

**Ключи, критерии оценивания заданий  
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
2024/2025 учебный год  
Экспериментальный тур**

**Химия  
11 класс**

***Продолжительность – 120 минут  
Максимальный балл – 30***

***Основные теоретические положения***

Адсорбцией называется изменение концентрации вещества на границе раздела фаз по сравнению с его концентрацией в объеме фазы.

Причиной адсорбции является ненасыщенность силового поля частиц твердого тела или жидкости вблизи границы раздела фаз.

Адсорбция протекает на границах раздела фаз твердое тело – газ, твердое тело – жидкость (раствор), жидкость (раствор) – газ.

Твердое тело, которое адсорбирует, называется **адсорбентом**. Вещество, которое адсорбируется, называется **адсорбтивом**.

Количественной характеристикой адсорбции является удельная адсорбция **A**, определяемая как количество адсорбтива, адсорбируемое единицей площади поверхности адсорбента (или единицей массы адсорбента):

$$A = \nu / S, \text{ моль/м}^2 \text{ или } A = \nu / m, \text{ моль/г, где}$$

$\nu$  – количество кислоты, моль;

$S$  – площадь поверхности адсорбента,  $\text{м}^2$ ;

$m$  – масса адсорбента.

Величина удельной адсорбции зависит от природы адсорбента и адсорбтива, от температуры и от равновесной концентрации адсорбтива.

Адсорбцию из газовых смесей и растворов широко используют как метод очистки отходящих газов и сточных вод от токсичных примесей. Адсорбционные явления лежат в основе процессов крашения, стирки, хроматографии, гетерогенного катализа. Использование различных

адсорбентов при производстве пищевых продуктов позволяет осветлять растительные масла, вина, пиво; отбеливать сахарный сок. В медицине используют энтеросорбенты при лечении желудочных заболеваний и выведения токсинов из организма при отравлениях.

## Задание

Пользуясь предложенной методикой, реактивами и оборудованием, определите:

- удельную адсорбцию уксусной кислоты на активированном угле;
- удельную адсорбцию уксусной кислоты на биоактивированном угле (сочетание активированного угля с микрокристаллической целлюлозой);
- сравните полученные значения удельной адсорбции и сделайте выводы.

Напишите уравнение реакции, протекающей при титровании. Результаты титрования в первом и втором опытах оформите в виде таблицы.

**Реактивы:** 0,1М раствор уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; 0,1М раствор гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ ; фенолфталеин; 2 образца активированного угля, растертого в ступке.

**Оборудование** на 1 рабочее место: 4 конических колбы на 250 мл (или стаканы такой же ёмкости); 2 стеклянных воронки диаметром 100 мм; 2 бумажных фильтра «синяя лента» диаметром 125 мм; 3 конические колбы для титрования на 100 мл; бюретки на 25 см<sup>3</sup>; пипетки Мора на 10 см<sup>3</sup> для уксусной кислоты и гидроксида натрия; воронки для заполнения бюреток; стаканчики для слива; лабораторный штатив; 2 бюкса (или 2 других ёмкости для взятия навесок).

В лаборатории должны быть технические весы с точностью до 0,01г.

**30 баллов**

## Выполнение эксперимента

### 1. Взятие навесок угля

В вашем распоряжении имеются два вида энтеросорбентов: активированный уголь (АУ) и биоактивированный уголь (БАУ). На технических весах с точностью до 0,01г взвешиваете ёмкость, в которой будете проводить адсорбцию, добавляете измельчённый АУ, вновь взвешиваете колбу. Масса АУ в ней должна быть 1,00г. Аналогично взвешиваете БАУ.

## **2. Адсорбция кислоты**

В колбы с образцами угля добавляют по 50 мл исходного раствора кислоты. Интенсивно взбалтывают растворы с углем и оставляют их на 30 мин. для установления адсорбционного равновесия, периодически (каждые 2-3 мин.) встряхивая колбы с растворами.

Затем содержимое колб отфильтровывают в 2 сухие колбы через фильтры. Из каждого фильтрата отбирают по три пробы для титрования и титруют их раствором щелочи для определения равновесной концентрации кислоты, установившейся в результате достижения адсорбционного равновесия. Результаты заносят в таблицу «Результаты титрования после адсорбции».

## **3. Определение концентрации кислоты методом кислотно-основного титрования**

Заполняют бюретку раствором щёлочи. В коническую колбу на 100 мл вносят 10 мл кислоты с помощью пипетки Мора. Добавляют 2 капли раствора фенолфталеина. Титруют раствор кислоты раствором щёлочи до появления бледно-розовой окраски индикатора.

Титрование повторяют несколько раз, берут среднее значение объёма щёлочи и рассчитывают по уравнению реакции концентрацию кислоты в анализируемом растворе.

Таблица – Результаты титрования кислоты после адсорбции

№ П/П	Концентрация щелочи, моль/л	Объем пробы, мл	Объем щелочи, пошедший на титрование, мл	Средний объем щелочи, мл	Точная концентрация кислоты, моль/л
АУ					
1					
2					
3					
БАУ					
1					
2					
3					

#### **4. Расчет удельной адсорбции**

Зная концентрацию исходной кислоты и объём раствора, из которого адсорбируют кислоту, можно рассчитать количество кислоты в колбе до адсорбции. Аналогично можно рассчитать количество кислоты, оставшееся в растворе после адсорбции. Разность количеств кислоты адсорбирована энтеросорбентом. Если количество адсорбированной кислоты поделить на массу угля, можно рассчитать величину удельной адсорбции в моль/г. Полученные для двух энтеросорбентов значения удельной адсорбции необходимо сравнить и сделать выводы.

##### ***Система оценивания:***

- уравнение реакции в молекулярной и ионно-молекулярной форме (2б.)
- сходимость результатов титрования ( $\Delta V \leq 0,1\text{мл}$ ) (12б.)  
( $\Delta V \leq 0,2\text{мл} - 11\text{б.}; \Delta V \leq 0,3\text{мл} - 10\text{б.}; \Delta V \leq 0,4\text{мл} - 9\text{б.}; \Delta V \leq 0,5\text{мл} - 8\text{б.};$   
 $\Delta V > 0,5\text{мл} - 0\text{б.}$ )
- расчет концентраций кислоты после адсорбции на АУ и БАУ (5б.)
- расчет удельной адсорбции кислоты на АУ и БАУ (8б.)
- вывод (2б.)
- обращение с реактивами и посудой, правильный отбор жидкостей, аккуратность проведения эксперимента и чистота рабочего места (1б.).

**30 баллов**