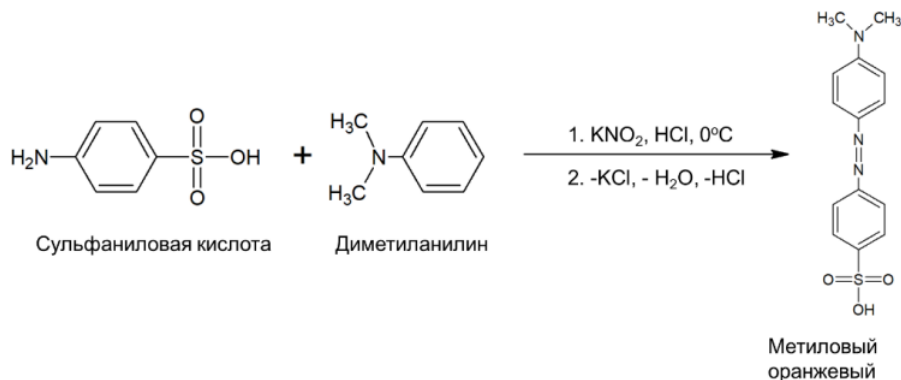


### Задача № 6.

В современном химическом анализе большую роль играют инструментальные методы качественного и количественного анализа. Для определения веществ широко используется метод спектрофотометрии. Спектрофотометрия – это экспериментальный физико-химический метод, который позволяет измерить концентрацию растворенного вещества в пробе. Метод основан на измерении оптической плотности исследуемого раствора и раствора сравнения с заранее известной концентрацией целевого вещества. Для оценки результатов строится калибровочная кривая по нескольким растворам сравнения.

Перед юным химиком поставили следующую задачу: используя справочные данные и условия проведения опытов, рассчитать выход реакции получения метилового оранжевого в трех опытах.

Схема получения метилового оранжевого:



Сулфаниловая кислота –  $\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H}$   
N,N-диметиланилин –  $(\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5$

Таблица 1. Исходные данные для проведения синтеза метилового оранжевого:

№ опыта	$C(\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H})$ , моль/л	V раствора $(\text{NH}_2\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3\text{H})$ , мл	$C((\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5)$ , моль/л	V раствора $((\text{CH}_3)_2\text{N-C}_6\text{H}_5)$ , мл	Разбавление, раз	Оптическая плотность
1	0,3	25	0,6	2	5000	0,05712
2	0,02	12	0,01	50	120	0,38080
3	0,005	7	0,004	20	10	0,54880

При подготовке пробы к анализу полученный объем реакционной смеси после каждого опыта доводился водой до 100 мл. Из этого раствора отбиралась аликвота, которая затем разбавлялась водой (см. Табл. 1).

Таблица 2. Данные для расчетов из калибровочной кривой

Оптическая плотность	Концентрация метилового оранжевого Объем пробы 1 мл
1,12000	$4 \cdot 10^{-5}$ М
0,22400	$8 \cdot 10^{-6}$ М
0,28000	$1 \cdot 10^{-5}$ М

### Справочная информация

Основным законом, на котором основан количественный спектрофотометрический анализ, является закон Бугера-Ламберта-Бера, который устанавливает связь интенсивности поглощения и концентрации вещества в растворе.

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l.$$

Где:  $A$  – оптическая плотность;

$\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения, л/моль\*см;

$l$  – длина оптического пути, см;

$c$  – концентрация вещества в растворе, моль/л.

Примечание: в задаче оптический путь равен 1 см.

1) Определите выход метилового оранжевого в каждом опыте (калибровочную кривую строить не требуется).

2) Рассчитайте молярный коэффициент поглощения.

3) Укажите, для каких целей используется метиловый оранжевый в химическом эксперименте.

4) Приведите три примера веществ, которые используются для тех же целей, что и метиловый оранжевый.

**Решение:**

1-2) Для начала посмотрим на приведенную химическую реакцию, из которой видно, что сульфаниловая кислоты и диметиланилин реагируют 1:1.

Далее следует, исходя из таблицы проведенных синтезов, рассчитать количество реагентов в каждом опыте:

№ Опыта	n(Сульфаниловой кислоты), моль	n(Диметиланилин), моль
1	$25 \cdot 0,3 / 1000 = 7,5 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-3}$
2	$2,40 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$
3	$3,50 \cdot 10^{-5}$	$8,00 \cdot 10^{-5}$

Так как реакции следует рассчитывать по недостатку то далее рассматриваем наименьшие количества вещества из пары.

№ Опыта	n(Полученное в реакции), моль	C(Метилового оранжевого) в 100 мл
1	$1,20 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-2}$
2	$2,40 \cdot 10^{-4}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$
3	$3,50 \cdot 10^{-5}$	$3,50 \cdot 10^{-4}$

Теперь следует учесть разбавление:

Полученные концентрации после разбавления

№ Опыта	n(После разбавления), моль
1	$2,4 \cdot 10^{-6}$
2	$2,0 \cdot 10^{-5}$
3	$3,5 \cdot 10^{-5}$

Далее оценим, какое значение интенсивности поглощения должны были бы быть, если бы выход был 100%. Посчитать молярный коэффициент поглощения для метилового оранжевого можно, исходя из закона Бугера-Ламберта-Бера:

$$\epsilon = \frac{A}{c \cdot l}$$

Следовательно,  $\epsilon = 2,8 \cdot 10^4$  л/моль\*см.

Далее рассчитываем оптическую плотность при 100% выходе

№ Опыта	Оптическая плотность
1	0,06720
2	0,56000
3	0,98000

Следовательно, выход по каждому опыту численно равен отношению оптических плотностей для каждого опыта относительно теоретического:

№ Опыта	Выход
1	85%
2	68%
3	56%

3) Широкое применение метилового оранжевого обусловлено его индикаторными свойствами. Также возможностью необратимого окисления в методах потенциометрического титрования.

4) Примеры веществ: Лакмус, Тимоловый синий, Фенолфталеин, Ализариновый желтый и т.д.

Критерии:

Количества веществ в изначальных растворах – **3 балла**;

Количества веществ после разбавления – **3 балла**;

Молярный коэффициент поглощения – **3 балла**;

Оптическая плотность для каждого из растворов – **3 балла**;

Выход по каждому из опытов – **3 балла**;

Применение метилового оранжевого – **2 балла**;

Примеры веществ – **3 балла** (по баллу за пример).

**Всего: 20 баллов.**