

ОГЛАВЛЕНИЕ

9 КЛАСС	4
10 КЛАСС	8
11 КЛАСС	13

9 КЛАСС

В 8 пронумерованных пробирках перед Вами растворы следующих веществ:

1. Укажите, какие из представленных 8 веществ обладают:
 - а) Способностью давать гидроксиды с амфотерными свойствами
 - б) Основными свойствами (pH раствора > 7)
 - в) Выраженными восстановительными свойствами
 - г) Выраженными окислительными свойствами
 - д) Не проявляет ни одного из вышеуказанных свойств
2. Запишите уравнения реакций веществ с реактивами, сопровождающихся характерными аналитическими эффектами (выпадением осадка, выделением газа, изменением цвета) (10 реакций)
3. Используя выданные реактивы и оборудование, идентифицируйте вещества в пробирках.

Реактивы: 1М H_2SO_4 , 2М NH_3 , 0,0005 М KMnO_4 .

Оборудование: штатив с пробирками, склянки с реактивами, пипетка для отбора проб, стакан с дистиллированной водой для промывания пипетки.

РЕШЕНИЕ

а) Амфотерными свойствами обладают:



б) Основными свойствами (рН раствора > 7) обладают:

в) Выраженными восстановительными свойствами обладают:

KI

г) Выраженными окислительными свойствами обладают:

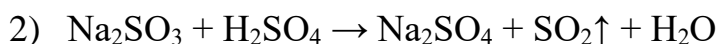
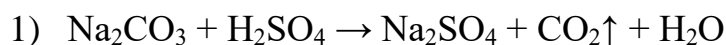
(допускается также указание $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)

д) Не проявляет ни одного из вышеуказанных свойств:

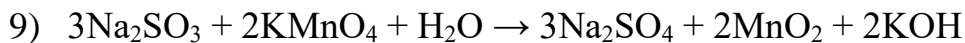
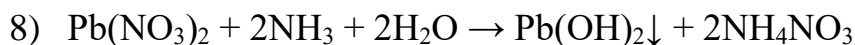
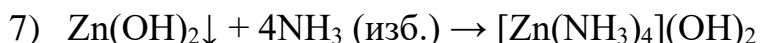
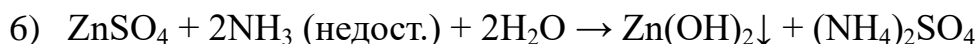
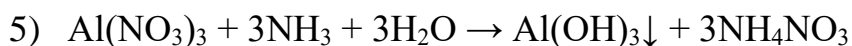
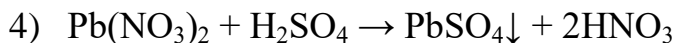
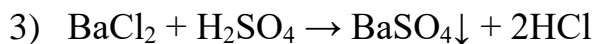


2.

Реакции с реактивами:



резкий запах



малиновый

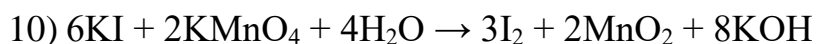
бурый

Допускается также написание реакции:



малиновый

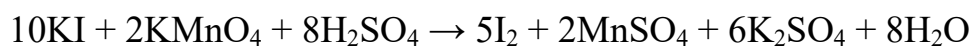
практически бесцветный



малиновый

бурый

Допускается также написание реакции:



малиновый

желтый практически бесцветный

Решение задачи распознавания выданных веществ может быть реализовано несколькими способами. Далее описан один из возможных вариантов. Для определенности будем полагать, что вещества пронумерованы в последовательности перечисления в тексте условия.

Как видим из уравнений реакций в п.2, наиболее «информативным» реактивом для нас является H_2SO_4 , поскольку она дает наибольшее разнообразие реакций, сопровождающихся характерными аналитическими признаками, а кроме того позволяет разделить весь набор анализируемых растворов ровно на две группы, по 4 раствора в каждой (дающие и не дающие реакций с этим реактивом). Поэтому целесообразно начать анализ с использования именно этого реактива.

Перенесем в 8 чистых пробирок по несколько капель анализируемых растворов и добавим к ним по каплям раствор H_2SO_4 . В пробирке с раствором №3 наблюдаем бурное выделение газа без запаха. Это свидетельствует о присутствии в ней *п.2, р-ция 1*). Для того чтобы подтвердить, что это именно карбонат, а не сульфит, прибавим к получившейся смеси несколько капель KMnO_4 – обесцвечивания не наблюдаем, значит, в пробирке №3 – Na_2CO_3 .

В пробирке с раствором №4 активного выделения газа не наблюдается, но появляется резкий запах. Это говорит о присутствии в ней Na_2SO_3 (*п.2, р-ция 2*). Для подтверждения этого предположения добавим в полученную смесь несколько капель – наблюдаем образование бурого раствора (*п.2, р-ция 9*), следовательно, в пробирке №4 – Na_2SO_3 .

В пробирках с растворами №6 и №7 при добавлении H_2SO_4 наблюдается выпадение белого осадка. Это говорит о том, что в них находятся BaCl_2 и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (*п.2, р-ции 3 и 4*). Чтобы различить два эти вещества, воспользуемся раствором NH_3 . Для этого в 2 чистые пробирки перенесем по несколько капель растворов №6 и №7 и добавим к ним по каплям раствор NH_3 . В пробирке с раствором №6 видимых изменений не наблюдаем, значит №6 – это BaCl_2 . В пробирке с раствором №7 наблюдаем образование белого осадка (*п.2, р-ция 8*). Значит, в №7 – это $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

В растворах №1, №2, №5 и №8, не давших видимых изменений с H_2SO_4 , должны находиться $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, ZnSO_4 , KI и KBrO_3 . Для распознавания этих веществ воспользуемся также раствором NH_3 . Перенесем в 4 чистые пробирки по несколько

капель анализируемых растворов и добавим к ним по каплям раствор NH_3 . В пробирке с раствором №1 наблюдаем выпадение осадка, который не растворяется в избытке реактива (п.2, р-ция 5). Значит, №1 – это $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$. В пробирке с раствором №2 также образуется осадок (п.2, р-ция 6), но при дальнейшем добавлении раствора

Для распознавания веществ в этих пробирках можем воспользоваться раствором KMnO_4 . Перенесем в 2 чистые пробирки по несколько капель растворов №5 и №8 и добавим к ним по каплям раствор KMnO_4 . В пробирке с раствором №5 наблюдается изменение малиновой окраски на желтую (п.2, р-ция 10). Это свидетельствует о присутствии в пробирке №5 – KI . Дополнительно присутствие KI можно подтвердить реакцией с уже распознанным $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. При их взаимодействии образуется желтый осадок PbI_2 .

В оставшейся пробирке №8 – KBrO_3 . Его присутствие можно дополнительно подтвердить реакцией с уже распознанным KI в кислой среде, в результате которой выделяется I_2 , придающий раствору коричневую окраску.

Система оценивания

- | | |
|---|-----------|
| 1. Указание свойств веществ – 9 свойств по 1 баллу | 9 баллов |
| 2. Уравнение реакций с реактивами – 10 уравнений
по 1,5 балла (если неверно уравнено – по 1 баллу) | 15 баллов |
| 3. Идентификация веществ – 8 веществ по 7 баллов | 56 баллов |

ИТОГО

80 баллов

Штрафные баллы: В случае, если участнику понадобится дополнительное количество анализируемого раствора или реактива, долив производится 1 раз (в 1 соответствующую склянку) без штрафа, в последующих случаях – со штрафом 2 балла. Таким образом, если необходим долив n склянок, штраф составляет $2(n-1)$ баллов, но не более 8 баллов.

10 КЛАСС

Кислотно-основными буферными системами называют равновесные системы, поддерживающие постоянство pH при добавлении небольшого количества кислоты или основания, а также при разбавлении. В частности, буферной системой является раствор смеси слабой кислоты (или кислой соли) и сопряженного с ней слабого основания, например:

- а) NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 ;
- б) CH_3COOH и CH_3COONa ;
- в) NaHCO_3 и Na_2CO_3 ;
- г) H_3PO_4 и NaH_2PO_4

Значение величины pH буферного раствора зависит от константы кислотности кислоты по соответствующей ступени диссоциации и соотношения концентраций компонентов (и может быть рассчитано с использованием выражения для соответствующей константы). В таблице даны константы кислотности некоторых кислот:

Кислота	$K_{a,1}$	$K_{a,2}$	$K_{a,3}$
H_3PO_4	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$
CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$		
H_2CO_3	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-11}$	

Теоретические задания:

1. Упорядочите буферные системы (а) – (г) по возрастанию pH, если мольное соотношение компонентов в них составляет 1:1.
2. На какую величину различаются pH двух буферных растворов одного типа, если мольное соотношение компонентов в одном из них составляет 1:1, а в другом
3. Буферный раствор (а) с мольным соотношением компонентов 1:1 смешали с равным объемом буферного раствора (г) с такими же концентрациями компонентов. Будет ли проявлять буферные свойства полученная система? Ответ поясните.

4. К буферному раствору (а), содержащему 0,1 М NaH_2PO_4 и 0,1 М Na_2HPO_4 добавили равный объем 0,02 М HCl . На какую величину изменился его рН? На какую величину изменился бы рН, если бы вместо буферного раствора была дистиллированная вода (начальная величина рН=7)?

Практическое задание:

В мерной колбе Вам выдан фосфатный буферный раствор неизвестного состава, состоящий из NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 . Доведите выданный раствор до метки, закройте пробкой и тщательно перемешайте, многократно переворачивая колбу. Методом кислотно-основного титрования установите концентрации (моль/л) NaH_2PO_4 и в полученном растворе. *Примечание: титрование проводите с добавлением 2–3 капли метилового оранжевого и 4–6 капель тимолфталейна; каждое титрование повторяют до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, эти результаты усредняют и записывают средний объем в тетрадь.*

Реактивы: стандартный раствор NaOH (концентрация указана на склянке), стандартный раствор HCl (концентрация указана на склянке), растворы индикаторов метиловый оранжевый и тимолфталейн.

Оборудование: мерная колба с буферным раствором, пробка для мерной колбы, пипетка Мора на 10,00 мл, резиновая груша или пипетатор, капельница с дистиллированной водой, маркированная колба для титрования, штатив для титрования, бюретка на 25 мл – 2 шт., воронка для бюретки – 2 шт., капельница для раствора индикатора – 2 шт.

Справочная информация: область перехода метилового оранжевого $\Delta\text{pH}=3,1-4,4$; область перехода тимолфталейна $\Delta\text{pH}=9,3-10,5$.

РЕШЕНИЕ

Решение теоретической части

1. Как следует из условия, расчет рН буферной системы может быть проведен на основании выражения для соответствующей константы кислотности. Это выражение выглядит следующим образом: $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$, где А – кислотный остаток.

И

з

Из полученного выражения видно, что чем больше константа кислотности, тем меньше рН буферного раствора. Для буферных систем (а) – (г) соответствующие константы запишутся как: а) $6,2 \cdot 10^{-8}$; б) $1,8 \cdot 10^{-5}$; в) $4,7 \cdot 10^{-11}$; г) $7,5 \cdot 10^{-3}$. Расположим их по уменьшению, получим последовательность: **(г) – (б) – (а) – (в)**. Это и есть последовательность, соответствующая возрастанию рН.

2. Из полученного выше выражения для рН буферного раствора следует, что при изменении соотношения компонентов в 10 раз рН системы меняется **на 1**. Именно на эту величину отличаются рН для двух указанных случаев.

ж 3. При смешении буферных растворов (а) и (г) с одинаковыми концентрациями компонентов H_3PO_4 прореагирует с эквивалентным количеством Na_2HPO_4 , дав



в Это означает, что в результате смешения мы получим раствор NaH_2PO_4 . Такой раствор **не является буферным**, так как в системе отсутствует заметное количество сопряженной кислоты/основания. Наглядно это можно увидеть по приведенной в условии кривой титрования. На ней раствору NaH_2PO_4 отвечает точка эквивалентности 1. Видно, что в окрестности этой точки величина рН изменяется сильно даже при небольшой добавке кислоты или основания, что не отвечает требованию, предъявляемому к буферной системе.

ь 4. В исходном буферном растворе соотношение концентраций компонентов составляет 0,1/0,1. После взаимодействия с HCl это соотношение изменится на 0,12/0,08 (разбавление здесь можно не учитывать, так как оно не повлияет на данное соотношение). В соответствии с указанной выше формулой для расчета рН буферной системы, $\Delta pH = \lg(0,12/0,08) - \lg(0,1/0,1) = 0,18$.

ц Если бы вместо буферного раствора была дистиллированная вода, то при смешении мы получили бы раствор HCl с конечной концентрацией 0,01 М. Этому рас-

н

т

р

твору отвечает $pH=2$. Таким образом, изменение pH составило бы **5** единиц.

Решение практической части

Как видно из кривой титрования, концентрации NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 в выданном растворе могут быть определены путем титрования щелочью с индикатором тимолфталейн и кислотой с индикатором метиловый оранжевый, соответственно, согласно уравнениям:



Для определения содержания NaH_2PO_4 , с помощью пипетки Мора аликвоту 10,00 мл анализируемого раствора перенесем в коническую колбу для титрования, прибавим 4–6 капель раствора тимолфталейна и при перемешивании оттитруем раствором $NaOH$ до появления устойчивой голубой окраски. Титрование повторим до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, эти результаты усредним и запишем средний объем в тетрадь.

Расчет концентрации NaH_2PO_4 может быть произведен по формуле:

$$NaH_2PO_4 = c(NaOH) \cdot V(NaOH) / V(\text{аликвоты}),$$

где $c(NaOH)$ – точная концентрация титранта (моль/л), $V(NaOH)$ – средний объем титранта, пошедшего на титрование (мл), $V(\text{аликвоты})$ – объем аликвоты анализируемого раствора (10,00 мл).

Для определения содержания Na_2HPO_4 , с помощью пипетки Мора аликвоту 10,00 мл анализируемого раствора перенесем в коническую колбу для титрования, прибавим 2–3 капли раствора метилового оранжевого и при перемешивании оттитруем раствором HCl до оранжево-желтой окраски. Титрование повторим до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, эти результаты усредним и запишем средний объем в тетрадь.

Расчет концентрации Na_2HPO_4 может быть произведен по формуле:

$$Na_2HPO_4 = c(HCl) \cdot V(HCl) / V(\text{аликвоты}),$$

где $c(HCl)$ – точная концентрация титранта (моль/л), $V(HCl)$ – средний объем титранта, пошедшего на титрование (мл), $V(\text{аликвоты})$ – объем аликвоты анализируемого раствора (10,00 мл).

Система оценивания

За теоретическую часть:

4. Последовательность буферных систем по возрастанию рН – 3 правильно упорядоченные соседние пары по 2 балла 6 баллов
5. Указание величины различия рН 4 балла
6. Верный ответ с обоснованием 2 балла
(если указан верный ответ без обоснования – 1 балл)
7. Указание изменения рН буферного раствора 4 балла
- Указание изменения рН в отсутствие буферного раствора 2 балла

За практическую часть:

а) Точность титрования оценивается, исходя из абсолютной погрешности среднего объема титранта, записанного участником (ΔV , мл), то есть разницы между величиной среднего объема титранта, полученной участником, и ожидаемым значением, в соответствии со следующей таблицей:

Определение NaH_2PO_4		Определение Na_2HPO_4	
ΔV , мл	Баллы	ΔV , мл	Баллы
$\leq 0,3$	30	$\leq 0,3$	30
0,31 – 0,4	28	0,31 – 0,4	28
0,41 – 0,5	24	0,41 – 0,5	24
0,51 – 0,6	20	0,51 – 0,6	20
0,61 – 0,8	16	0,61 – 0,8	16
0,81 – 1,0	12	0,81 – 1,0	12
$> 1,0$	8	$> 1,0$	8

- б) Правильность расчета концентраций компонентов оценивается, исходя из среднего объема титранта, полученного участником, безотносительно точности титрования – 2 значения по 1 баллу 2 балла

ИТОГО

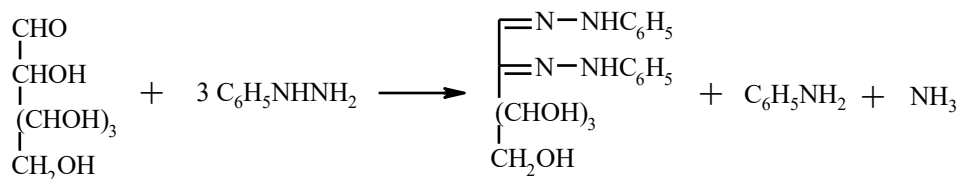
80 баллов

Штрафные баллы: В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его долив (того же варианта) производится в каждом случае со штрафом 2 балла, но не более 8 баллов суммарно.

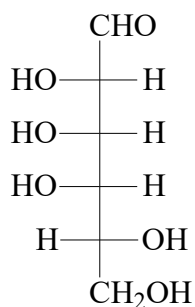
11 КЛАСС

Задание 1

Важной реакцией, позволяющей судить о строении углеводов, является их взаимодействие с фенилгидразином. В результате реакции образуются озаоны – кристаллические вещества ярко-желтого цвета с четкой температурой плавления и характерной формой кристаллов. Образование озаона из альдогексозы протекает с участием карбонильного и соседнего с ним атомов углерода.



Перед Вами структурные формулы четырех альдогексоз:



D-глюкоза

D-манноза

D-галактоза

D-талоза

1а) При действии фенилгидразина на данные альдозы были получены четыре озаона. Два озаона (один из них получен из D-глюкозы) плавилась при 205°C, два других озаона плавилась при 201°C. Укажите температуры плавления озаонов D-маннозы, D-галактозы и D-талозы. Объясните данный результат.

1б) Какую температуру плавления будут иметь озаоны, полученные из D-фруктозы и L-талозы? Ответ поясните.

1в) При окислении альдоз азотной кислотой окисляются карбонильная и первичная спиртовая группы, при этом образуются двухосновные карбоновые кислоты, которые называют альдаровыми, гликардовыми или сахарными. Окисление глюкозы дает глюкаровую, а окисление галактозы – слизевую кислоты. Изобразите структурные формулы глюкаровой и слизевой кислот, полученных из D-глюкозы и D-галактозы. Будут ли эти кислоты обладать оптической активностью? Ответ поясните.

Задание 2

1. Качественный анализ

В четырех пронумерованных пробирках находятся водные растворы галактозы, фруктозы (может содержать примесь глюкозы), лактозы и сахарозы. Используя реактивы Фелинга, Селиванова, Барфедда и водяную баню, идентифицируйте указанные сахара. Результаты проведенных экспериментов объясните и покажите преподавателю.

Реактивы: реактивы Фелинга, Селиванова, Барфедда.

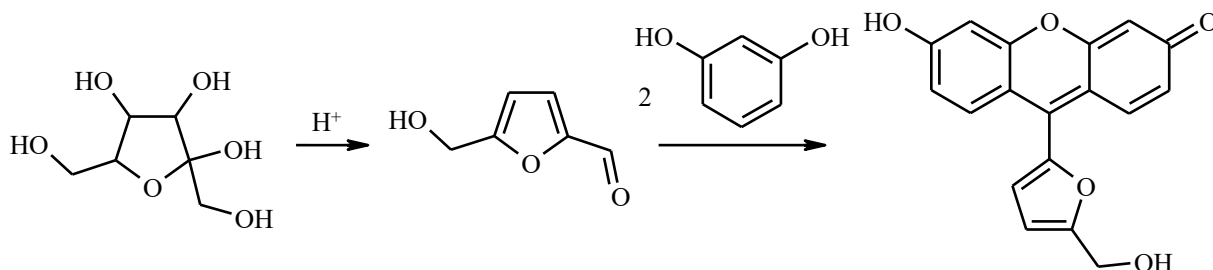
Оборудование: пробирки – 12 шт., штатив для пробирок, глазная пипетка с резиновой грушей, стакан с дистиллированной водой для промывания пипетки, электроплитка, стакан с водой (водяная баня).

Методика проведения пробы Фелинга

В пробирку налейте 1-2 мл исследуемого раствора углевода и прибавьте к нему несколько капель реактива Фелинга. Нагрейте пробирку на кипящей водяной бане в течение 1-2 минут. Положительной реакцией является образование красного осадка. (Реактив Фелинга готовится смешиванием растворов медного купороса, соли винной кислоты и гидроксида натрия).

Методика проведения пробы Селиванова

В пробирку налейте 1-2 мл раствора исследуемого углевода и прибавьте к нему 1 мл реактива Селиванова. Нагрейте пробирку на кипящей водяной бане в течение 1-2 минут. Положительной реакцией является появление ярко красного окрашивания. (Реактив Селиванова готовится растворением резорцина в соляной кислоте).



Методика проведения пробы Барфедда

В пробирку налейте 1-2 мл исследуемого раствора углевода и прибавьте к нему 1 мл реактива Барфедда. Нагрейте пробирку на кипящей водяной бане в течение 1-2 минут. Положительной реакцией является образование красного осадка. (Реактив Барфедда готовится растворением ацетата меди в воде с последующим добавлением нескольких капель уксусной кислоты для создания рН близкого к 7,0).

2. Количественный анализ

Важным метаболитом и регулятором обмена углеводов в организме является такой продукт брожения сахаров, как молочная (2-гидроксипропановая) кислота.

1. Напишите уравнение реакции молочнокислого брожения глюкозы.
2. Проявляет ли молочная кислота оптическую активность? Ответ обоснуйте.
3. Известно, что содержание молочной кислоты в ее концентрированных растворах нельзя определять прямым титрованием щелочью. Однако такое определение возможно методом обратного титрования (когда к пробе добавляют избыток стандартного раствора NaOH, а непрореагировавшую часть щелочи оттитровывают стандартным раствором HCl и содержание молочной кислоты рассчитывают по разности количеств NaOH и HCl). Объясните, в чем причина такого поведения молочной кислоты в ее концентрированном растворе? Приведите соответствующее уравнение реакции. Почему добавление избытка щелочи устраняет вышеуказанную проблему? Приведите соответствующее уравнение реакции.

4. В мерной колбе Вам выдан раствор с неизвестным содержанием молочной кислоты. Доведите выданный раствор до метки, закройте пробкой и тщательно перемешайте, многократно переворачивая колбу.

а) Проведите стандартизацию раствора NaOH (установите концентрацию), оттитровав его имеющимся стандартным раствором HCl. Для этого с помощью пипетки Мора аликвоту 10,00 мл раствора NaOH перенесите в коническую колбу для титрования, прибавьте 2–3 капли раствора фенолфталеина и при перемешивании оттитруйте раствором HCl до обесцвечивания. Титрование повторите до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, эти результаты усредните и

запишите средний объем в тетрадь. На основании результатов титрования рассчитайте концентрацию NaOH.

б) С помощью стандартизованного раствора NaOH и стандартного раствора HCl методом обратного кислотно-основного титрования установите концентрацию *моль/л*) молочной кислоты в выданном Вам растворе. Для этого с помощью пипетки Мора аликвоту 10,00 мл анализируемого раствора перенесите в коническую колбу для титрования, туда же внесите с помощью другой пипетки Мора 20,00 мл NaOH, прибавьте 2–3 капли раствора фенолфталеина и при перемешивании оттитруйте раствором HCl до обесцвечивания. Титрование повторите до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл, эти результаты усредните и **запишите средний объем в тетрадь**. На основании результатов титрования рассчитайте концентрацию молочной кислоты.

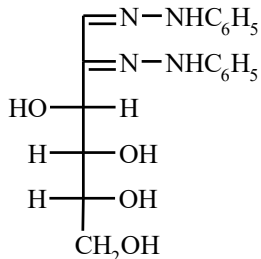
Реактивы: стандартный раствор HCl (концентрация указана на склянке), ~ 0,1 М раствор NaOH, раствор индикатора фенолфталеин.

Оборудование: мерная колба с анализируемым раствором, пробка для мерной колбы, пипетка Мора на 10,00 мл (2 шт.), резиновая груша или пипетатор, капельница с дистиллированной водой, колба для титрования – 3 шт, штатив для титрования, бюретка на 25 мл, воронка для бюретки, капельница для раствора фенолфталеина.

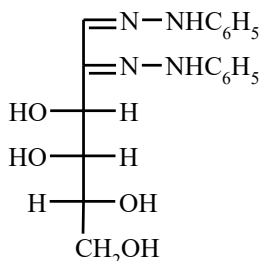
РЕШЕНИЕ

Задание 1

1а) Глюкоза и манноза, имеющие идентичную конфигурацию при атомах C_3 , C_4 и C_5 , образуют один и тот же озазон с т.пл. $205^\circ C$.



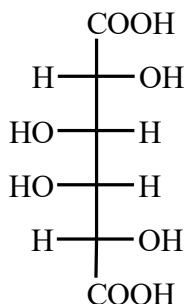
Галактоза и талоза также дают один озазон с т.пл. $201^\circ C$.



1б) При образовании озазона из D-фруктозы в реакции участвуют только атомы углерода C_1 и C_2 и образуется тот же озазон, что и из D-глюкозы.

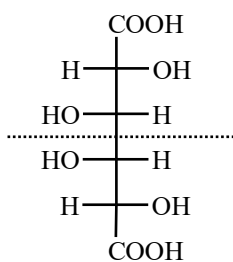
Известно, что физико-химические характеристики энантиомеров (зеркальных изомеров) одинаковы. Поэтому температура плавления озазонов L-и D-талозы одна и та же ($201^\circ C$).

1в) Структурные формулы кислот:



Слизевая
кислота

Слизевая кислота, в отличие от глюконовой кислоты, не проявляет оптической активности, т.к. ее молекула содержит плоскость симметрии:



Задание 2

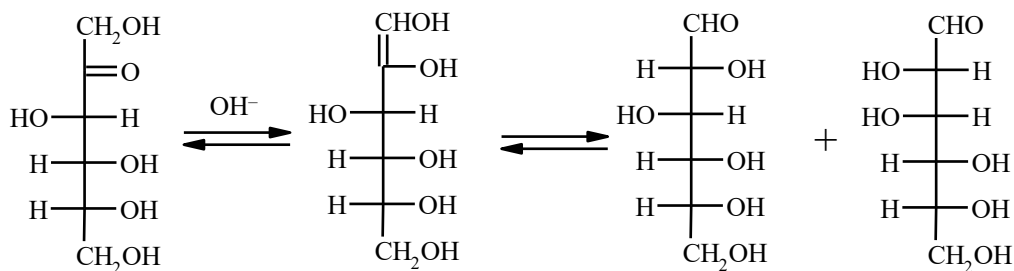
1. Качественный анализ

Различить четыре углевода можно, используя предложенные реактивы. Галактоза и фруктоза – это моносахариды. Галактоза – это альдогексоза, фруктоза – это кетогексоза.

Лактоза и сахароза – это дисахариды. Лактоза – восстанавливающий дисахарид, сахароза – невосстанавливающий дисахарид. При проведении пробы Фелинга протекает окисление альдегидной группы до карбоксильной и восстановление Cu^{+2} до Cu_2O .

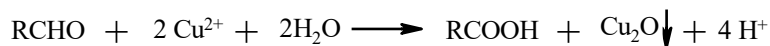


Галактоза, фруктоза и лактоза дают положительную реакцию (красно-коричневый осадок). Фруктоза в щелочной среде изомеризуется в альдозу.



Проба Селиванова позволяет обнаружить кетогексозы. В кислой среде кетогексоза превращается в 5-гидроксиметил-2-фуранальдегид, который с резорцином дает продукт, имеющий ярко красную окраску. Положительную реакцию дает фруктоза (и сахароза, которая при длительном нагревании в соляной кислоте медленно гидролизуется с образованием фруктозы и глюкозы).

При проведении пробы Барфедда окисление альдегидной группы протекает в среде со значением рН, близким к нейтральному. Это позволяет различить моносахарид (альдегидоспирт) и восстанавливающий дисахарид (лактозу), который не окисляется в этих условиях.



	Галактоза	Фруктоза	Лактоза	Сахароза
Реактив Фелинга	+	+	+	-
Реактив Селиванова	-	+	-	-(+**)
Реактив Барфедда	+	+*	-	-

*Примесь глюкозы дает положительную реакцию Барфедда

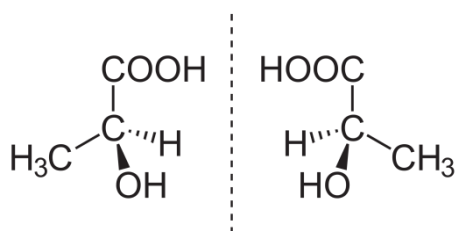
**Нагревание в течение 5-10 минут дает положительную реакцию

2. Количественный анализ

1. Уравнение реакции молочнокислого брожения глюкозы:



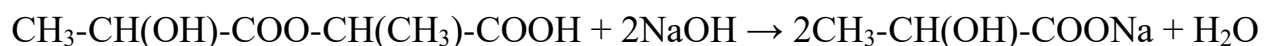
2. Молочная кислота проявляет оптическую активность, так как атом углерода в положении 2 окружен четырьмя разными заместителями и, следовательно, является асимметрическим:



3. В концентрированном растворе молочная кислота вступает в реакцию самоэтерификации, превращаясь в лактоилмолочную кислоту:



Лактоилмолочная кислота медленно гидролизуется до молочной, что делает невозможным прямое титрование. Однако при добавлении избытка щелочи, гидролиз идет быстро и количественно, что обуславливает возможность обратного титрования:



4. Проводится стандартизация по методике, указанной в условиях.

Расчет концентрации NaOH может быть произведен по формуле:

$$NaOH = c(HCl) \cdot V(HCl) / V(\text{аликвоты}),$$

где $c(HCl)$ – точная концентрация HCl (моль/л), $V(HCl)$ – средний объем титранта, пошедшего на титрование (мл), $V(\text{аликвоты})$ – объем аликвоты раствора

Определение содержания молочной кислоты в анализируемом растворе проводится по методике, описанной в условиях.

Расчет концентрации $\text{CH}_3\text{CH(OH)COOH}$ может быть произведен по формуле:

$$CH_3CH(OH)COOH = cNaOH \cdot VNaOH - c(HCl) \cdot V(HCl) / V(\text{аликвоты}),$$

где $c(NaOH)$ – точная концентрация NaOH, установленная на этапе стандартизации (моль/л), $V(NaOH)$ – объем NaOH, добавленный к аликвоте молочной кислоты (мл), $c(HCl)$ – концентрация HCl (моль/л), $V(HCl)$ – средний объем титранта, пошедшего на титрование (мл), $V(\text{аликвоты})$ – объем аликвоты молочной кислоты (10,00 мл).

Система оценивания

Задание 1:

Вопрос 1а – 3 озаона по 2 балла	6 баллов
(2 балла за каждый правильный ответ с объяснением)	
Вопрос 1б – 2 значения температуры по 2 балла	4 балла
Вопрос 1в – 2 структурные формулы по 2 балла	4 балла
объяснение оптической активности кислот	2 балла

Всего за задание 1 – 16 баллов

Задание 2:

Выполнение качественного анализа:

За каждое правильно определенное вещество (с объяснением) – 6 баллов	24 балла
---	----------

За количественный анализ:

1. Уравнение реакции	2 балла
2. Ответ с обоснованием	2 балла
3. Объяснение особенностей поведения молочной кислоты в концентрированном растворе	2 балла
Два уравнения реакции по 1 баллу	2 балла

а) *Точность стандартизации и титрования* оценивается, исходя из абсолютной погрешности среднего объема титранта, записанного участником (ΔV , мл), то есть разницы между величиной среднего объема титранта, полученной участником, и ожидаемым значением, в соответствии со следующей таблицей:

Стандартизация NaOH		Определение молочной кислоты	
ΔV , мл	Баллы	ΔV , мл	Баллы
$\leq 0,4$	15	$\leq 0,4$	15
0,41 – 0,5	14	0,41 – 0,5	14
0,51 – 0,6	12	0,51 – 0,6	12
0,61 – 0,7	10	0,61 – 0,7	10
0,71 – 0,8	8	0,71 – 0,8	8
0,81 – 1,0	6	0,81 – 1,0	6
$> 1,0$	4	$> 1,0$	4

б) *Правильность расчета* концентрации NaOH и молочной кислоты оценивается, исходя из среднего объема титранта, полученного участником, безотносительно точности титрования – 2 значения по 1 баллу

2 балла

ИТОГО

80 баллов

Штрафные баллы: В случае, если участнику понадобится дополнительное количество реактива или анализируемого раствора, его долив (того же варианта) производится в каждом случае со штрафом 2 балла, но не более 8 баллов суммарно.