

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.

# **Республиканская олимпиада по химии 2021**

**Заключительный этап**

**Решения практического тура**

**11 класс**

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.**

## **Задание №1**

<b>Пункт</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>	<b>Всего</b>	<b>Вес</b>
<b>Макс.</b>	4	4	20	6	34	

В пронумерованных пробирках находятся неорганические соли, основания и кислоты. С помощью данного сайта вы можете узнать результаты экспериментов, которые вы могли бы проводить для расшифровки веществ.

Считайте, что любая реакция протекает так: к веществу, выбранному вами как “1”, прибавляется вещество “2” и сообщаются наблюдения при добавлении равных объемов веществ. Если отмечена галочка «избыток вещества “2”», второе вещество добавляется в значительном избытке.

Цвет растворов отражен на кнопках, соответствующих вашим пробиркам. Белые кнопки соответствуют прозрачным растворам.

В качестве катионов в растворе могут присутствовать ионы водорода, аммония, калия, натрия, кальция, магния, бария, свинца, цинка, марганца, железа (II), железа (III), хрома (III) и алюминия. В качестве анионов могут присутствовать – сульфат-, хлорид-, гидрофосфат-, дихромат-, карбонат-, гидроксид-, нитрат- ионы.





**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.**

$MnSO_4$	$PbSO_4 \downarrow \text{б}$	$Mn_3(PO_4)_2 \downarrow \text{б}$	-	-	$BaSO_4 \downarrow \text{б}$ $Mn(OH)_2 \downarrow \text{б}$ $\downarrow \text{бур}$ $MnO(OH)_2$	$MnCO_3 \downarrow \text{б}$	-	-	$BaSO_4 \downarrow \text{б}$		5↓
----------	------------------------------	------------------------------------	---	---	--	------------------------------	---	---	------------------------------	--	----

3. **Запишите** формулы соединений, находящихся в каждой пробирке

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.**

Вариант №1	Вещество
Пробирка №1	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №2	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №3	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №5	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №6	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №7	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №8	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №9	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №10	MnSO <sub>4</sub>

Вариант №2	Вещество
Пробирка №1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №2	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №3	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №4	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №5	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №6	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №7	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №8	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №9	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №10	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

Вариант №3	Вещество
Пробирка №1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №2	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №3	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №4	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №5	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №6	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №7	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №8	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №9	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №10	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

Вариант №4	Вещество
Пробирка №1	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №2	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №3	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №4	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №5	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №7	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №8	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №9	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №10	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>

Вариант №5	Вещество
Пробирка №1	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №2	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №3	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №4	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №5	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №6	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №7	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №8	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №9	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №10	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

Вариант №6	Вещество
Пробирка №1	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №2	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №3	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №4	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №5	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №6	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №7	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №8	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №9	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №10	FeSO <sub>4</sub>

Вариант №7	Вещество
Пробирка №1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №2	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №3	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №4	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №5	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №6	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №7	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №8	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №9	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №10	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

Вариант №8	Вещество
Пробирка №1	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №2	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №3	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №4	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №5	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №6	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №7	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №9	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №10	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>

Вариант №9	Вещество
Пробирка №1	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №2	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №3	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №4	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №6	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №7	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №8	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №9	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №10	BaCl <sub>2</sub>

Вариант №10	Вещество
Пробирка №1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №2	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №3	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №5	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №6	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №7	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №8	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №9	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №10	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>

Вариант №11	Вещество
Пробирка №1	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №3	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №4	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №5	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №7	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №8	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №9	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №10	Ba(OH) <sub>2</sub>

Вариант №12	Вещество
Пробирка №1	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №2	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №4	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №5	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №7	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №8	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №9	MnSO <sub>4</sub>
Пробирка №10	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>

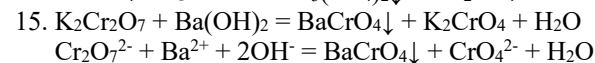
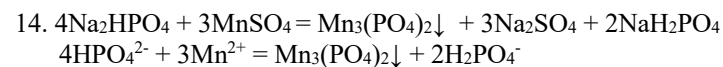
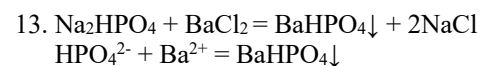
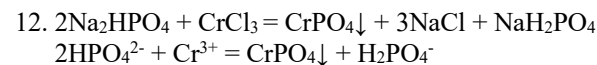
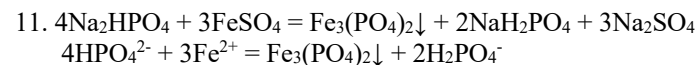
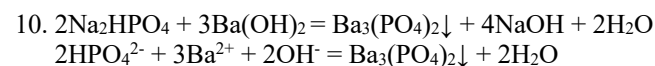
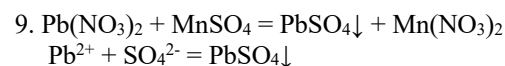
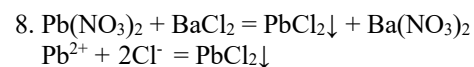
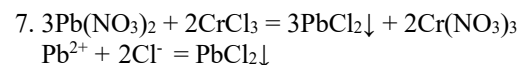
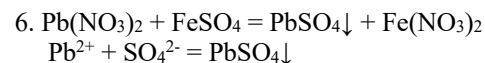
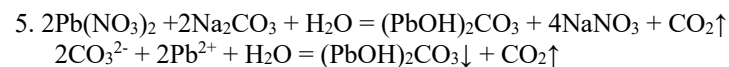
**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.**

Вариант №13	Вещество	Вариант №14	Вещество	Вариант №15	Вещество	Вариант №16	Вещество	Вариант №17	Вещество
Пробирка №1	Ba(OH) <sub>2</sub>	Пробирка №1	MnSO <sub>4</sub>	Пробирка №1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Пробирка №1	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Пробирка №1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Пробирка №2	MnSO <sub>4</sub>	Пробирка №2	FeSO <sub>4</sub>	Пробирка №2	MnSO <sub>4</sub>	Пробирка №2	FeSO <sub>4</sub>	Пробирка №2	CrCl <sub>3</sub>
Пробирка №3	BaCl <sub>2</sub>	Пробирка №3	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Пробирка №3	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Пробирка №3	CrCl <sub>3</sub>	Пробирка №3	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Пробирка №4	FeSO <sub>4</sub>	Пробирка №4	Ba(OH) <sub>2</sub>	Пробирка №4	BaCl <sub>2</sub>	Пробирка №4	MnSO <sub>4</sub>	Пробирка №4	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Пробирка №5	CrCl <sub>3</sub>	Пробирка №5	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Пробирка №5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Пробирка №5	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Пробирка №5	BaCl <sub>2</sub>
Пробирка №6	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Пробирка №6	BaCl <sub>2</sub>	Пробирка №6	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Пробирка №6	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Пробирка №6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Пробирка №7	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Пробирка №7	CrCl <sub>3</sub>	Пробирка №7	CrCl <sub>3</sub>	Пробирка №7	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Пробирка №7	Ba(OH) <sub>2</sub>
Пробирка №8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Пробирка №8	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Пробирка №8	FeSO <sub>4</sub>	Пробирка №8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Пробирка №8	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Пробирка №9	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Пробирка №9	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Пробирка №9	Ba(OH) <sub>2</sub>	Пробирка №9	Ba(OH) <sub>2</sub>	Пробирка №9	FeSO <sub>4</sub>
Пробирка №10	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Пробирка №10	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Пробирка №10	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Пробирка №10	BaCl <sub>2</sub>	Пробирка №10	MnSO <sub>4</sub>

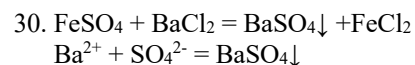
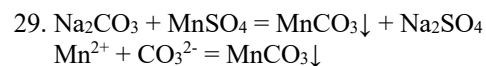
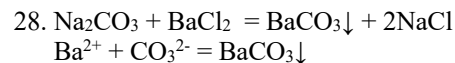
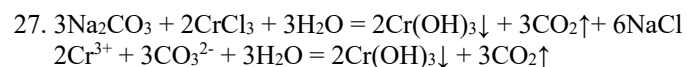
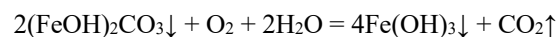
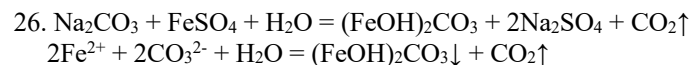
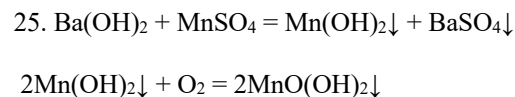
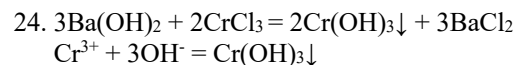
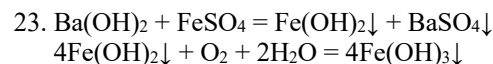
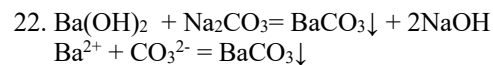
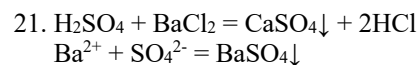
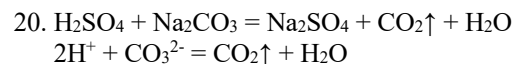
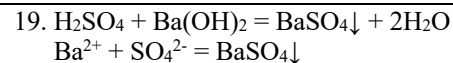
**4. Запишите уравнения всех возможных реакций, протекающих при смешении различных пробирок**

<p>1. <math>3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 = \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 6\text{NaNO}_3 + 2\text{NaH}_2\text{PO}_4</math>  <math>3\text{Pb}^{2+} + 4\text{HPO}_4^{2-} = \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-</math></p> <p>2. <math>2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{PbCrO}_4\downarrow + 2\text{KNO}_3 + 2\text{HNO}_3</math>  <math>2\text{Pb}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{PbCrO}_4\downarrow + 2\text{H}^+</math></p> <p>3. <math>\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4\downarrow + 2\text{HNO}_3</math>  <math>\text{Pb}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4\downarrow</math></p> <p>4. <math>\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2</math>  <math>\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Pb}(\text{OH})_2\downarrow</math></p>	<p>16. <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{KHCO}_3</math>  <math>2\text{CO}_3^{2-} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HCO}_3^- + 2\text{CrO}_4^{2-}</math></p> <p>17. <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}</math>  <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}</math>  <math>\text{Fe}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{3+}</math>  <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{Fe}^{3+}</math>  <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>18. <math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{BaCrO}_4\downarrow + 2\text{KCl} + 2\text{HCl}</math>  <math>\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{Ba}^{2+} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{BaCrO}_4\downarrow + 2\text{H}^+</math></p>
---	---

**Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.**

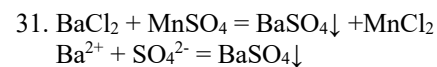


Реакции 31·0,19=66





Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.



## Задание №2. Выбор индикатора для кислотно-основного титрования.

Пункт	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	Всего	Вес
Макс.	1	1	1	5	1	4	13	

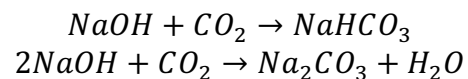
**! В задачах по аналитической химии необходимо строгое соблюдение значащих цифр в вычислениях. За несоблюдение значащих цифр предусмотрен штраф.**

Юный химик Владислав решил познакомиться поближе с кислотно-основным титрованием. Перед ним стояла задача – определить концентрацию некоторой слабой одноосновной кислоты в склянке с пометкой А. Для этого Владислав решил использовать 0.5М раствор сильного основания NaOH, который был приготовлен за неделю до проведения самого эксперимента.

1. Учитель Владислава сказал, что перед началом эксперимента необходимо установить новую концентрацию гидроксида натрия.

Объясните, почему значение в 0.5М может быть неверным. Дополните своё объяснение уравнением химической реакции. [1]

Так как NaOH находился в контакте с углекислым газом воздуха, имели место быть следующие реакции:



*1 балл*

*\* Балл дается за любую из реакций*

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.

Для стандартизации раствора гидроксида натрия Владислав взял 10.00 мл аликвоты NaOH, на титрование которой ушло 15.55 мл 0.25M стандартного раствора HCl.

2. Рассчитайте истинную концентрацию NaOH. [1]

$$C(\text{NaOH}) = \frac{C_1 * V_1 = C_2 * V_2}{10.00 \text{ мл}} = \frac{15.55 \text{ мл} * 0.25\text{M}}{10.00 \text{ мл}} = 0.39\text{M}$$

*1 балл*

*\* Балл выдается только в случае верного вычисления. Если ученик записывает ответ с неверным количеством значащих цифр, то вместо одного балла ставится 0.5 баллов*

На титрование 10.00мл аликвоты слабой кислоты А у Владислава ушло 7.85мл NaOH.

3. Определите концентрацию кислоты в склянке А. [1]

Так как кислота одноосновная, вычисления аналогичны таковым в пункте (2):

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$
$$C(\text{A}) = \frac{7.85 \text{ мл} * 0.39\text{M}}{10.00 \text{ мл}} = 0.31\text{M}$$

*1 балл*

*\* Балл выдается только в случае верного вычисления. Если ученик записывает ответ с неверным количеством значащих цифр, то вместо одного балла ставится 0.5 баллов*

*\* Если ученик верно использует неверное значение, полученное в пункте (2), то получает полный балл.*

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.

4. Рассчитайте следующие точки, если известно, что  $pK_a$  кислоты в склянке А равна 4.75, а титрование происходит сильным основанием:

а. рН в точке эквивалентности [2]

б. рН в момент, когда добавлена лишь половина от необходимого количества NaOH [3]

а) Для расчета рН в точке, когда оттитровано 50% кислоты, мы можем применить уравнение Гендерсона–Гассельбаха

$$pH = pK_a - \log\left(\frac{C_{\text{кисл}}}{C_{\text{соли}}}\right)$$

*\* Ученику необязательно знать уравнение Г-Г. Задачу можно решить только с учетом константы равновесия.*

В точке, когда половина кислоты оттитрована концентрации кислоты и образовавшейся соли равны. Следовательно,

$$pH = pK_a - \log(1) = pK_a \quad [1 \text{ балл}]$$

$$pH = 4.75 \quad [2 \text{ балл}]$$

б) Для того, чтобы рассчитать рН в точке эквивалентности, надо установить, что из себя представляет раствор в этот момент.

В точке эквивалентности уже нет протонов HAn (кислоты), но еще нет OH<sup>-</sup>. Таким образом, в ТЭ присутствует только натриевая соль слабой кислоты А – Nаn

$$An^- + H_2O \leftrightarrow HAn + OH^-$$
$$K_{\text{гидр}} = \frac{[HAn][OH^-]}{[An^-]} = \frac{K_{H_2O}}{K_{HA}}$$
$$K_{\text{гидр}} = 5.62 \cdot 10^{-10} \quad [1 \text{ балл}]$$

Согласно ионному уравнению на каждый гидроксид-ион приходится одна молекула кислоты.

Из-за того, что ионизация происходит слабо,  $[An^-] \approx C_{An^-}$

Отсюда (предварительно пересчитаем концентрацию кислоты из-за разбавления в результате добавления основания):

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.

$$\frac{[OH^-]^2}{0.174} = 5.62 \cdot 10^{-10}$$
$$[OH^-] = 9.88 \cdot 10^{-6} M$$
$$pOH = 5.00$$
$$pH = 9.00 \quad [1 \text{ балл}]$$

*\* Если ученик верно использует неверное значение, полученное в пункте (3), то получает полный балл.*

Владислав решил продемонстрировать эксперимент всему классу, но обнаружил, что индикатор, который он использовал до этого закончился. Ему необходимо подобрать другой.

5. Основываясь на своём ответе в пункте (4), выберите подходящий индикатор для титрования из приведенной ниже таблицы [1]

Название индикатора	pH	Изменение цвета
Тропеолин 00	1.4–3.2	Зеленый в фиолетовый
Бромфеноловый синий	3.0–4.6	Желтый в голубой
Метилоранж	3.0–4.4	Розовый в желтый
Метиловый красный	4.4–6.2	Красный в желтый
Бромтимоловый синий	6.0–7.6	Желтый в голубой
Фенолфталеин	8.2–10.0	Бесцветный в малиновый
Ализарин желтый R	10.1–12.1	Желтый в красный

Точка перехода фенолфталеина соответствует ТЭ. [1 балл]

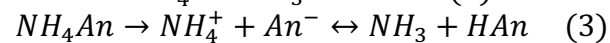
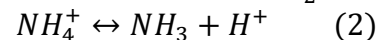
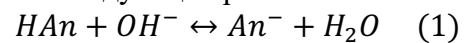
*\* Если ученик делает верное утверждение, используя неверное значение, полученное в пункте (4), то получает полный балл.*

В школе также находилась склянка с 0.010M раствором аммониевой соли кислоты А.

6. Определите pH в этой склянке, если дополнительно известно, что  $pK_a(NH_4^+) = 9.3$ . [4]

Заключительный этап республиканской олимпиады по химии 2021.  
Решения практического тура. 11 класс.

Здесь необходимо учитывать следующие равновесия:



Уравнение (3) получается из уравнений (1) и (2) следующим образом:

(3)=(2)-(1)

Таким образом,

$$K_3 = \frac{K_2}{K_1} = \frac{10^{-9.3}}{10^{-4.75}} = 10^{-4.55} \quad [1 \text{ балл}]$$

$$K_3 = \frac{[NH_3][HAn]}{[NH_4^+][An^-]} = \frac{[HAn]^2}{[An^-]^2} = 10^{-4.55}$$

$$\frac{[HAn]}{[An^-]} = 5.31 * 10^{-3} \quad [1 \text{ балл}]$$

Следовательно,

$$\frac{[HAn]}{[An^-][H^+]} = \frac{1}{10^{-4.75}} = \frac{5.31 * 10^{-3}}{[H^+]} \quad [1 \text{ балл}]$$

$$[H^+] = 9.4 * 10^{-8}$$

$$pH = 7.02 \quad [1 \text{ балл}]$$