

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР, 15 марта 2026 года, IX-ый КЛАСС

ВСЕГО: 40 баллов

Примечание: все ответы заносятся в рабочие листы

Время работы: 180 минут

Правила безопасности в химической лаборатории

Для предотвращения несчастных случаев в химической лаборатории необходимо знать и соблюдать ряд правил охраны труда, которые кратко изложены ниже:

- ✓ обязательно ношение защитных очков и халата;
- ✓ лабораторные эксперименты проводятся с небольшими количествами веществ и с большой осторожностью, следуя инструкциям по проведению соответствующей работы;
- ✓ работайте осторожно, избегая попадания веществ на кожу или в глаза;
- ✓ перед использованием реагентов внимательно прочитайте этикетку;
- ✓ по окончании эксперимента посуду моют, ополаскивают дистиллированной водой, а рабочий стол приводят в порядок;
- ✓ о любом несчастном случае в химической лаборатории необходимо немедленно сообщить преподавателю.

В ходе практического тура вам предстоит выполнить две экспериментальные задачи: первая задача – определить неизвестный металл X; вторая задача – определить массовую долю этого металла в его смеси с медью. В первой задаче используют пробы только с цифровым кодом; во второй задаче – с буквой А и цифровым кодом.

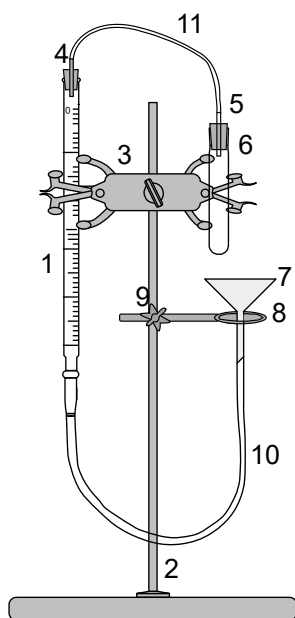
Оборудование: газометрическая установка; барометр; термометр; химические пробирки; мерная пробирка; пластиковые пипетки Пастера; химический стакан для остатков кислоты.

Реактивы: 3 навески неизвестного металла X; 3 навески смеси неизвестного металла X с медью; разбавленный раствор серной кислоты.

Метод основан на измерении объема водорода, который выделяется при взаимодействии кислоты, взятой в избытке, с навеской металла (расположенного в ряде напряжений металлов до водорода) и навески смеси состоящей из двух металлов.

Давление и температура воздуха в помещении будут записаны на доске (температура в градусах Цельсия, давление – в мм рт. ст.). Считайте их постоянными в течении всего эксперимента.

Газометрическая установка



Объем выделившегося водорода определяют с помощью волюмометрической установки (см. рисунок) по разности уровней воды до и после эксперимента в бюретке (1), закрепленной на металлическом штативе (2). В верхнем конце бюретка соединена с помощью резиновых пробок (4, 5) с пробиркой (6), в которой проводится изучаемая химическая реакция. Нижний конец бюретки, соединенный резиновой трубкой (10) с конической воронкой (7), открыт в атмосферу. Давление газа в закрытой бюретке равно атмосферному давлению, если вода в бюретке и в воронке находится на одном уровне.

Результаты всех измерений обязаны быть записаны в специально отведенные для этого таблицы (1 и 2) на листах ответов. Если какие-то результаты вы посчитаете промахами, вы сможете их не учитывать в дальнейших расчетах. Это не приведет к выставлению штрафных баллов.

В случае поломки установки, другая установка выдаваться не будет. Вам дается достаточное количество раствора серной кислоты для проведения максимально возможных шести экспериментов. Если у вас случайно разлилась серная кислота, и оставшегося объема не достаточно для проведения дальнейших измерений, лаборанты приготовят новый раствор, но, это займет некоторое время, которое никак не будет компенсироваться.

В случае обнаружения негерметичности установки в области соединения шлангов с бюреткой или воронкой, обратитесь к лаборанту. Соединения бюретки со шлангом в верхней и нижней частях, а также соединения шланга с воронкой не нужно разбирать. Они остаются на своих местах после завершения работы и их не нужно мыть. Промыть нужно будет только использованные пробирки.

В случае нарушения герметичности пластиковых пипеток Пастера, обратитесь к лаборанту, который выдаст замену.

Эксплуатация газометрической установки

Общая последовательность действий, необходимая для определения объема выделяющегося в ходе реакции газа:

1. Перед началом работы, посмотрите на шкалу бюретки. Определите цену деления.
2. Перед началом эксперимента, установку следует проверить на герметичность: поднимают воронку вверх и следят за уровнем воды в бюретке. Если уровень в последней непрерывно повышается, то это означает, что прибор негерметичен и следует проверить все резиновые соединения. Если же прибор герметичен, то повышение уровня воды в бюретке произойдет незначительно только в первый момент, а потом он будет оставаться неизменным.
3. Слегка ослабьте крепление кольца в муфте, соединяющей ее со штативом.
4. Держа одной рукой воронку, вытяните кольцо (8) из муфты (9) и опустите кольцо на стол/основание штатива.
5. Приблизьте воронку к бюретке и, опуская или поднимая воронку, выровняйте уровень воды в бюретке и воронке.
6. Отметьте показания бюретки ($V_{\text{нач.}}$ (мл)).
7. Поднимите воронку, вставьте ее в кольцо, установите кольцо обратно в муфту и зафиксируйте на штативе.
8. Выберите пробу для исследования. В той же строке, куда было вписано значение „ $V_{\text{нач.}}$, мл,, перепишите код пробы с этикетки, например „18” (задача 1) или „A85”(задача 2). Также запишите в таблицу массу пробы (которая также указана на этикетке).
9. Отсоедините пробку (5) от пробирки (6) выкручивающим движением.
10. Налейте в мерную пробирку приблизительно 5 мл раствора H_2SO_4 . В случае перелива, излишки можно слить в стакан для „отходов кислоты”.
11. Разверните бумажку с этикеткой. Внутри вы обнаружите маленький свернутый листочек с пробой металла/смеси металлов. **Не разворачивайте его!**
12. Вытащите пробирку из пластикового держателя на штативе с бюреткой и перенесите в нее с помощью пипетки измеренный объем серной кислоты из мерной пробирки таким образом, чтобы серная кислота не попадала на верхние стенки пробирки.
13. Наклоните пробирку с серной кислотой и держите ее под углом не допуская смачивания стенок пробирки как минимум на расстоянии 4 см от ее горлышка.
14. Аккуратно поместите в горлышко свернутую бумажку с металлом/смесью металлов. С помощью стеклянной палочки протолкните ее на глубину около 1 - 2 см от горлышка пробирки. Не меняя угол наклона пробирки и не допуская смачивания бумажки раствором серной кислоты, поднимите пробирку и плотно вставьте/вкрутите в нее пробку, чтобы обеспечить герметичность соединения.
15. Поднимите другой рукой воронку и убедитесь, что уровень жидкости в бюретке и воронке не выравнивается.
16. Придайте пробирке вертикальное положение, убедитесь, что бумажка с пробой упала в раствор серной кислоты.
17. Начнется реакция, будет видно выделение газа. Когда выделение газа замедлится, слегка перемешайте/взболтайте содержимое пробирки, не нарушая герметичности системы, чтобы смыть со стенок возможно не прореагировавшие кусочки металла, которые могло раскидать по стенкам выделяющимся водородом.
18. После окончания реакции подождите около 1 мин, чтобы дать газу в системе остыть до комнатной температуры.
19. Повторите пункты 3, 4, 5.

20. Отметьте показания бюретки ($V_{\text{кон}}$, мл).
21. Вытащите пробку из пробирки и слейте содержимое пробирки в стакан для „остатков кислоты”.
22. При необходимости провести новый опыт, возьмите новую сухую пробирку из штатива с пробирками, вкрутите в нее пробку, закрепите в держателе и повторите пункты 1 – 21.
23. После завершения всех измерений, использованные пробирки нужно будет помыть.

Задача 1.

- 1.1. Проведите как минимум одно измерение объема выделившегося газа в ходе взаимодействия пробы неизвестного металла X с серной кислотой и заполните первые четыре колонки таблицы 1 на листе ответов.

Примечание: рекомендуется провести три измерения с тремя выданными для данного задания пробами металла, что позволит точнее определить объем газа, исключить промахи и взять среднее значение для расчетов. Однако, если по каким-то причинам не хватает времени на проведение еще одного измерения, или какая-то/какие-то пробы были испорчены или в ходе какого-то эксперимента нарушилась герметичность установки, то сделать расчет можно будет и исходя из одного полученного результата измерения.

- 1.2. Вычислите изменение объема. Результаты внесите в пятую колонку таблицы 1.

$$\Delta V = V_{\text{кон}} - V_{\text{нач}}$$

- 1.3. Найдите приведенное значение изменения объема, т.е. чему равнялось бы изменение объема, если бы масса пробы была равна 10 мг:

$$\Delta V_{\text{прив}} = \Delta V \cdot \frac{10 \text{ мг}}{m_{\text{проба}}}$$

- 1.4. В специальную ячейку таблицы 1 на листах ответов запишите значение $\Delta V_{\text{прив}}$, которое вы будете использовать для дальнейших расчетов. Это может быть средняя величина трех измерений. Может быть средняя величина двух измерений, если один из результатов вы считаете промахом или выполнили только два измерения, либо какое-то одно значение, которое вы считаете, что является верно определенным значением.
- 1.5. Используя „Принятое значение для дальнейшего расчета” рассчитайте возможные молярные массы металлов для случаев, когда металл проявляет в своих соединениях валентности I, II, и III. Внесите их в таблицу 1. Все расчеты покажите на листах ответов.
- 1.6. Сравнивая найденные значения молярных масс с данными из Периодической Таблицы, а также учитывая валентные возможности и реакционную способность, запишите в таблицу 1 на листах ответов исходя из ваших экспериментальных данных один вариант элемента X.
Comparând valorile maselor molare calculate cu datele din tabelul periodic și ținând cont de valență și reactivitate, notați în Tabelul 1 pe foile de răspuns, pe baza datelor experimentale, o variantă pentru metalul X.

Задача 2.

- 2.1. Проведите как минимум одно измерение изменения объема газа в ходе взаимодействия пробы смеси неизвестного металла X с медью с серной кислотой (пробы с буквой A и цифровым кодом на этикетке) и заполните первые четыре колонки таблицы 2 на листе ответов в соответствии с описанной выше последовательностью работы на газометрической установке.
- 2.2. Вычислите изменение объема. Результаты внесите в пятую колонку таблицы 2.

$$\Delta V = V_{\text{кон}} - V_{\text{нач}}$$

- 2.3. Найдите приведенное значение изменения объема, т.е. чему равнялось бы изменение объема, если бы масса пробы была ровно 10 мг:

$$\Delta V_{redusa} = \Delta V \cdot \frac{10 \text{ мг}}{m_{probei}}$$

- 2.4. В специальную ячейку таблицы 2 на листах ответов запишите значение $\Delta V_{прив}$, которое вы будете использовать для дальнейших расчетов.
- 2.5. Используя „Принятое значение для дальнейшего расчета” рассчитайте массовую долю металла X в смеси. Внесите полученное значение в таблицу 2 на листах ответов.

Примечание: если Вы не смогли определить элемент X в задаче 1, то делайте расчет для условного металла с валентностью IV и молярной массой 100 г/моль.

Обработка экспериментальных данных

1. Определите парциальное давление водорода в объеме $\Delta V_{прив}$ газа. Для этого вычтите из атмосферного давления значение давления насыщенного водяного пара при температуре в помещении. (используйте справочные значения из таблицы S).
- Determinați presiunea parțială a hidrogenului în volumul $\Delta V_{прив}$ de gaz (utilizați valorile de referință din tabelul S).

$$p_{H_2} = p_{атм} - p_{H_2O}$$

Таблица S. Давление насыщенного водяного пара

$t, ^\circ C$	$p_{H_2O}, \text{ mm Hg}$	$t, ^\circ C$	$p_{H_2O}, \text{ mm Hg}$
15	12,79	20	17,54
16	13,64	21	18,66
17	14,54	22	19,84
18	15,48	23	21,08
19	16,48	24	22,39

2. Определите объем выделившегося водорода при нормальных условиях

$$\frac{p_{H_2} \cdot \Delta V_{прив}}{T} = \frac{p_0 \cdot V_{0,H_2}}{T_0}$$

p_0, T_0, V_{0,H_2} - давление, температура и приведенный объем водорода при нормальных условиях.

3. Вычислите количество вещества водорода.

Примечание: для вычисления количества вещества водорода можно использовать и уравнение Клапейрон-Менделеева.

Таблица 1. Результаты измерений для задания 1.

Код пробы	Масса пробы	Начальный объем	Конечный объем	Изменение объема	Приведенное изменение объема
	$m_{пр.}$, мг	$V_{нач}$, мл	$V_{кон}$, мл	ΔV , мл	$\Delta V_{прив.}$, мл
Принятое значение для дальнейшего расчета:					
Валентность металл			I	II	III
Рассчитанное значение молярной массы с одним знаком после запятой, г/моль					

Таблица 2. Результаты измерений для задания 2.

Код пробы	Масса пробы	Начальный объем	Конечный объем	Изменение объема	Приведенное изменение объема
	$m_{пр.}$, мг	$V_{нач}$, мл	$V_{кон}$, мл	ΔV , мл	$\Delta V_{прив.}$, мл
Принятое значение для дальнейшего расчета:					
Массовая доля элемента X в смеси, %					