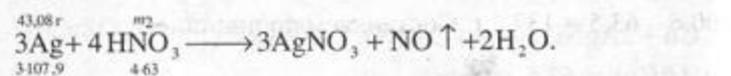
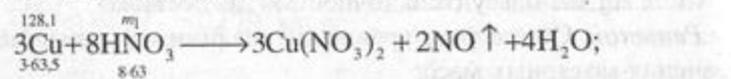
$$\begin{array}{l} 152,3 \text{ г} \text{ ————— } 215,8 \text{ г Ag,} \\ 30,4 \text{ г} \text{ ————— } y \text{ г.} \end{array}$$

Отсюда

$$y = 43,08 \text{ г.}$$

Итак, конечный состав стержня: 128,1 г меди и 43,08 г серебра.

Определяем искомый объем азотной кислоты, учитывая, что азотная кислота с $w = 32\%$ является разбавленной. Эту часть задачи также решаем «по массам»:



Получаем:

$$m_1(\text{HNO}_3) = \frac{128,1 \cdot 8 \cdot 63}{3 \cdot 63,5} = 338,9 \text{ г;}$$

$$m_2(\text{HNO}_3) = \frac{4 \cdot 63 \cdot 43,08}{3 \cdot 107,9} = 33,5 \text{ г.}$$

Суммарная масса кислоты равна $338,9 + 33,5 = 372,4$ г.

Зная массовую долю и плотность раствора, находим искомый объем раствора азотной кислоты:

$$V = \frac{m_v}{\rho} = \frac{m_n}{w \cdot \rho} = \frac{372,4}{0,32 \cdot 1,2} = 969,8 \text{ мл.}$$

Ответ: 969,8 мл.

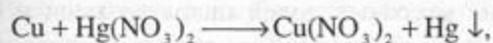
В следующей задаче требуется определить массовые доли в растворе после реакции.

Пример 3.

Медная пластинка была на некоторое вре-

мя погружена в 200 г раствора $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ($w = 20\%$), при этом ее масса изменилась на 6,85 г. Найдите массу выделившейся на пластинке ртути и массовые доли электролитов в растворе после реакции, используя значения A_r элементов с точностью до десятых.

Решение. Записываем уравнение реакции и выписываем значения молярных масс необходимых веществ:



где $M(\text{Cu}) = 63,5$ г/моль;

$M(\text{Hg}) = 200,6$ г/моль;

$M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 187,5$ г/моль;

$M(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 324,6$ г/моль.

Исходная масса нитрата ртути в растворе равна $200 \cdot 0,2 = 40$ г. Найдем массу осажденной ртути, учитывая, что если осаждается 200,6 г ртути (1 моль), то растворяется 63,5 г меди (1 моль): изменение массы пластинки при этом равно: $200,6 - 63,5 = 137,1$ г. Составляем пропорцию:

137,1 г — 200,68 г Hg,

6,85 г — x г.

Отсюда масса осажденной ртути (x) равна 10,02 г.

Отвечаем на вопрос второй части задачи. Из условия следует, что реакция не прошла до конца; следовательно, раствор содержит избыточный нитрат ртути (II) и полученный нитрат меди (II). По массе полученной ртути (10,02 г) можно легко найти массы обоих веществ. Расчет ведем «по массам».

Составляем пропорцию:

200,6 г Hg — 187,5 г $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$,

10,02 г — y г.

Получаем

$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = y = 9,37$ г.

Находим массу вступившего в реакцию нитрата ртути:

200,6 г — 324,6 г,

10,02 г — z г.

Отсюда

$z = 16,2$ г.

Учитывая, что первоначально в растворе содержалось 40 г нитрата ртути, находим, что после реакции масса этой соли составила $40 - 16,2 = 23,8$ г.

Для определения массовых долей нитратов меди и серебра надо знать массу раствора. Как уже отмечалось, изменения масс раствора и пластинки равны по величине, но противоположны по знаку. Получаем:

$m_p(\text{кон.}) = m_p(\text{нач.}) - \Delta m_{\text{пл}} = 200 - 6,85 = 193,15$ г;

$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 9,37/193,15 = 0,0485$ (4,85%);

$w(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2) = 23,8/193,15 = 0,123$ (12,3%).

Ответ: 4,85% $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; 12,3% $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$.

Рассмотрите пример решения задачи, в которой масса пластинки уменьшается.

Пример 4. В раствор, содержащий 4 г сульфата меди,

погрузили кадмиевую пластинку. После полного вытеснения меди масса пластинки уменьшилась на 3%. Определите массу погруженной в раствор (т.е. исходную) пластинки. При расчетах используйте значения A_r с точностью до десятых.

Решение. Записываем уравнение реакции:



Пусть начальная масса пластинки равна x г. Тогда изменение массы пластинки составляет:

$$\Delta m_{\text{пл}} = 0,03 \cdot x.$$

Согласно условию, сульфат меди прореагировал полностью, т.е.

$$n(\text{CuSO}_4)_{\text{прор}} = \frac{4}{159,5} = 0,0251 \text{ моль}.$$

Такое же количество Cd растворилось, а Cu осадилось на пластинке. Следовательно,

$$\begin{aligned} \Delta m_{\text{пл}} &= 63,5 \cdot 0,0251 - 112,4 \cdot 0,0251 = \\ &= 1,594 - 2,821 = -1,227 \text{ г}. \end{aligned}$$

По условию это изменение массы составляет 3% от первоначальной массы пластинки, равной x г (см. выше):

$$\Delta m_{\text{пл}} = 0,03 \cdot x;$$

$$1,227 = 0,03 \cdot x;$$

$$x = 40,9 \text{ г}.$$

Ответ: 40,9 г.

4

Решите следующие задачи самостоятельно:

1. В раствор сульфата меди (II) опустили железную пластинку массой 40 г. Через некоторое время масса пластинки возросла на 5%. Определите массу выделенной меди и количество вещества полученного сульфата железа (II).
2. В раствор хлорида олова (II) массой 131,79 г опустили алюминиевую пластинку. Через некоторое время масса пластинки изменилась на 9,09 г. Найдите массовую долю хлорида алюминия в растворе после реакции.
3. Железная пластинка массой 20 г помещена в 80 г раствора с массовой долей AgNO_3 , равной 12%. Через некоторое время массовая доля нитрата серебра составила 8%. Определите массу железной пластинки к этому моменту.
4. Смешали раствор, содержащий 5,00 г смеси хлоридов натрия и калия, с раствором, содержащим 27,2 г нитрата серебра (I). Осадок отделили, а в раствор ввели медную проволоку, в результате чего 2,54 г меди перешло в раствор. Найдите массы хлоридов в исходной смеси.
5. После выдерживания в растворе AgNO_3 медного стержня его первоначальная масса, равная 38,4 г, возросла на 15,2 г. Какой объем раствора с $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 93\%$ ($\rho = 1,81$ г/мл) необходим для полного растворения стержня после реакции?
6. Медный стержень массой 70,4 г выдержали в растворе AgNO_3 , и его масса стала равной 85,6 г. Затем стержень вынули из раствора нитрата серебра и полностью растворили в 400 мл раствора с $w(\text{HNO}_3) = 64\%$ ($\rho = 1,4$ г/мл). Какова стала массовая доля кислоты в растворе после растворения стержня?
7. В растворе массой 50 г с $w(\text{HCl}) = 12\%$ некоторое время выдерживали пластинку массой 4 г, изготовленную из металла, который с соляной кислотой образует соль MeCl_2 . При этом масса пластинки уменьшилась на 42% и выделилось 672 мл (н.у.) газа. Определите: а) металл, из которого изготовлена пластинка; б) массовую долю хлороводорода после реакции; в) массу осадка, который образуется при добавлении к конечному раствору избытка карбоната натрия.
8. Медную проволоку массой 40 г опустили в 20%-ный раствор AgNO_3 массой 500 г до выравнивания массовых долей солей. Определите массу проволоки после реакции и количество вещества солей в растворе.
9. В раствор, содержащий нитраты калия, серебра (I) и меди (II), массой 250 г поместили 1,0 г железных опилок. Какие металлы и какой массы выделятся из раствора, если исходные массовые доли солей равны соответственно 0,5%; 1,2; 0,94%?

5

Проверьте правильность решения задач сверив с ответами:

1. 16,0 г Cu; 0,25 моль FeSO₄.
2. 6,52%.
3. 21,6 г.
4. 3,51 г NaCl и 1,49 г KCl.
5. 70 мл.
6. 14,9%.
7. а) Fe; б) 7,36%; в) 3,48 г.
8. 68,9 г; 0,19 моль Cu(NO₃)₂; 0,208 моль AgNO₃.
9. 1,9 г Ag; 0,58 г Cu.

Спасибо за работу!