

ВСЕСОЮЗНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ  
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



ЗАДАНИЯ И РЕШЕНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРА И ЗАДАЧ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРОВАННОГО  
МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРА

Донецк, 1986



## 8 класс

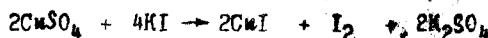
## экспериментальный тур

Задание 1

В пронумерованных пробирках находятся растворы следующих веществ: сульфата натрия, хлорида калия, хлорида кальция, сульфата магния, нитрата серебра. Не прибегая к помощи других реагентов определить, в какой из пробирок находится раствор каждого из указанных веществ. Ответ подтвердите анализом характерных спектральных линий, возникающих при сжигании пробы в электрической дуге, используя стиллоскоп.

Задание 2

В азотной кислоте растворена точная навеска бронза. Образовавшиеся оксиды азота и избыток азотной кислоты удалены из раствора в результате обработки серной кислотой и последующего упаривания. Определите массовую долю меди в % в бронзе методом титрования, используя следующие реакции:



## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Задание I.** На основании растворимости осадков определить содержание отдельных пробирок. Проверить содержание пробирок с помощью стилюскопа. При определении содержания пробирок с помощью стилюскопа наблюдают характерные линии искомых элементов в поле зрения окуляра при сканировании пробы в электрической дуге.

Для проведения анализа наполняют угольный электрод с цилиндрическим углублением анализируемой пробой, ставят в электрододержатель, другой электрод кладут на столик стилюскопа над первым электродом, включают ток и наблюдают спектры излучения по всей области спектра, выделяя линии, характерные для определяемых элементов.

Спектральные линии для определения элементов

Элемент:	Цвет линии	: Длины в волн., Å	Элемен-	Цвет линии	: Длины в волн., Å
Ag	зеленый	5209,1	K	фиолетовый	4047,2
	ярко-зеленый	5465,5		фиолетовый	4044,1
Ca	группа зеленых линий	5270,3 5265,6 5264,2 5262,2 5261,7 5260,4	Mg	синий	5183,6 5172,7
			Na	две желтые линии	5895,9 5889,9

**Задание 2.** Раствор, полученный после растворения навески бронзы, перенести в мерную колбу емкостью 200 или 250 см<sup>3</sup> и довести до метки дистиллированной водой. Отобрать пипеткой 20 или 25 см<sup>3</sup> раствора, поместить в коническую колбу, прилить 5 см<sup>3</sup> 1 М раствора серной кислоты и 20 см<sup>3</sup>/0%-ного раствора иодида калия. Поставить в темное место на 3-5 минут и затем титровать стандартным раствором тиоультфата натрия до светло-желтой окраски раствора, не обращая внимания на осадок иодида меди. Под конец титрования добавить 7 капель индикатора и потитровать раствор до исчезновения синей окраски раствора.

## 8 класс

## Решение

**Задание 1.** Схема обнаружения веществ по реакциям образования осадков

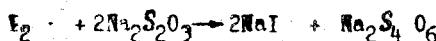
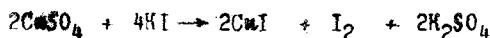
	: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: KCl	: CaCl <sub>2</sub>	: MgSO <sub>4</sub>	: AgNO <sub>3</sub>
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	+	-	-
KCl	-	-	-	-	+
CaCl <sub>2</sub>	+	-	-	+	+
MgSO <sub>4</sub>	-	-	+	-	-
AgNO <sub>3</sub>	-	+	+	-	-

Содержимое пробирок проверить с помощью стеклоскопа. При определении состава смесей на стеклоскопе в окуляр наблюдают линии спектров наиболее характерные для данных элементов.

**Задание 2.** Растворение навески бронзы в азотной кислоте:



Определение массовой доли в % меди в образце бронзы:



$$\text{Cu}(\%) = \frac{\text{C}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \cdot M_{\text{Cu}} \cdot V_{\text{кюби}} \cdot 100}{V_{\text{пипетки}} \cdot 1000 \cdot g_{\text{навески}}} -$$

Экспериментальный курс,  
9 класс

pH-метрический метод используют для изучения взаимодействия водных растворов солей, если pH исходных растворов различны.

Методом pH-метрии установите состав комплексного аниона, образующегося при взаимодействии нейтрального раствора соли  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$  и раствора карбоната натрия.

Синтезируйте натриевую соль комплексного аниона и определите массовую долю выхода в %.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ.

Максимальное изменение pH, совпадающее со склоном на кривой зависимости  $\text{pH} = f(i)$ , где  $i$  - мольное отношение реагирующих веществ в каждой точке серии растворов с переменной концентрацией одного из компонентов, соответствует точке стехиометрического отношения реагирующих веществ.

Х О Д Р А Б О Т И .

Готовят серию растворов с постоянной концентрацией гексанитро-кообальтата (III) натрия и переменной карбоната натрия. Объемы растворов для приготовления такой серии приведены в таблице:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем 0,008M раствора $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$ , мл.	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Объем 0,05M раствора $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , мл.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем дист. воды, мл.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
pH смеси растворов										

В 10 стаканов по 50 мл приливают из боретки по 30 мл 0,008M раствора  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_3)_6]$ . Затем в каждый из стаканов добавляют необходимое количество дистиллированной воды и 0,05M раствора карбоната натрия.

Смесь растворов в каждом стакане перемешивают чистой стеклянной палочкой и измеряют pH с помощью pH-метра (инструкция по работе с pH-метром находится возле прибора). Полученные значения pH записывают в таблицу, строят график зависимости  $pH=f(\text{и})$ , устанавливают состав комплекса и записывают уравнение реакции его образования.

Для выделения образовавшегося комплекса в твердом виде к 10 мл 0,5 M раствора гексаниитрокобальтата(III)натрия добавляют стехиометрическое количество 0,5 M раствора карбоната натрия и полученную смесь растворов нагревают на водяной бане до температуры 80<sup>0</sup>C. Стакан с раствором комплексного соединения переносят под вытяжной шкаф и добавляют 100 мл ацетона. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают на фильтре ацетоном, сушат, взвешивают и рассчитывают массовую долю выхода вещества в процентах.

Экспериментальный тур  
10 класс

СИНТЕЗ ПЕНТААЦЕТИЛ- $\beta$ -ГЛЮКОЗЫ

Для получения пентаацетил- $\beta$ -глюкозы используется реакция ацилирования. Ацилирование – это замещение атома водорода некоторых функциональных групп (гидроксильной, аминной и других) на остаток карбоновой кислоты (ацильную группу). В качестве ацилирующих агентов чаще всего применяются ангидриды и хлорангидриды карбоновых кислот. Катализируют эти реакции различные основания: тиетичные амины, пиридины, соли карбоновых кислот.

**Задание.** Исходя из перечисленного набора реагентов, предложите схему синтеза пентаацетил- $\beta$ -глюкозы, её очистки и идентификации.

**Реактивы:** безводная  $\beta$ -глюкоза – 0,0056 М; безводный ацетат натрия – 0,0073 М, ледяная уксусная кислота – 0,01 М, уксусный ангидрид – 0,0065 М; этанольный спирт – 10 мл, хлорид кальция, гидроксид натрия, уголь активированный, лёд.

**Оборудование:** штатив, песчаная баня, электроплитка, термометр, колба круглодонная на 100 мл, обратный холодильник, хлоркальциевая трубка, стакан на 100 мл, стеклянная палочка, воронка Бюхнера или воронка с пористым дном, колба Бунзена, капилляры, ступка с пестиком, скальпель, мерный цилиндр.

**ПЕРЕД НАЧАЛОМ СИНТЕЗА:** В рабочий журнал запишите уравнение реакции, опишите возможный механизм образования пентаацетил- $\beta$ -глюкозы, предполагаемые побочные реакции. Продумайте основные этапы синтеза и составьте план работы. Рассчитайте массы реагентов и теоретический выход продукта реакции. Схемы реакций, план работы и результаты расчетов покажите преподавателю.

**Внимание!** Попадание на кожу уксусной кислоты, уксусного ангидрида приводит к сильным ожогам. Соблюдать особую осторожность! Не начинать синтез без разрешения преподавателя!

## МЕТОДИКА СИНТЕЗА ПЕНТААЦЕТИЛ- $\beta$ -ГЛЮКОЗЫ

Тщательно растертые в ступке 0,0056 М безводной  $\beta$ -глюкозы и 0,0073 М безводного ацетата натрия помещают в колбу с обратным холодильником, снабженным хлоркальциевой трубкой, приливают 0,0065 М уксусного ангидрида и нагревают реакционную смесь на песчаной бане, температуру которой поднимают в течение часа до 110–120 $^{\circ}$ С. Содержимое колбы при этом периодически встряхивают. Затем смесь выливают тонкой струйкой в 50 мл воды с кусочками льда, образовавшуюся маску растирают палочкой и оставляют на 0,5 часа под слоем воды, после чего отсасывают на воронке Бюхнера или фильтре с пористым дном. Переクリкстализовывают из 10 мл этилового спирта (примечание 1). Переクリкстализованный продукт отфильтровывают отсасыванием и сушат в сушильном шкафу при 80 $^{\circ}$ С.

Высушенный продукт взвешивают и вычисляют выход в процентах от теоретического. Для характеристики чистоты продукта определяют его температуру плавления (примечание 2) и используют метод тонкослойной хроматографии на пластинках "Силуфол" (примечание 3). Пентаацетилглюкозу переносят в чистую пробирку, подписывают и сдают преподавателю.

ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ СИНТЕЗА: Записывайте в рабочий журнал свои наблюдения (изменение окраски реакционной смеси, выпадение осадка, цвет, вес осадка и т.д.).

ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СИНТЕЗА: По температуре плавления и результатам тонкослойной хроматографии сделайте вывод о чистоте продукта реакции. Напишите структурные формулы исходного уксусного ангидрида,  $\beta$ -глюкозы и полученной пентаацетил- $\beta$ -глюкозы.

### П р и м е ч а н и я

1. Переクリкстализацию из этилового спирта проводят в круглодонной колбе с обратным холодильником при нагревании на песчаной бане, при этом для лучшей очистки в колбу добавляют на кончике скальпеля немного активированного угля. Горячий раствор быстро фильтруют через складчатый фильтр в чистый стаканчик, после охлаждения фильтрат выпавшие кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера или пористом фильтре и высушивают.

2. В запаянний с одного конца капилляр помещают растертое и хорошо высущенное вещество, чтобы образовался столбик высотой около 5 мм. Капилляр с веществом прикрепляют к шарику термометра при помощи резинового колечка. Термометр помещают в прибор для определения температуры плавления и быстро нагревают до 100 $^{\circ}$ , затем

по скоростью 3-4<sup>0</sup> в минуту. Отмечают температуру начала и окончания плавления (интервал плавления).

3. Пластиинки "Силубол" следует брать только за боковые грани, так как перенесенные с пальцев загрязнения дают после её проявления дополнительные пятна. Для анализа продукта несколько криоталликов неочищенного и очищенного вещества помещают в две пробирки и растворяют в 2-3 каплях смеси гексана с бензолом (1:1). Затем на пластиинку при помощи капилляра наносят оба раствора. Для этого капилляр погружают в раствор исследуемого вещества, после чего осторожно прикасаются им к пластиинке. Расстояние нанесенных на линии старта пятен от центрального края, боковых сторон пластиинки и друг от друга должно быть не менее 1 см, а диаметр каждого пятна не должен превышать 5 мм.

Пластиинку помещают в стакан, в который налит растворитель (смесь гексана с бензолом, 1:1) на высоту 5 мм. Стакан накрывают чашкой Петри и следят за движением фронта растворителя вверх по пластиинке. Когда от линии фронта до верха пластиинки остается около 1 см, пластиинку быстро вынимают, отмечают карандашом положение линии фронта и оставляют на воздухе под тягой для испарения растворителя. Затем проявляют хроматограмму, для чего пластиину опрыскивают 0,5 М раствором солянокислого гидроксиамина в спирте, нагревают в сушильном шкафу до 110<sup>0</sup> С и после охлаждения опрыскивают 3% раствором хлорида железа (III) в 1 М растворе соляной кислоты из пульверизатора так, чтобы на ней не образовывались бы размывающие отдушики раствора.

Замеряют длину пробега пятна вещества от линии старта и рассчитывают величину  $R_f = AB/AB'$ , где АВ - расстояние от центра пятна до линии старта, АВ' - расстояние от линии старта до линии фронта растворителя.

Л и т е р а т у р а : Грандберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии - М.: Высшая школа, 1973, с. 140.

## 10 класс

**СИНТЕЗ ГИППУРОВОЙ КИСЛОТЫ.** Реакция ацилирования спиртов, Фенолов и аминов хлорангидридами карбоновых кислот является удобным способом получения полупродуктов при производстве красителей, лекарственных препаратов, а также при получении бензоильных производных различных аминов.

**Задание.** Исходя из перечисленного набора реагентов, предложите схему синтеза гиппуровой кислоты, её очистки и идентификации.

**Реактивы:** глицин (аминоуксусная кислота) - 0,0133 М, хлорангидрид бензойной кислоты - 0,016 М, соляная кислота (конц.), гидроксид натрия - 10% раствор, четыреххлористый углерод, уголь активированный.

**Оборудование:** коническая колба объемом 250 мл, штатив, электроплитка, колба круглодонная на 100 мл, обратный холодильник, воронка Вожнева, колба Бунзена, палочка стеклянная, цилиндр мерный, бумага универсальная индикаторная, скампель, воронка для фильтрования.

**Перед началом синтеза:** В рабочий журнал запишите уравнение реакции, опишите возможный механизм образования гиппуровой кислоты, предполагаемые побочные реакции. Протумайте основные этапы синтеза и составьте план работы. Расчитайте массу реагентов и теоретический выход продукта реакции. Схемы реакции, план работы и результаты расчетов покажите преподавателю.

**Внимание!** Работать только в вытяжном шкафу. Обеспечить полную осторожность. Цилиндр после измерения объема хлорангидрида бензойной кислоты промыть раствором стиролида (стирола). Не начинать синтез без разрешения преподавателя!

## МЕТОДИКА СИНТЕЗА ГИПЦУРОВОЙ КИСЛОТЫ

В конической колбе емкостью 250 мл растворяют 0,0438 М глицина в 10 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей последнего 10%. Прибавляют двумя порциями 0,016 М хлорангидрида бензойной кислоты. Отмерять эту жидкость под тагой! Чистотость найти в справочнике. После каждого прибавления колбу закрывают резиновой пробкой и сильно встряхивают до исчезновения запаха. Вносят в колбу несколько кусочков чистого льда и по каплям при энергичном перемешивании прибавляют концентрированную соляную кислоту до pH 8. Осадок отфильтровывают на воронке Бюхнера или фильтре с пористым дном, промывают холодной водой и сушат на воздухе.

Полученный осадок переносят в круглодонную колбу емкостью 100 мл, приливают 5 мл четыреххлористого углерода и выпаривают с обратным холодильником в течение 5 мин для удаления примесей бензойной кислоты. Смесь охлаждают, отфильтровывают и осадок на воронке Бюхнера промывают 2 мл четыреххлористого углерода. Полученную гипцурковую кислоту очищают перекристаллизацией из воды с добавлением активированного угля (примечание I). Чистую гипцурковую кислоту отфильтровывают и сушат в сушильном шкафу при 80°.

Высушенный продукт взвешивают и вычисляют выход в процентах от теоретического. Для характеристики чистоты продукта определяют его температуру плавления (примечание 2) и проводят тонкоолейную хроматографию на пластинках "Силуфол" (примечание 3). Гипцурковую кислоту переносят в чистую сухую пробирку, подпишивают и сдают преподавателю.

ВО ВРЕМЯ СИНТЕЗА: Записывайте в рабочий журнал свою наблюдения (изменение окраски реакционной смеси, выпадение осадка, цвет, вес осадка и т.д.).

ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СИНТЕЗА: По температуре плавления и результатам тонкоолейной хроматографии сделайте вывод о чистоте продукта реакции. Запишите структурные формулы исходного хлорангидрида бензойной кислоты, глицина и полученной гипцурковой кислоты.

### П р и м е ч а н и я

I. Перекристаллизации из воды проводят в круглодонной колбе с обратным холодильником при нагревании на электроплитке. При этом для лучшей очистки в колбу добавляют на кончике скальпеля немногого активированного угля. Горячий раствор быстро фильтруют через окладчатый фильтр в чистый стаканчик, после охлаждения раствора выпавшие кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера или пористом фильтре и высушивают.

2. В запаянный с одного конца капилляр помешают растертое и хорошо вмоченное вещество, чтобы образовался столбик высотой 5 мм. Капилляр с веществом прикрепляют к шарниру термометра при помощи резинового колечка. Термометр помещают в прибор для определения температуры плавления и быстро нагревают до  $100^{\circ}$ , а поolle  $150^{\circ}$  со скоростью  $3-4^{\circ}$  в минуту. Отмечают температуру начала и окончания плавления (интервал плавления).

3. Пластинку "Силуфол" следует брать только за боковые грани, так как перенесенные с пальцев загрязнения дают после её прохождения дополнительные пятна. Для анализа продукта несколько кристаллов неочищенного и очищенного вещества помещают в две пробирки и растворяют в 3-5 каплях предложенного растворителя. Затем на пластинку при помощи капилляра наносят оба раствора. Для этого капилляр погружают в раствор исследуемого вещества, после чего осторожно прикасаются им к пластинке. Расстояние наебенных на линии старта пятен от нижнего края, боковых сторон пластинки и друг от друга должно быть не менее 1 см, а диаметр каждого пятна не должен превышать 5 мм.

Пластинку помещают в стакан, в который налит растворитель (изопропиловый спирт, аммиак, вода, 8:1:1) на высоту 5 мм. Стакан накрывают чашкой Петри и следят за движением фронта растворителя вверх по пластинке. Когда от этого фронта до верха пластины остается 1 см, пластинку быстро вынимают, отмечают карандашом положение линии фронта и оставляют на воздухе под тягой для испарения растворителя. Для проявления хроматограммы используют 0,5% раствор никтицидина в ацетоне. Этим раствором несколько раз опрыскивают пластинку из пульверизатора так, чтобы на ней не образовывались размывающие отруйки растворителя. Затем сушат пластинку на воздухе и прогревают в сушильном шкафу при  $110^{\circ}$  до появления окрашенных пятен.

Замедляют длину пробега пятна вещества от линии старта и рассчитывают величину  $R_d = AB/AB'$ , где  $AB$  - расстояние от центра пятна до линии старта,  $AB'$  - расстояние от линии старта до линии фронта растворителя.

Л и т е р а т у р а : Гюнлберг И.И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии - М.: Высшая школа, 1973, - 714.

## 10 класс

**СИНТЕЗ 2,4,6-ТРИБРОМАНИЛИНА.** Галогеносодержащие органические соединения нашли самое широкое применение в промышленности и народном хозяйстве: растворители, антисептики, инсектициды, лекарственные препараты, мономеры в производстве различных веществ.

**Задание.** Исходя из перечисленного набора реагентов, предложите схему синтеза 2,4,6-триброманилина, его очистки и идентификации.

**Реактивы:** анилин - 0,014 М, бром - 0,0375 М (в водном растворе бромида калия, гидроксид натрия - 10% раствор, спирт этиловый, соляная кислота (конц.).

**Оборудование:** штатив, коническая колба на 250 мл, капельная воронка, мерный цилиндр, стеклянная палочка, колба Бунзена, воронка Бойчуга, колба круглодонная на 100 мл, обратный холодильник, электроплитка, воронка для фильтрования, стакан на 250 мл, скальпель, медная проволока, спиртовка, бумага универсальная индикаторная.

**ПЕРЕД НАЧАЛОМ СИНТЕЗА:** В рабочий журнал запишите уравнение реакции, опишите возможный механизм образования 2,4,6-триброманилина, предполагаемые побочные реакции. Продумайте основные этапы синтеза и составьте план работы. Рассчитайте массы реагентов и теоретический выход продукта реакции. Схемы реакций, план работы и результаты расчетов покажите преподавателю.

### Внимание!

Работу проводить только в вытяжном шкафу. Остерегаться вдыхания паров брома и попадания его на руки. Соблюдать особую осторожность! Не начинать синтез без разрешения преподавателя!

## МЕТОДИКА СИНТЕЗА 2,4,6 -ТРИБРОМАНИЛИНА

В конической колбе емкостью 250 мл растворяют 0,014 М амиака в 40 мл воды и 1,3 мл конц. соляной кислоты. На штативе укрепляют капельную воронку и заливают в неё 28 мл водного раствора бромида калия, содержащего 0,0375 М брома. Постепенно по каплям приливают его в течение 15 мин в реакционную смесь при энергичном перемешивании. Реакция бромирования происходит при комнатной температуре. По окончании реакции окраска брома исчезает и выпадает в осадок триброманилин. Осадок отфильтровывают на воронке Бюхнера, промывают на фильтре раствором гидроксида натрия с массовой долей растворенного вещества 10%, затем большим количеством воды до нейтральной реакции и промывают водой. Влажный триброманилин очищают перекристаллизацией из 75 мл этилового спирта (примечание 1). Перекристаллизованный продукт отфильтровывают и сушат в сушильном шкафу при температуре 80<sup>0</sup>С. Высушившийся продукт взвешивают и вычисляют выход в процентах от теоретического. Для характеристики чистоты продукта определяют его температуру плавления (примечание 2) и проводят тонкослойную хроматографию на пластинках "Силуфол" (примечание 3). 2,4,6-Триброманилин переносят в чистую сухую пробирку, подсчитывают и сдают преподавателю.

ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ СИНТЕЗА: Записывайте в рабочий журнал свои наблюдения (изменение окраски реакционной смеси, выпадение осадка, цвет, вес осадка и т.д.).

ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СИНТЕЗА: По температуре плавления и результатам тонкослойной хроматографии сделайте вывод о чистоте продукта реакции. Предложите метод качественного определения галогена в соединении.

### Примечания.

1. Перекристаллизацию из этилового спирта проводят в круглодонной колбе с обратным холодильником при нагревании на песочной бане, при этом для лучшей очистки в колбу добавляют на кончике скребка немного активированного угля. Горячий раствор быстро фильтруют через складчатый фильтр в чистый стаканчик, после охлаждения раствора выпавшие кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера или пористом фильтре и высушивают.

2. В запаянной с одного конца капилляре помещают растертное и хорошо высушенное вещество, чтобы образовался столбик высотой около 5 мм. Капилляр с веществом прикрепляют к шарику термометра при помощи резинового колечка. Термометр помещают в прибор для определения температуры плавления и быстро нагревают до 100<sup>0</sup>С, затем со скоростью

$3-4^{\circ}$  в минуту. Отмечают температуру начала и окончания плавления (интервал плавления).

3. Пластиинки "Силуфол" следуют брать только за боковые грани, так как переносные с пальцев загрязнения дадут после её проявления дополнительные пятна. Для анализа продукта несколько кристаллов неочищенного и очищенного вещества помещают в две пробирки и растворяют в 2-3 каплях четыреххлористого углерода. Затем на пластиинку при помощи капилляра наносят оба раствора. Для этого капилляр погружают в горячую исследуемое вещество, после чего осторожно прикасаются им к пластиинке. Расстояние нанесенных на линию старта пятен от нижнего края, боковых сторон пластиинки и друг от друга должно быть не менее 1 см, а диаметр каждого пятна не должен превышать 5 мм.

Пластиинку помещают в стакан, в который налит растворитель (четыреххлористый углерод) на высоту 5 мм. Стакан закрывают чашкой. Целик и следят за движением фронта растворителя вверх по пластиинке. Когда от этого фронта до верха пластиинки останется около 1 см, пластиинку быстро внимают, отмечают карандашом положение линии фронта и оставляют на воздухе под тягой для испарения растворителя. Затем проявляют хроматограмму в парах исода.

Замеряют длину пробега пятна вещества от линии старта и рассчитывают величину  $R_f = AB/AB'$ , где АВ - расстояние от центра пятна до линии старта, АВ' - расстояние от линии старта до линии фронта растворителя.

Л и т е р а т у р а : Птицына О.А., Кулетская Н.В.,

Тимофеева В.К. и др.

Лабораторные работы по органическому  
синтезу - М.: Издательство, 1979, с. 143

## 8 класс

### Решение задач с использованием программируемого микрокалькулятора

**Задача № 1.** Краоитель кристаллический фиолетовый, используемый для изготовления чернил, обесцвечивается в щелочной среде. Количество образовавшегося продукта этой реакции по ходу процесса можно определить по формуле:

$$X = a(1 - e^{-kt}),$$

где  $k$  – константа скорости реакции первого порядка ( $k = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ л/с}$ ),  $a$  – исходная концентрация красителя ( $a = 0,05 \text{ моль/л}$ ),  $t$  – время протекания реакции (с).

**Задание:** Исходя из предложенного уравнения составьте программу (микрокалькулятор "Электроника Б 3-34") для определения количества продукта реакции за время  $t = 0, 25, 50, 100, 150, 300$  и  $500 \text{ с}$ . Команду С/П используйте 1 раз. Регистры памяти для исходных данных:  $Rg\ 0 - a$ ;  $Rg\ 1 - k$ ;  $Rg\ 2 - t$ .

Произведите вычисление величин  $X$  с использованием составленной Вами программы. Составьте таблицу зависимости  $X$  от  $t$ .

**Задача № 2.** Составьте программу (микрокалькулятор "Электроника Б 3-34") для определения массовой доли растворенного вещества (в %), если известна его масса  $m_{(8-8a)}$  и масса растворителя  $m_{(p-1a)}$ . Команду С/П используйте 1 раз. Регистры памяти для исходных данных:  $Rg\ 0 - m_{(8-8a)}$ ;  $Rg\ 1 - m_{(p-1a)}$ ;  $Rg\ 2 - 100$ . Произведите вычисление с использованием составленной Вами программы для следующих растворов:

№	Вещество	$m_{(8-8a)} \text{ г}$	$m_{(p-1a)} \text{ г}$
1	$\text{CH}_3\text{COOH}$	357,1	1794
2	NaCl	1,54	550
3	KBr	17,08	1335
4	HCl	36,5	945
5	$\text{HNO}_3$	135,0	1015

Прокомментируйте программы к задачам.

9 класс, 10 класс

Решение задач с использованием  
программируемого микрокалькулятора.

Задача № 1

Составьте программу (микрокалькулятор "Электроника Б 3-34")  
для определения массы продукта реакции С, если одно из исходных  
веществ находится в избытке по отношению к другому. Уравнение  
реакции:



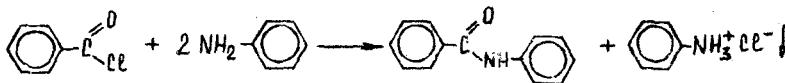
При составлении программы команду С/П используйте 1 раз. Регистры  
памяти для исходных данных: Rg0 -  $m_A$ ; Rg1 -  $m_B$ ; Rg2 -  $a$ ;  
 $Rg3 - m_A$ ; Rg4 -  $b$ ; Rg5 -  $M_B$ ; Rg6 -  $c$ ; Rg7 -  $M_C$ .

Вычислите с использованием составленной Вами программы массу  
сульфата бария, образовавшегося при взаимодействии хлорида бария  
( $m_A$ ) с сульфатом алюминия ( $m_B$ ). Данные для расчета приведены  
в таблице:

№	$m_A$ , г	$m_B$ , г
1	104,4	29,7
2	45,3	45,9
3	62,4	34,2
4	150,0	75,0
5	50,1	40,9

Задача № 2

При взаимодействии хлорангидрида бензойной кислоты с анилином  
в ненасыщенном растворе образуются бензанилид и хлористо-пропионовая  
кислота анилина:



Скорость реакции подчиняется дифференциальному уравнению второго порядка:

$$\frac{dx}{dt} = k_2(a-x)(\ell - 2x),$$

где  $k_2$  – константа скорости второго порядка ( $k_2 = 0,069 \frac{\text{л}}{\text{моль}\cdot\text{с}}$ ).

Начальные концентрации хлорангидрида бензойной кислоты и анилина соответственно равны:  $a = 0,01$  моль/л,  $\ell = 0,03$  моль/л. Здесь  $x$  – концентрация продукта реакции (моль/л) в момент времени  $t$  (с). Константа скорости равна:

$$k_2 = \frac{1}{t(\ell - 2a)} \ln \frac{a(\ell - 2x)}{\ell(a - x)}.$$

Задание. Исходя из предложенного уравнения для константы скорости составьте программу (микрокалькулятор "Электроника Б 3-34") для определения зависимости между концентрацией продукта реакции  $x$  и временем реакции  $t$ . Команду С/П используйте 1 раз. Регистры памяти для исходных данных:

$$Rg\ 0 - a; Rg\ 1 - \ell; Rg\ 2 - k_2; Rg\ 3 - x.$$

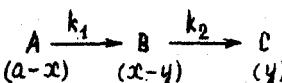
Произведите расчет времени  $t$  с использованием составленной Вами программы, варируя выход продукта реакции от 0 до 80% с интервалом в 10%. По полученным данным постройте график зависимости концентрации продукта реакции  $x$  от времени  $t$ .

Прокомментируйте программы к задачам.

Решение задач с использованием  
программируемого микрокалькулятора

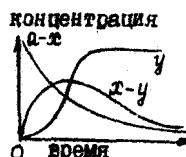
**Задача № 3**

Последовательная реакция протекает по схеме:

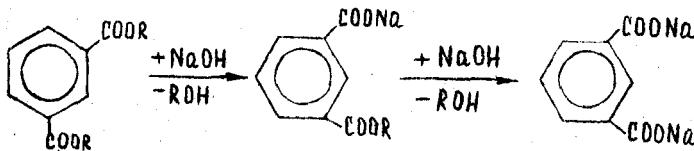


где  $k_1$  и  $k_2$  - константы скорости отдельных стадий;  
 $(a-x)$ ,  $(x-y)$  и  $(y)$  - текущие концентрации веществ A, B, C  
 соответственно.

Концентрации веществ во времени меняются следующим образом:



Примером подобного процесса может быть постадийный гидролиз диэфиров м-бензодикарбоновой кислоты в щелочной среде:



**Задание I.** Константа окорости первой стадии реакции описывается уравнением:

$$k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x},$$

где  $a$  - начальная концентрация вещества A,

$x$  - расход его во времени  $t$ .

Составить программу (микрокалькулятор "Электроника Б 3-34") и вычислить величины  $k_1$  и  $k_2$ , если известно, что начальная концентрация вещества A —  $a = 0,01$  (моль/л), а за 60 количество вещества A уменьшится в 2 раза. Отношение  $k_1/k_2$  равно 1,2.

При составлении программы команду С/П используйте 1 раз.  
Исходные данные разместите в следующих регистрах памяти:

$$Rg0 - a; Rg1 - x; Rg2 - t; Rg3 - k_1/k_2$$

**Задание 2.** Составить программу для определения максимальной концентрации вещества B, если известно, что

$$x-y = \frac{k_1 a}{k_2 - k_1} (e^{-k_2 t} - e^{-k_1 t}).$$

Исследование функциональной зависимости необходимо провести при  $t = 1, 2, 3, \dots, 20$  секунд. Значения величин  $a$ ,  $k_1$  и  $k_2$  взять из задания I. Команду С/П использовать 1 раз, переход по условию: ( $x < 0$ ). Регистры памяти для исходных данных:

$RgA - k_1$ ,  $RgB - k_2$ ,  $RgC - a$   $RgD - 0$ ,  $Rg0 - t$   
(пределное значение времени, равное 20 секундам). Время вычисления по программе 4-6 минут.

**Задание 3.** В таблице приведена программа для вычисления зависимости между концентрацией ( $y$ ) конечного продукта реакции С и временем  $t$ . Найдите эту зависимость по предложенной программе. Постройте соответствующий график ( $t = 0,5, 7, 9, 11, 14, 17, 20, 40$  с).

#### Программа

№ команды	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ИП0	ИП3	x	/-	$e^x$	ИП1	x	ИП0	ИП1	-
10	+	ИП1	ИП3	x	/-	$e^x$	ИП0	x	ИП0	ИП1
20	-	+	-	I	+	ИП2	x	C/P		

Размещение параметров в регистрах памяти:

$Rg0 - k_1$ ;  $Rg1 - k_2$ ;  $Rg2 - a$ ;  $Rg3 - t$ .

Прокомментируйте программы к заданиям I и 2 этой задачи.

## ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ

8 класс

## ЗАДАЧА № 1.

Программа

№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	I	ИП1	ИП2	x	/-/	Fe <sup>X</sup>	-	ИП0	x	C/П

Численный ответ:

$$x_i \cdot 10^3 = 0; 5,32; 10,07; 18,12; 24,54; 37,04; 44,73 \text{ (моль/л)}$$

## ЗАДАЧА № 2 . Программа

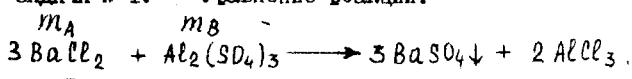
№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07
00	ИП0	ИП2	x	ИП0	ИП1	+	+	C/П

Численный ответ:

$$w_i = 16,6; 0,279; 1,26; 3,72; 11,7(\%)$$

9 класс

## ЗАДАЧА № 1. Уравнение реакции:



$$M_A = 208 \quad M_B = 342 \quad M_C = 233$$

Программа

№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ИП2	ИП3	x	ИП1	x	ИП4	+	ИП5	+	ИП0
10	-	Ex<0	24	ИП6	ИП7	x	ИП1	x	ИП4	+
20	ИП5	+	ИП	33	ИП6	ИП7	x	ИП0	x	ИП2
30	+	ИП3	+	C/П						

$$\text{Численный ответ: } M_C = 60,7; 50,7; 69,9; 153,3; 56,1 \text{ (г)}$$

**ЗАДАЧА № 2. Уравнение для программирования:**

$$t = \frac{1}{k_e(b-2a)} \ln \frac{a(b-ex)}{b(a-x)};$$

Программа

№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ИП1	ИП3	2	x	-	ИП0	x	ИП0	ИП3	-
10	ИП1	x	*	Fln	ИП2	*	ИП1	ИП0	2	x
20	-	*	C/P							

Данные для построения графика:

№ пп	$\omega, \%$	$x,$ моль/л	t	
			с	мин
1	0	0	0	0
2	10	0,001	52,7	0,88
3	20	0,002	116	1,93
4	30	0,003	193	3,22
5	40	0,004	290	4,85
6	50	0,005	417	6,95
7	60	0,006	588	9,80
8	70	0,007	834	13,9
9	80	0,008	1230	20,5

Задача № 3

Задание I. Программа

№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ИПО	+	ИП1	-	+	F6и	ИП2	+	ИА	ИП3
10	+	ИВ	0/И							

$$k_1 = 0,1161 \text{ л/с}; \quad k_2 = 0,0963 \text{ л/с} \quad \text{ИП1} = k_1; \quad \text{ИП2} = k_2$$

Задание 2.

Программа

№ команд	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ИП0	ИП1	х	/-	F <sub>0</sub> <sup>x</sup>	ИП0	ИП2	х	/-	F <sub>0</sub> <sup>x</sup>
10	-	ИП1	х	ИП3	х	ИП2	ИП1	-	+	И1
20	ИД	-	F <sub>x&lt;0</sub> 28	F <sub>40</sub>	00	ИД	С/П	ИП1	ИП2	
30	И1	24								

Ответ:  $(x-y)_{\text{max}} = 4,02 \cdot 10^{-3}$  моль/л

Задание 3.

Зависимость  $y$  от  $t$  имеет вид:

$$y = a \left( 1 + \frac{\frac{k_1 e^{-k_1 t}}{k_1 - k_2} - \frac{k_2 e^{-k_2 t}}{k_1 - k_2}}{k_1 - k_2} \right)$$

Для построения графика – следующие данные:

$t, \text{ с}$	0	5	7	9	11	14	17	20	40	50
$y \cdot 10^3, \text{ моль/л}$	0	0,99	1,69	2,45	3,23	4,34	5,35	6,22	9,22	9,67







