

9 класс

РЕАКТИВЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

(на одного участника, если не указано иное)

Реактивы и оборудование приведены в расчете на одного участника, если не указано иное.

Реактивы: 0.5 М водные растворы H_2SO_4 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , MgSO_4 , ZnCl_2 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (по 5–10 мл каждого раствора); универсальная индикаторная бумага (2–3 полоски), дистиллированная вода (0.2 л).

Оборудование: пронумерованные пробирки с идентифицируемыми растворами (6 шт.), чистые пробирки (10 шт.), штатив на 6 пробирок (1 шт.), штатив на 10 пробирок (1 шт.), пипетка Пастера – 1 шт, стакан с дистиллированной водой для промывания пипетки – 1 шт.

Методические указания

Приготовление вариантов задачи

Для каждого варианта задачи в 6 пронумерованных пробирок вносят в произвольной последовательности водные растворы индивидуальных веществ: H_2SO_4 , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , MgSO_4 , ZnCl_2 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Последовательность веществ вносят в таблицу для проверяющих.

Пример таблицы для проверяющих

Номер варианта	Номер пробирки					
	1	2	3	4	5	6
I	H_2SO_4	$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Na_2CO_3	MgSO_4	ZnCl_2	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
II
III
IV
V
...

Помимо расчетного объема, готовят по 25–50 мл каждого из идентифицируемых растворов. В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива, долив реактива производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях — со штрафом 1 балл. Таким образом, если необходим долив n склянок, штраф составляет $(n-1)$ баллов, но не более 4 баллов.

Информирование участников перед началом экспериментального тура

Во вводной беседе перед началом экспериментального тура участникам дают краткий инструктаж по технике безопасности и информируют их о штрафных баллах, предусмотренных за ненадлежащую работу в практикуме.

10 класс

РЕАКТИВЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

(на одного участника, если не указано иное)

Реактивы и оборудование приведены в расчете на одного участника, если не указано иное.

Реактивы: 0.1000 М HCl (100 мл), 1 М NaOH (15 мл), 0.5 М Na₂CO₃ (15 мл), метиловый оранжевый, 0.1%-ный водный раствор (5 мл); фенолфталеин, 0.1%-ный раствор в 60%-ном этаноле (5 мл); дистиллированная вода (0.5 л).

Оборудование: промаркированные («1» и «2») мерные колбы объемом 100.0 мл (2 шт.) с резиновыми или тефлоновыми пробками (2 шт.), пипетка Мора объемом 10.00 мл (1 шт.), резиновая груша или пипетатор (1 шт.), капельница с дистиллированной водой (1 шт.), капельница с раствором индикатора (2 шт.), коническая колба для титрования объемом 100 мл (2 шт.), бюретка прямая с краном объемом 25 мл (1 шт.), стеклянная воронка для бюретки (1 шт.), штатив с «лапками» для двух бюреток (1 шт.).

Методические указания

Приготовление 0.1 М раствора HCl

17 мл концентрированного раствора HCl (коммерческий продукт) мерным цилиндром добавляют к 2 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Приготовление 1 М раствора NaOH

80 г NaOH и 10 г BaCl₂ растворяют в 2 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Бутыль, в которой находится раствор NaOH, необходимо закрыть хлоркальциевой трубкой с натронной известью. Приготовить раствор NaOH необходимо не позднее, чем за 1 неделю до момента проведения экспериментального тура. Приготовление раствора из фиксальной ампулы не допускается.

Приготовление 0.5 М раствора Na_2CO_3

Навеску предварительно прокаленного Na_2CO_3 массой 53 г растворяют в 1 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Приготовление 0.0500 М раствора Na_2CO_3 (для стандартизации HCl организаторами)

Навеску предварительно прокаленного Na_2CO_3 массой около 1.06 г в стеклянном стаканчике взвешивают на аналитических весах (с точностью до 0.0001 г), переносят ее через стеклянную воронку в мерную колбу объемом 200.0 мл и повторно взвешивают стеклянный стаканчик на аналитических весах. По разности находят массу навески Na_2CO_3 , которая попала в мерную колбу. Навеску растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, разбавляют раствор в мерной колбе до метки и тщательно перемешивают, многократно переворачивая колбу. Рассчитывают молярную концентрацию (М) раствора Na_2CO_3 с точностью до десятитысячных.

Стандартизация раствора HCl

Бюретку через воронку заполняют раствором HCl . Отбирают пипеткой Мора 10.00 мл 0.0500 М раствора карбоната натрия, переносят в коническую колбу для титрования емкостью 100 мл, добавляют 1 – 2 капли метилового оранжевого, 20 мл дистиллированной воды и титруют соляной кислотой до изменения окраски раствора из чисто-желтой в персиковую. По бюретке измеряют объем соляной кислоты, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета молярной концентрации (М) раствора HCl с точностью до десятитысячных. Точную молярную концентрацию раствора HCl размещают на этикетке и доводят до сведения участников.

Стандартизация растворов NaOH и Na_2CO_3

Бюретку через воронку заполняют раствором HCl . В одну мерную колбу объемом 100.0 мл вносят пипеткой Мора 10.00 мл 1 М раствора NaOH . В другую

мерную колбу объемом 100.0 мл вносят пипеткой Мора 10.00 мл 0.5 М раствора Na_2CO_3 . Оба раствора разбавляют до метки дистиллированной водой, закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая колбы.

В коническую колбу для титрования объемом 100 мл помещают пипеткой Мора 10.00 мл раствора NaOH или Na_2CO_3 , добавляют мерным цилиндром 20 мл дистиллированной воды, добавляют 2 – 3 капли метилового оранжевого и титруют раствором соляной кислоты HCl до изменения окраски раствора из чисто-желтой в персиковую. По бюретке измеряют объем соляной кислоты, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета точных концентраций исходных растворов NaOH и Na_2CO_3 .

Приготовление вариантов задачи

Готовят 4 варианта задачи, отличающихся природой и количеством оснований в мерных колбах (варианты I и IV: «1» — Na_2CO_3 , «2» — NaOH ; варианты II и III: «1» — NaOH , «2» — Na_2CO_3). Для этого в промаркированные номером участника и этикетками с надписью «1» и «2» мерные колбы объемом 100.0 мл вносят точно следующие объемы стандартизованных растворов 1 М NaOH или 0.5 М Na_2CO_3 :

Номер варианта	Объем 1 М NaOH , мл	Объем 0.5 М Na_2CO_3 , мл
I	8.00	8.00
II	8.00	12.00
III	12.00	8.00
IV	12.00	12.00

Растворы в колбах разбавляют примерно до половины объема колбы дистиллированной водой и закрывают пробками.

Рассчитывают ожидаемые объемы (мл) HCl , которые участники должны затратить на титрование аликвот выданных растворов, разбавленных до метки, по формулам:

$$V_1(HCl) = V_2(HCl) = \frac{c(NaOH)}{10 \cdot c(HCl)} \cdot V_{\text{доб.}}(NaOH)$$

$$V_3(HCl) = \frac{c(Na_2CO_3)}{5 \cdot c(HCl)} \cdot V_{\text{доб.}}(Na_2CO_3)$$

$$V_4(HCl) = \frac{c(Na_2CO_3)}{10 \cdot c(HCl)} \cdot V_{\text{доб.}}(Na_2CO_3)$$

где

V_1 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование NaOH с метиловым оранжевым, мл,

V_2 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование NaOH с фенолфталеином, мл,

V_3 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование Na_2CO_3 с метиловым оранжевым, мл,

V_4 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование Na_2CO_3 с фенолфталеином, мл,

$c(NaOH)$ — точная концентрация исходного раствора NaOH, М,

$c(Na_2CO_3)$ — точная концентрация исходного раствора Na_2CO_3 , М,

$c(HCl)$ — точная концентрация стандартного раствора HCl, М,

$V_{\text{доб.}}(NaOH)$ — объем исходного раствора NaOH, внесенный в мерную колбу участника (8.00 мл или 12.00 мл),

$V_{\text{доб.}}(Na_2CO_3)$ — объем исходного раствора Na_2CO_3 , внесенный в мерную колбу участника (8.00 мл или 12.00 мл).

Массы (г) NaOH и Na_2CO_3 в выданных участникам анализируемых растворах после их разбавления до метки рассчитывают по формулам:

$$m(NaOH), \text{ г} = \frac{c(HCl) \cdot V_1 \cdot M(NaOH)}{100}$$

$$m(Na_2CO_3), \text{ г} = \frac{c(HCl) \cdot V_4 \cdot M(Na_2CO_3)}{100}$$

Номера колб, вариантов, ожидаемые значения объемов HCl, массы NaOH и Na_2CO_3 в мерных колбах вносят в таблицу для проверяющих. (см. ниже).

Комплектация рабочего места участника

Каждый участник получает анализируемые растворы в мерных колбах с пробками, промаркированными порядковым номером участника и цифрами «1» или

«2», штатив с «лапками» для двух бюреток, пипетку Мора, резиновую грушу или пипетатор, 2 конические колбы для титрования. Стандартный раствор HCl, капельницы с растворами индикаторов и дистиллированной водой могут предоставляться в качестве общих реактивов на группу из 2 – 4 участников; допустимы и другие удобные для работы варианты.

Пример таблиц для проверяющих:

Номера участников	Номер варианта	Ожидаемый объем HCl, мл			
		«1» с м/о	«1» с ф/ф	«2» с м/о	«2» с ф/ф
1, 5, 9, ...	I				
2, 6, 10, ...	II				
3, 7, 11, ...	III				
4, 8, 12, ...	IV				

Номера участников	Номер варианта	Массы веществ в мерной колбе, г	
		NaOH	Na ₂ CO ₃
1, 5, 9, ...	I		
2, 6, 10, ...	II		
3, 7, 11, ...	III		
4, 8, 12, ...	IV		

Помимо расчетного числа, готовят 1 – 2 дополнительных комплекта задачи каждого варианта. В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его долив (того же варианта) производится в каждом случае со штрафом 1 балл, но не более 4 баллов суммарно.

Информирование участников перед началом экспериментального тура

Во вводной беседе перед началом экспериментального тура участникам дают краткий инструктаж по технике безопасности и информируют их о штрафных баллах, предусмотренных за ненадлежащую работу в практикуме.

11 класс

РЕАКТИВЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

(на одного участника, если не указано иное)

Реактивы и оборудование приведены в расчете на одного участника, если не указано иное.

Реактивы: 0.1000 М HCl (100 мл), 1 М NaOH (15 мл), 0.5 М Na₂CO₃ (15 мл), метиловый оранжевый, 0.1%-ный водный раствор (5 мл); фенолфталеин, 0.1%-ный раствор в 60%-ном этаноле (5 мл); дистиллированная вода (0.5 л).

Оборудование: промаркированные («1» и «2») мерные колбы объемом 100.0 мл (2 шт.) с резиновыми или тефлоновыми пробками (2 шт.), пипетка Мора объемом 10.00 мл (1 шт.), резиновая груша или пипетатор (1 шт.), капельница с дистиллированной водой (1 шт.), капельница с раствором индикатора (2 шт.), коническая колба для титрования объемом 100 мл (2 шт.), бюретка прямая с краном объемом 25 мл (1 шт.), стеклянная воронка для бюретки (1 шт.), штатив с «лапками» для двух бюреток (1 шт.).

Методические указания

Приготовление 0.1 М раствора HCl

17 мл концентрированного раствора HCl (коммерческий продукт) мерным цилиндром добавляют к 2 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Приготовление 1 М раствора NaOH

80 г NaOH и 10 г BaCl₂ растворяют в 2 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Бутыль, в которой находится раствор NaOH, необходимо закрыть хлоркальциевой трубкой с натронной известью. Приготовить раствор NaOH необходимо не позднее, чем за 1 неделю до момента проведения экспериментального тура. Приготовление раствора из фиксальной ампулы не допускается.

Приготовление 0.5 М раствора Na₂CO₃

Навеску предварительно прокаленного Na₂CO₃ массой 53 г растворяют в 1 л дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Приготовление 0.0500 М раствора Na₂CO₃ (для стандартизации HCl организаторами)

Навеску предварительно прокаленного Na₂CO₃ массой около 1.06 г в стеклянном стаканчике взвешивают на аналитических весах (с точностью до 0.0001 г), переносят ее через стеклянную воронку в мерную колбу объемом 200.0 мл и повторно взвешивают стеклянный стаканчик на аналитических весах. По разности находят массу навески Na₂CO₃, которая попала в мерную колбу. Навеску растворяют в небольшом объеме дистиллированной воды, разбавляют раствор в мерной колбе до метки и тщательно перемешивают, многократно переворачивая колбу. Рассчитывают молярную концентрацию (М) раствора Na₂CO₃ с точностью до десятитысячных.

Стандартизация раствора HCl

Бюретку через воронку заполняют раствором HCl. Отбирают пипеткой Мора 10.00 мл 0.0500 М раствора карбоната натрия, переносят в коническую колбу для титрования емкостью 100 мл, добавляют 1 – 2 капли метилового оранжевого, 20 мл дистиллированной воды и титруют соляной кислотой до изменения окраски раствора из чисто-желтой в персиковую. По бюретке измеряют объем соляной кислоты, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета молярной концентрации (М) раствора HCl с точностью до десятитысячных. Точную молярную концентрацию раствора HCl размещают на этикетке и доводят до сведения участников.

Стандартизация растворов NaOH и Na₂CO₃

Бюретку через воронку заполняют раствором HCl. В одну мерную колбу объемом 100.0 мл вносят пипеткой Мора 10.00 мл 1 М раствора NaOH. В другую

мерную колбу объемом 100.0 мл вносят пипеткой Мора 10.00 мл 0.5 М раствора Na_2CO_3 . Оба раствора разбавляют до метки дистиллированной водой, закрывают пробкой и тщательно перемешивают, многократно переворачивая колбы.

В коническую колбу для титрования объемом 100 мл помещают пипеткой Мора 10.00 мл раствора NaOH или Na_2CO_3 , добавляют мерным цилиндром 20 мл дистиллированной воды, добавляют 2 – 3 капли метилового оранжевого и титруют раствором соляной кислоты HCl до изменения окраски раствора из чисто-желтой в персиковую. По бюретке измеряют объем соляной кислоты, пошедший на титрование, и записывают его с точностью до 0.10 мл. Заполняют бюретку до нулевой отметки и повторяют титрование до получения трех результатов, попарно отличающихся друг от друга не более чем на 0.10 мл. Эти результаты усредняют и используют для расчета точных концентраций исходных растворов NaOH и Na_2CO_3 .

Приготовление вариантов задачи

Готовят 4 варианта задачи, отличающихся природой и количеством оснований в мерных колбах (варианты I и IV: «1» — Na_2CO_3 , «2» — NaOH ; варианты II и III: «1» — NaOH , «2» — Na_2CO_3). Для этого в промаркированные номером участника и этикетками с надписью «1» и «2» мерные колбы объемом 100.0 мл вносят точно следующие объемы стандартизованных растворов 1 М NaOH или 0.5 М Na_2CO_3 :

Номер варианта	Объем 1 М NaOH , мл	Объем 0.5 М Na_2CO_3 , мл
I	8.00	8.00
II	8.00	12.00
III	12.00	8.00
IV	12.00	12.00

Растворы в колбах разбавляют примерно до половины объема колбы дистиллированной водой и закрывают пробками.

Рассчитывают ожидаемые объемы (мл) HCl , которые участники должны затратить на титрование аликвот выданных растворов, разбавленных до метки, по формулам:

$$V_1(\text{HCl}) = V_2(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH})}{10 \cdot c(\text{HCl})} \cdot V_{\text{доб.}}(\text{NaOH})$$

$$V_3(\text{HCl}) = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{5 \cdot c(\text{HCl})} \cdot V_{\text{доб.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$V_4(\text{HCl}) = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{10 \cdot c(\text{HCl})} \cdot V_{\text{доб.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

где

V_1 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование NaOH с метиловым оранжевым, мл,

V_2 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование NaOH с фенолфталеином, мл,

V_3 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование Na_2CO_3 с метиловым оранжевым, мл,

V_4 — объем стандартного раствора HCl, затраченный на титрование Na_2CO_3 с фенолфталеином, мл,

$c(\text{NaOH})$ — точная концентрация исходного раствора NaOH, М,

$c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ — точная концентрация исходного раствора Na_2CO_3 , М,

$c(\text{HCl})$ — точная концентрация стандартного раствора HCl, М,

$V_{\text{доб.}}(\text{NaOH})$ — объем исходного раствора NaOH, внесенный в мерную колбу участника (8.00 мл или 12.00 мл),

$V_{\text{доб.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ — объем исходного раствора Na_2CO_3 , внесенный в мерную колбу участника (8.00 мл или 12.00 мл).

Массы (г) NaOH и Na_2CO_3 в выданных участникам анализируемых растворах после их разбавления до метки рассчитывают по формулам:

$$m(\text{NaOH}), \text{ г} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_1 \cdot M(\text{NaOH})}{100}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3), \text{ г} = \frac{c(\text{HCl}) \cdot V_4 \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{100}$$

Номера колб, вариантов, ожидаемые значения объемов HCl, массы NaOH и Na_2CO_3 в мерных колбах вносят в таблицу для проверяющих. (см. ниже).

Комплектация рабочего места участника

Каждый участник получает анализируемые растворы в мерных колбах с пробками, промаркированными порядковым номером участника и цифрами «1» или

«2», штатив с «лапками» для двух бюреток, пипетку Мора, резиновую грушу или пипетатор, 2 конические колбы для титрования. Стандартный раствор HCl, капельницы с растворами индикаторов и дистиллированной водой могут предоставляться в качестве общих реактивов на группу из 2 – 4 участников; допустимы и другие удобные для работы варианты.

Пример таблиц для проверяющих:

Номера участников	Номер варианта	Ожидаемый объем HCl, мл			
		«1» с м/о	«1» с ф/ф	«2» с м/о	«2» с ф/ф
1, 5, 9, ...	I				
2, 6, 10, ...	II				
3, 7, 11, ...	III				
4, 8, 12, ...	IV				

Номера участников	Номер варианта	Массы веществ в мерной колбе, г	
		NaOH	Na ₂ CO ₃
1, 5, 9, ...	I		
2, 6, 10, ...	II		
3, 7, 11, ...	III		
4, 8, 12, ...	IV		

Помимо расчетного числа, готовят 1 – 2 дополнительных комплекта задачи каждого варианта. В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его долив (того же варианта) производится в каждом случае со штрафом 1 балл, но не более 4 баллов суммарно.

Информирование участников перед началом экспериментального тура

Во вводной беседе перед началом экспериментального тура участникам дают краткий инструктаж по технике безопасности и информируют их о штрафных баллах, предусмотренных за ненадлежащую работу в практикуме.