

## УЧЕБНИЯТ ХИМИЧЕН ЕКСПЕРИМЕНТ В МОДУЛ 4. ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И РЕШЕНИЯ

**Наско Стаменов**

*Национална природо-математическа гимназия „Акад. Любомир Чакалов“ – София*

**Резюме.** Разработени са учебни експерименти, които могат да се изпълняват, без да е необходим специфичен кабинет или скъпи консумативи. Целта на тези експерименти е да дадат възможност за изпълнение на лабораторните упражнения от модул 4 по евтин, лесен и безопасен начин, което да помогне на повече ученици да придобият съответните умения.

**Ключови думи:** аналитична химия; лабораторен експеримент; евтин експеримент

### Увод

С началото на втория учебен срок на учебната 2021/2022 година колегите по химия и ООС започват да се сблъскват с предизвикателствата на модул 4 от втория гимназиален етап – „Методи за контрол и анализ на веществата“. В този модул са застъпени голям брой лабораторни упражнения, които на пръв поглед са много трудни за изпълнение в средното училище. Тази статия има за цел да опише начини за провеждане на съответните лабораторни упражнения по лесен и безопасен начин, възможен за бюджета на всяко българско училище.

### Разделяне чрез течено-течна екстракция

Обикновено за такова упражнение са необходими трудни за намиране органични разтворители и делителни фунии. Предложеният вариант изисква по-малки обеми.

Реактив	Къде може да бъде намерен
Меден сулфат	Химически магазин, агроаптека
Железен трихлорид	Химически магазин, магазини за печатни платки, някои агроаптеки
Калиев йодид	Химически магазин
Керосин, лампов газ	Химически магазин, железария
При липса на калиев йодид йод може да се екстрахира и от йодна тинктура	
Йодна тинктура/йод повидон	Аптека

Пособия

Пособие	Брой	Къде може да бъде намерено
Спринцовка 10 ml	Колкото са учениците или участващите групи	Аптека
Бехер (50 или 100 ml)	4x броя спринцовки	Химически магазин
Пластмасови лъжици	2x броя спринцовки	Супермаркет
Ръкавици	2x броя спринцовки	Аптека
При липса на достатъчно стъклени чаши те могат да се заменят с пластмасови		
Пластмасови чаши	4x броя спринцовки	Супермаркет

Преди упражнението проверете дали спринцовките и чашите издържат на разтворителя (очаква се да имат добра устойчивост).

*Процедура*

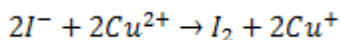
1. Учениците добавят малко количество (на върха на пластмасова лъжица) меден сулфат (и/или железен трихлорид) към една от чашите.
2. Добавят малко количество (на върха на пластмасова лъжица) калиев йодид.
3. Към двете чаши се добавят по около 10 ml вода, разбърква се до разтваряне.
4. Съдържанието на чашата с калиев йодид се излива в другата чаша и се записват наблюдаваните промени.

Когато се използва готов разтвор на йод (тинктура, повидон), първата стъпка е от този разтвор да се налят около 10 ml на ученик/група.

5. С помощта на спринцовката се изтегля 1 ml от продукта на реакцията в точка 4.
6. Със същата спринцовка учениците изтеглят 1 ml лампов газ.
7. Докато спринцовката е обърната с отвората нагоре, буталото се издърпва до достигане на 3 ml.
8. Отворът на спринцовката се запушва с палец, който е защитен с ръкавица, и енергично се разклаща.
9. Наблюдава се промяна на цвета на ламповия газ (от безцветно в лилаво).
10. Спринцовката се обръща с отвората надолу над празна чаша и учениците внимателно изпускат само водната фаза.
11. Органичната фаза се изсипва в четвъртата чаша или в общ съд за отпадъци.

След упражнението може да се осъществи дискусия, като интересни точки са следните.

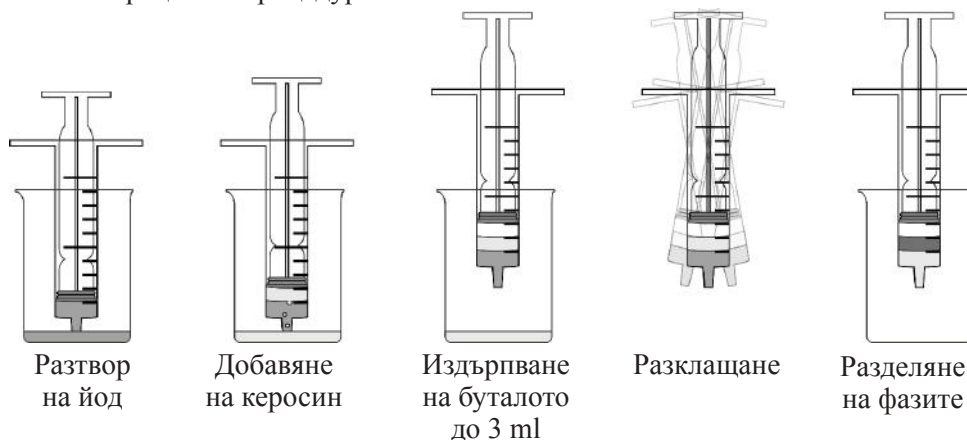
Химичните промени, изразени с подходящи уравнения



Плътността и вида на течните фази.

Цветът на йода във водната и в органичната фаза.

Илюстрация на процедурата:



### Тънкослойна (хартиена) хроматография

Това упражнение може да се осъществи с различни цветни вещества и голям набор от разтворители. В учебниците, които в момента са на пазара, има описани лабораторни упражнения, при които се разделят багрилата от флумастер с разтворител вода, като най-простият начин е върху хартия<sup>1)</sup>. Тъй като има описан най-достъпният възможен вариант, няма нужда да оставаме на тази тема.

### Получаване на комплексни съединения

В този лабораторен час учениците си припомнят познанията, свързани с комплексни съединения, както и как комплексообразуването може да се използва в аналитичната химия.

Предложени са два експеримента, изпълняващи тези цели.

Реактив	Къде може да бъде намерен
Меден сулфат	Химически магазин, агроаптека
Натриев хлорид	Химически магазин, супермаркет
Натриева основа	Химически магазин, супермаркет (като препарат за отпушване на канали за топла вода), железария (сода, сода каустик)
Алуминиева сол	Химически магазин, аптека (калиево-алуминиев сулфат, стипца)
Цинкова сол	Химически магазин (може да бъде и приготвена)
Амоняк	Химически магазин, аптека (аптекарският амоняк е с по-ниска концентрация)

Цинкова сол може да се приготви от цинков оксид – продава се в някои „био“ магазини. Цинковият оксид се прибавя в излишък към предварително измерено количество солна киселина. Разбърква се енергично, оставя се нереагиралият оксид да се утаи. Разтворът се филтрува или отдекантира.

*Пособия*

Пособие	Брой	Къде може да бъде намерено
Бехер (50 или 100 mL)	4x броя на учениците/групите	Химически магазин
При липса на достатъчно стъклени чаши те могат да се заменят с пластмасови		
Пластмасови чаши	4x броя на учениците/групите	Супермаркет
Пластмасови лъжици	5x броя на учениците/групите	Супермаркет

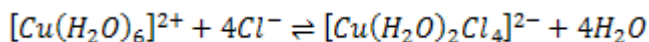
#### I. Стабилност на комплексни съединения

Медните йони са подходящи за изследване на стабилност на комплекси, защото получаващите се съединения са лесно различими по цвят.

##### *Процедура*

1. В празна, чиста чаша учениците поставят половин лъжица меден сулфат.
2. Прибавят вода, така че да покрие кристалите.
3. Разтворът се разбърква, докато спре да се разтваря медният сулфат.
4. Отбелязва се цветът на разтвора.
5. Добавя се половин лъжица натриев хлорид.
6. Цветът на разтвора се записва.
7. Добавя се вода до промяна на цвета.
8. Добавя се натриев хлорид до промяна на цвета.

Тук може да се дискутират наблюдаваните промени. Случва се обмен на частици във вътрешната координационна сфера на медния комплекс:



След като се обърне внимание на процеса и наблюдаваните промени, се преминава към следващия етап.

9. Добавя се амоняк до разтваряне на получената утайка.
10. Добавя се половин лъжица натриев хлорид.

След тази част може да се коментира, че амин-комплекса е много по-стабилен и реакцията не протича към получаване на тетрахлоридокупратен йон.

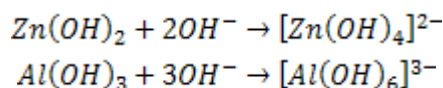
#### II. Изследване на различията в афинитета към определени лиганди

1. В празна чаша се наливат около 20 ml вода.
2. Към водата се добавя половин лъжица натриева основа и се разбърква.
3. Към две празни чаши се добавят съответно четвърт лъжица от алуминиевото съединение и четвърт лъжица от цинковото (ако цинковият хлорид е вече в разтвор, се налива директно).

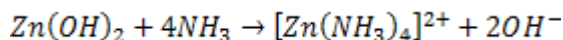
- Добавят се по около 20 ml вода към двете чаши (тази стъпка не се прави при вече готов разтвор на цинков хлорид).
- Последователно в двете чаши се прибавя на порции натриева основа до получаване на съответните утайки.
- Утайките се разделят на две порции, като внимателно се отлее по половината от всяка в нова чаша.
- Към първата порция утайки (оригиналните две чаши) се прибавя натриева основа до разтваряне.
- Към втората порция утайки се прибавя амоняк.

### Дискусия

И двата йона образуват комплексни съединения с хидроксидни йони



Само цинковите йони имат афинитет към амонячните молекули



### Качествени реакции и доказване на йони

Основни проблеми при изпълнението на упражненията по качествен полу-микроанализ са голямото количество необходими епруветки и акумулирането на голям обем отпадъчни разтвори и утайки. Тези проблеми са леснорешими с помощта на микроексперименталния поход. При него учениците използват по капка от всеки реактив, която се нанася на точно определени места върху предварително принтиран лист, сложен в полиетиленов джоб за документи. Така изпълнен, експериментът може да се извърши в произволна стая, а след приключване на разтворите и утайките от капковия лист просто се забърсват с кухненска хартия.

Самите разтвори се зареждат предварително в пипети Пастър, като в зависимост от упражнението (наблюдаване на реакции за доказване на йони или разпознаване на разтвори с неизвестно съдържание) пипетите могат да се надпишат със съответния разтвор или да се номерират.

Учителят може да принтира специфичен лист и да подбере реактиви по избор, но тук е дадена примерна задача за разпознаване на непознати вещества чрез смесването им помежду им и промяната на цвета на индикатор.

#### Необходими пособия

Пособие	Брой	Къде може да бъде намерено
Джоб за документи	= броя на учениците/групите	Книжарница
Пипети Пастър PP ≤3mL	5x броя на учениците/групите	Химически магазин/аптека
Домакинска хартия	1 ролка	Супермаркет

*Необходими реактиви*

Реактив	Къде може да бъде намерен
Меден сулфат	Химически магазин, агроаптека
Солна киселина	Химически магазин, железария (киселинен каналин, муриатична киселина)
Натриева основа	Химически магазин, супермаркет (като препарат за отпушване на канали за топла вода), железария (соде, сода каустик)
Натриев хидрогенкарбонат	Супермаркет (сода за хляб)
Амониев хидрогенкарбонат	Супермаркет (амонячна сода)
Индикаторна хартия	Химически магазин, аптека

При пълна невъзможност да се намери индикаторна хартия, учителят може да приготви сам такава по следния начин.

От супермаркет или плод и зеленчук се купува червено зеле. Отстраняват се най-външните листа. Взима се листо без следи от насекоми и гниене и се нарязва или накъсва на малки парченца. Сварява се в минимално количество вода. Полученият зелев извлек се прецежда. На тава, поднос или друг подходящ плитък съд се разстилат късове кухненска хартия. Късовете се заливат със зелевия извлек, без да се наблюдава изтичане. Така приготвените листове се оставят на сухо място или внимателно се подсушават със сешоар при високо нагриване и ниска скорост. След като листовите са сухи, могат да бъдат нарязани до подходящ размер.

Друга част от предварителната подготовка е да се поставят капковите листове в полиетиленови джобове. Джобовете са достатъчно химически устойчиви, за да може да се накапва спокойно върху тях, и лесно се чистят. От друга страна, ползването на малки капки намалява риска от разливане – тъй като се работи с водни разтвори, повърхностното напрежение на водата е достатъчно, че да държи капката на място.

*Примерен капков лист:*

	1	2	3	4	5
И					
1	X				

2		X			
3			X		
4				X	
5					X

Индикатор:

Разтвор	1	2	3	4	5
pH					

Наблюдавани промени:

1+2	1+3	1+4	1+5	2+3	2+4	2+5	3+4	3+5	4+5

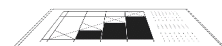
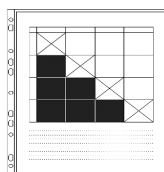
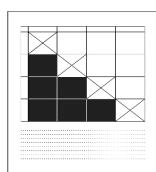
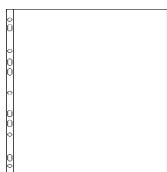
Уравнения на процесите:

.....

.....

.....

.....  
 .....  
 .....  
 .....



Поставяне  
на капковия лист  
в джоба

Така приготвеният капков  
лист е химически устой-  
чив и готов за употреба

Капковият лист може  
да се постави директно  
върху чин

### Доказване на функционални групи в органични съединения

Някои от качествените реакции за доказване на функционални групи изискват нагряване, което невинаги може да бъде приложено. Тук е предложено лабораторно упражнение, което показва как някои от реакциите могат да се използват за сравняване на продукти.

Пособие	Брой	Къде може да бъде намерено
Пластмасови чаши	Брой таблетки x броя на учениците/групите	Супермаркет
Пипети Пастър PP ≤3mL	(Брой таблетки + 4) x броя на учениците/групите	Химически магазин, аптека
Пластмасови лъжици	4x броя на учениците/групите	Супермаркет

Реактив	Къде може да бъде намерен
Меден сулфат	Химически магазин, агроаптека
Натриева основа	Химически магазин, супермаркет (като препарат за отпушване на канали за топла вода), железария (соде, сода каустик)
Железен трихлорид	Химически магазин, магазини за печатни платки, някои агроаптеки
Йодна тинктура/йод повидон	Аптека
Таблетки, съдържащи ацетилсалицилова киселина на различни фирми	Аптека

С тези реактиви може да се изпълни и микроексперимент върху капков лист. Примерен капков лист е даден след описанието на процедурата.



*Процедура:*

1. По една таблетка от всеки вид се поставя в празна чаша.
2. Към всяка таблетка се добавят по 1 – 2 ml вода.
3. Разтварят се твърдите вещества, като по половин лъжица от всяко се постави в чиста чаша и се добавят около 10 ml вода.
4. Към последната чаша се добавят около 10 ml вода и 4 – 5 капки йодна тинктура/йод повидон.
5. С чисти пипети се нанасят проби от всяка таблетка на съответните места по капковия лист. Нека пробите съдържат както от получения бистър разтвор, така и от неразтворения твърд остатък.
6. Към първата проба от всяка от таблетките се добавя по една капка железен трихлорид и се записва забелязваната промяна.
7. Към втората проба от всяка от таблетките се добавя последователно една капка меден сулфат и една капка натриева основа.
8. Към третата проба от всяка от таблетките се добавя последователно по една капка от разределения разтвор на йод.

Примерен капков лист

Търговски продукт	Железен трихлорид	Меден сулфат/ натриева основа	Разтвор на йод
1.			
2.			
3.			

4.			
----	--	--	--

*Наблюдавани промени:*

.....

.....

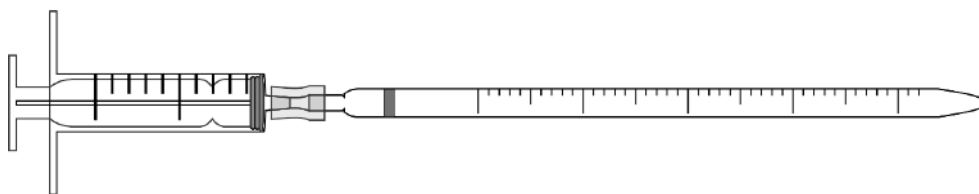
.....

*Точки за дискусия при този експеримент са:*

1. Какви промени е очаквано да се забележат, предвид описания в листовката състав?
2. Какви промени наистина се наблюдават и на какво се дължи евентуална разлика с предположението?
3. Различават ли се различните търговски продукти един от друг с помощта на тези реакции?

### **Обемен анализ**

Основни проблеми пред обемен анализ в средното училище са: скъпата стъклария, трудността при приготвяне на разтвори и големината на класа. За справяне с тези проблеми предложението отново е експеримент в умален мащаб. В книгата за експерименти в умален мащаб на Боб Уорли<sup>2)</sup> е дадено предложение за направата на малка бюрета, която се състои от спринцовка, пипета Мор и малко парче маркуч, което свързва двете пособия:



В момента на писане на статията най-ниските цени, които авторът намира, са:

<b>Пособие</b>	<b>Цена, лв.</b>
Бюрета Мор, 25 ml стъкло	32,4
Пипета Мор, 5 ml PS	0,6
Спринцовка, 10 ml	0,1
Маркуч Ф6 мм	1,69/м

Тези цени показват, че на цената на една стъклена бюрета могат да се изработят 44 малки бюрети. Повече от достатъчно за един клас. Благодарение на този спад в цената, а и в нужните обеми, авторът смята, че всички описани титрувални анализи могат да се изпълнят както са дадени в учебниците (естествено, след съответните корекции в необходимите количества). Единствена забележка е, че ако се извършва йодометрично изследване, при което разтворът на йод е в бюретата, трябва да се работи бързо и бюретата да се измие добре веднага след работа, защото в противен случай цветът ѝ ще премине в бледорозов заради разтварящия се в полимера йод. Ако все пак това се случи, просто оставете празната бюрета на проветри

во място и йодът постепенно ще се освободи.

Ако достъпът до реактиви е затруднен, може да се изпълни следната серия от опростени експерименти: стандартизиране на разтвор на йод → определяне съдържанието на витамин С в плодове.

Реактив	Къде може да бъде намерен
Йодна тинктура/йод повидон	Аптека
Пречистена вода	Химически магазин, аптека
Таблетки и сашета витамин С с различна концентрация (100, 200, 500 mg)	аптека
Нишесте (за предпочитане неовкусено, царевично)	Супермаркет
Цитрусови плодове	Супермаркет, плод и зеленчук
Вместо цитрусови плодове може да се използва готов сок от магазина – било то прясно изцеден, или в кутия	

Тук има два избора на пособия в зависимост от възможностите за експеримент. И в двата варианта е необходимо да има везна, с която да се отмери количеството цитрус.

Пособие	Брой	Къде може да бъде намерено
Пластмасови чаши	13 x броя на учениците/ групите	Супермаркет
Пипети Пастър PP $\leq 3\text{mL}$	1x броя на учениците/ групите	Химически магазин, аптека
Бюрета, като описаната в началото	1x броя на учениците/ групите	Химически магазин/железария/аптека
Везна	1 брой	Магазин за домашни потреби, железария, бижутерски магазин, химически магазин, специализиран магазин за везни
Сокоизстисквачка	1 брой	Магазин за домашни потреби

*Предварителна подготовка*

Обичайно разтворите на йод за дезинфекция са с концентрация от 10 масови % йод, което означава около 0,8 mol/L. Удобно е да се работи с разтвори, с концентрация не повече от 0,5 mol/L, така че разтворът на йод се разрежда около 1:1 с пречистена вода.

Една лъжица нишесте се сварява в 100 ml вода. Охлажда се и от получения разтвор се добавя на капки към разредения разтвор на йод до тъмносиньо оцветяване.

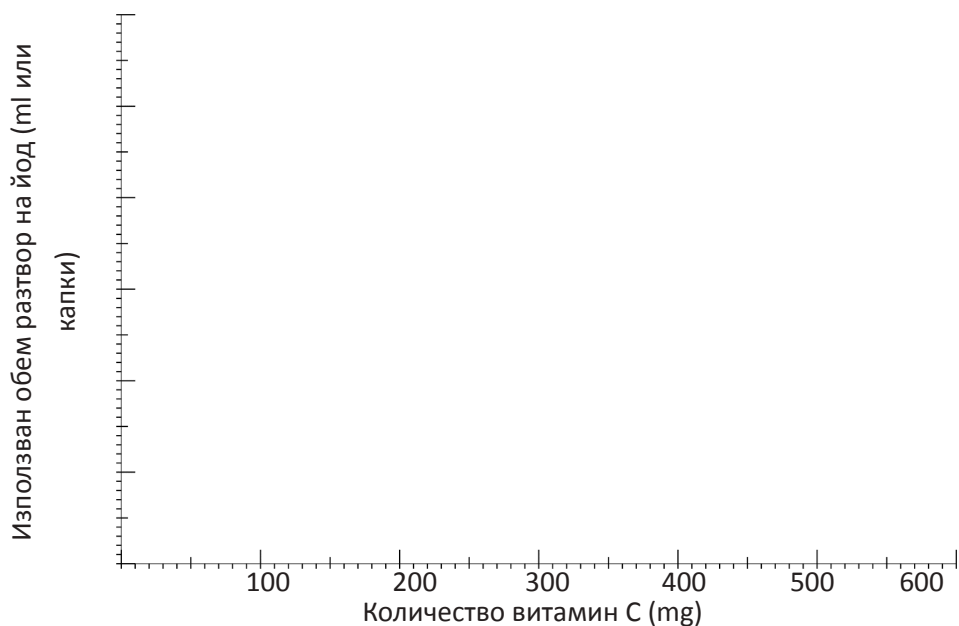
Непосредствено преди часа или докато учениците се занимават със стандартизация, учителят или доброволец трябва да изстиска сока от избраните цитруси.

*Процедура*

1. В три чисти чаши поставяме по една таблетка / изсипваме едно саше витамин С, съдържаща 100 mg.
2. В три чисти чаши поставяме по една таблетка / изсипваме едно саше витамин С, съдържаща 200 mg.
3. В три чисти чаши поставяме по една таблетка / изсипваме едно саше витамин С, съдържаща 500 mg.
4. В деветте чаши се сипва около 10 ml вода. Разклащат се до разтваряне. При нужда се добавя още един ml вода.
5. С пипетата или с бюретата се взима от тестовия разтвор. Последователно се накапва от него в една от чашите, докато разтворът стане бледо сивосин и цветът не изчезва след разклащане. Повтаря се за всички проби.
6. При достигане на споменатите условия се записва обемът на изразходвания разтвор. В милилитри за бюретата и в капки за пипетата.
7. Данните се записват в следната таблица

	1	2	3	средно
100 mg				
200 mg				
500 mg				

Средните стойности се използват за постояване на стандартна права за титруването – обем разтвор на йод, като функция от количеството витамин С.



9. В три чаши се наливат по около 100 грама цитрусов сок (премерени с точността на везната, това е най-времеемката част, може да бъде изпълнена и преди часа).

10. Точка 5 се повтаря за пробите сок.

11. Изчислява се средната стойност на получения обем. Средната стойност се засича със стандартната права.

*Забележка:* без добавен витамин С е възможно стойността за 100 g сок да е между 50 и 100 mg.

*Дискусия:* пресмята се съдържанието на витамин С в сока за 100 g. Обсъжда се къде се натрупва грешка в процедурата.

### Заклучение

В тази статия са описани варианти и процедури, които правят възможни лабораторните часове по аналитична химия дори и в училища с много малък бюджет и малко часове. Работата е написана с цел да помогне на колеги, които искат да покажат в пълнота Модул 4, но по една или друга причина досега не са имали тази възможност.

## БЕЛЕЖКИ

1. Методи за контрол и анализ на веществата, Модул 4, страница 47, Педагог 6 ISBN9789543242870.
2. Understanding chemistry through microscale practical work, страница 51, ISBN 9780863574788.

## LABORATORY EXERCISES IN MODULE 4. CHALLENGES AND ANSWERS

**Abstract.** This article displays experiments developed for times when a lab or equipment is not available. The goal is for the lab work in Module 4 to be done with cheap and harmless materials, which will provide more students with the needed lab skills.

*Keywords:* analytical chemistry; laboratory experiment; budget experiment

✉ **Nasko Stamenov**

ORCID iD: 0000-0002-6845-7379

“Acad. Lyubomir Chakalov” National High School of Mathematics and Science  
52, Bigla St.

1164 Sofia, Bulgaria

E-mail: nasko.stamenov@npgm.org