

*Letters to the Editor
Писма до редакцията*

ОБУЧЕНИЕ ПО УЧЕБНАТА ДИСЦИПЛИНА „АНАЛИТИЧНА ХИМИЯ“ (КРАТЪК КУРС) ЗА СТУДЕНТИ ОТ НЕХИМИЧЕСКИ СПЕЦИАЛНОСТИ

CHEMISTRY MINOR PROGRAMS: TEACHING AND LEARNING OF ANALYTICAL CHEMISTRY

¹С. Александров, ²М. Бонева

¹Софийски университет „Св. Климент Охридски“

²Шуменски университет „Епископ Констрантин Преславски“

В учебния план на някои специалности, които най-общо се определят като „нехимически“, например биология, молекулярна биология, биотехнология, екология и опазване на околната среда, хидрология и инженерна геология, геология и проучване на минерални и енергийни ресурси, сондиране и добив на нефт и газ, агрономство, растителна защита и др., е предвидено обучение по аналитична химия. Естествено е, че с това възниква сериозният проблем каква част от огромния учебен материал по аналитична химия да се подбере и по какъв начин този материал да се преподава. Макар и да има известна субективна преценка на преподавателя, комуто е възложено обучението на студентите в съответната специалност, по наше мнение има някои общи задължителни изисквания, които трябва да бъдат спазвани. Необходимо условие е студентите в някаква степен да са запознати с основите на неорганичната или общата химия. Колкото и малък хорариум да е предвиден в учебния план за краткия курс по аналитична химия, в края на обучението, студентите трябва да бъдат наясно с: (1) основните химични процеси, които съставят теоретичните основи на аналитичната химия; (2) основните етапи на аналитично изследване на веществата; (3) възможностите за вземане на представителна проба от обекта и подготовката ѝ за анализ; (4) принципите и методите на качествения и количествения аналитичен анализ; (5) обработката и представянето на получените резултати.

Според нас оптимален брой лекционни часове е 30 часа – 15 учебни седмици, по 2 часа седмично лекции. При възможност е желателно лабораторните упражнения да бъдат 45 ч – по 3 ч седмично. Преподаването трябва да се организира така,

че студентите да придобият представа и за инструменталните методи за анализ. Както в лекционния материал, така също и в упражненията трябва да присъстват проблеми, тясно свързани със съответната специалност.

В резултат на нашия многогодишен опит ние препоръчваме при малък брой часове в учебния план, най-напред да се направи опит за намаляване на обема на учебния материал по всички теми, а не да отпаднат цели раздели. По-добре е студентите да имат известна, макар и повърхностна представа за повече проблеми, стоящи пред аналитичната химия, отколкото повече знания по определена тема.

Съдържанието на лекционния курс при предвидени 30 ч лекции би могло да бъде:

1. Предмет, задачи и методи на аналитичната химия. Значение на аналитичната химия за съответната специалност (биология, молекулна биология, биотехнология, екология и опазване на околната среда хидрология и инженерна геология, геология и проучване на минерални и енергийни ресурси сондиране и добив на нефт и газ, агрономство, растителна защита и др.) – 0,5 ч.

2. Химично равновесие. Видове равновесни константи – 0,5 ч.

3. Киселинно-основни равновесия. Класически и съвременни представи за киселини и основи. Протолитна теория на Брьонстед и Лаури. Автопротолиза на водата. Сила на протолитите – 1 ч.

4. Концентрация на хидроксониевите катиони / рН / в разтвори. Изчисляване на стойността на рН във водни разтвори на протолити. Хидролиза. Буферни разтвори – 1 ч.

5. Комплексообразователни равновесия. Комплексни съединения и процес на комплексообразуване. Роля на комплексообразователя и на лигандите в процеса на комплексообразуване. Стабилност на комплексните съединения. Влияние на различни фактори върху стабилността на комплексните съединения. Примери за строеж и свойства на някои по-важни комплексни съединения – 2 ч.

6. Химично равновесие в хетерогенна система. Разтворимост и произведение на разтворимост. Образуване и разтваряне на утайки. Влияние на различни фактори върху разтворимостта на утайките. Условно произведение на разтворимост – 2 ч.

7. Окислително-редукционни процеси. Електроден потенциал. Уравнение на Нернст. Пример за галванична клетка. Нормален водороден електрод. Определяне на посоката, в която протичат окислително-редукционните процеси. Влияние на различни фактори върху стойността на електродния потенциал. Скорост на окислително-редукционните процеси – 2 ч.

8. Етапи на аналитичното изследване на веществата. Вземане на проби за анализ от твърди вещества, течности и газове – 1 ч.

9. Предварителна подготовка на пробите за анализ. Разтваряне на пробите за анализ с различни разтворители – 1 ч.

10. Химични методи за качествен анализ. Класификация на катиони и аниони – 1 ч.

11. Единични реакции за доказване на йони. Системен химичен качествен анализ – 1 ч.

12. Физични и физикохимични методи за качествен анализ. Качествен атомно-емисионен спектрален анализ. Флуоресцентни методи за качествен анализ – 2 ч.

13. Обща характеристика на химичните методи за количествен анализ. Основни положения в количествения анализ. Грешки в количествения анализ. Точност и възпроизводимост на резултатите. Обработка на опитните данни. Класификация на химичните методи за количествен анализ – 1 ч.

14. Тегловен анализ (гравиметрия). Етапи на утаечното тегловно определяне. Изчисляване на резултатите – 1 ч.

15. Титриметрични методи за количествен анализ (обемен анализ). Обща характеристика. Класификация на методите. Приготвяне на стандартни разтвори (титранти). Измерване на обеми в титриметричния анализ. Изчисляване на резултатите – 1 ч.

16. Киселинно-основно титруване (протонометрия). Индикатори при титруването. Криви на титруване. Построяване на крива на титруване на силен протолит със силен и на силен протолит със слаб. Титруване в неводна среда – 2 ч.

17. Комплексометрично титруване. Индикатори. Криви на титруване – 2 ч.

18. Окислително-редукционно-титруване. Криви на титруване. Индикатори. Перманганатометрия. Йодометрия – 1 ч.

19. Инструментални методи за количествен анализ. Обща характеристика.

Електроаналитични методи за анализ. Потенциометрични методи. Електротегловен анализ – 1 ч.

20. Оптични (спектрални) методи за анализ. Атомни спектрални методи за анализ. Атомноемисионен спектрален анализ. Атомноабсорбционен спектрален анализ – 1 ч.

21. Молекулни спектрални методи за анализ. Колориметрични и фотометрични методи за анализ – 1 ч.

22. Обща характеристика на методите за разделяне и концентриране. Екстракционни и хроматографски методи – 2 ч.

23. Количествен анализ на газове – 1 ч.

24. Аналитичната химия и перспективите в развитието на съответната специалност – 1 ч.

Чрез лабораторните упражнения студентите трябва да придобият основни умения и навици за провеждане на качествен и количествен аналитичен анализ.

Лабораторните упражнения биха могли да се провеждат по следната примерна програма:

1. Упътване за работа в химическа лаборатория. Техника на безопасна работа и даване на първа помощ при несчастни случаи. Техника на работа при провеждане на качествен полумикроанализ – 1 ч.

2. Класификация на катионите на аналитични групи. Групови реактиви за откриване на катионите от съответната аналитична група. Първа аналитична група. Единични реакции за откриване на катионите на Ag^+ и Pb^{2+} – 1 ч.

3. Задача за откриване на катионите на Ag^+ и Pb^{2+} – 1 ч.

4. Единични реакции за откриване на катионите на Cu^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} и As^{3+} – 2 ч.

5. Задача за откриване на катионите на Cu^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} и As^{3+} – 2 ч.

6. Единични реакции за доказване на катионите на Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} и Zn^{2+} – 2 ч.

7. Задача за откриване на катионите на Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} и Zn^{2+} – 2 ч.

8. Единични реакции за откриване на катионите на Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и NH_4^+ – 2 ч.

9. Задача за откриване на катионите на Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и NH_4^+ – 2 ч.

10. Единични реакции за откриване на NO_3^- . Екстракционно разделяне на Cl^- и Br^- (демонстрационно). Хартенохроматографско разделяне на Cu^{2+} и Cd^{2+} или на Fe^{3+} и Co^{2+} (демонстрационно). Микрокристалскопски реакции (демонстрационно) – 3 ч.

11. Запознаване с техниката на работа в титриметричния анализ. Приготвяне на разтвори с позната концентрация (стандартни разтвори, титранти). Измерване на обеми в титриметричния анализ – 1 ч.

12. Протонометрия. Приготвяне на 0,1М разтвор на HCl с помощта на титроустановител боракс или Na_2CO_3 . Приготвяне на 0,1М разтвор на NaOH . Индикатори при титруването. Изчисляване и представяне на концентрацията на разтворите – 3 ч.

13. Задачи за определяне на концентрацията на оцетна киселина, на ортофосфорна киселина (като еднопротонна) и на разтвор на сода каустик. Изчисляване на резултатите – 3 ч.

14. Комплексометрично титруване. Приготвяне на разтвор с позната концентрация на ЕДТА с титроустановител разтвор на цинк. Индикатори в комплексометрията. Определяне на твърдостта на вода – 3 ч.

15. Окислително-редукционно титруване. Йодометрия. Приготвяне на стандартен разтвор на $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и на йод – 3 ч.

16. Задачи за определяне на витамин С, глюкоза и на концентрацията на Cu^{2+} в разтвор – 3 ч.

17. Измерване на рН на разтвори. Работа с рН-метър – 1 ч.

18. Потенциометрично титруване на смес от солна и борна киселина – 2 ч.

19. Молекулни спектрални методи за анализ. Фотометрия. Фотометрично определяне на концентрацията на желязо в разтвор с реактив сулфосалицилова киселина – 1 ч.

20. Запознаване с апаратурата в лаборатория по инфрачервена спектроскопия. Разчитане на спектри – 2 ч.

21. Запознаване с апаратурата по атомноемисионен и атомноабсорбционен спектрален анализ. Демонстрационно приготвяне на разтвор с неизвестна концентрация и следващо определяне на концентрацията – 3 ч.

22. Запознаване с апаратурата по хроматографски метод за анализ. Демонстрационно приготвяне на разтвор с неизвестна концентрация и следващо определяне на концентрацията – 2 ч.

По време на работата на студентите в лабораторията се поставя текуща оценка в зависимост от резултатите, които представят.

Изпитът се провежда с тест. В зависимост от броя на студентите може да се подготви един вариант или няколко варианта на теста.

Примерен вариант на тест за изпит по аналитична химия

1. Подчертайте верния отговор:

Киселините са вещества, които: отдават електрони, приемат протони, отдават хидроксидни йони, отдават протони, приемат лиганди, отдават лиганди, приемат електрони, приемат хидроксидни йони – 5 точки.

2. Попълнете пропуснатото:

pH на чистата вода е, средата е кисела, когато pH е и средата е основна когато pH е – 5 точки.

3. В стъклен съд има разтвор на киселина с pH = 3. Добавена е вода и разтворът е разреден 10 пъти. Измерената нова стойност на pH е 3.5. Преценете това разтвор на силна или слаба киселина е – 6 т.

4. Подчертайте верния отговор:

Един от следните изрази се използва за представяне на произведението на разтворимост: $pH = -\lg C_{HA}$; $pH = -\lg C_{H^+}$; $K_s = C_{M^+} \cdot C_{A^-}$; $pH = 1/2 (pK_a - \lg C_{HA})$; $M + nL = ML_n$; $aA + bB = cC + dD$; $\beta_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots$; $pOH = -\lg C_b$; $pH = 14 - pOH$. Обяснете кога след смесване на два разтвора започва да се образува утайка – 5 точки.

5. Изчислете стойността на pH на разтвор на солна киселина с концентрация 0,1 M и на разтвор на натриева основа също с концентрация 0,1 M – 5 точки.

6. Изравнете реакцията на окислително-редукционния процес:

$Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} + \dots = 2Cr^{3+} + Fe^{3+} + \dots$ – 5 точки.

7. Кои основни химични процеси се използват в химичните методи за качествен анализ. Дайте примери:

.....,,

8. Попълнете пропуснатото

В титриметричния анализ се измерва на реактив с, който взаимодейства с измерен от разтвора на анализираното – 4 точки.

9. Допълнете пропуснатото: При построяване на кривите на титруване в про-
тонометрията, комплексометрията, редоксиметрията на абсцисната ос се нанася
....., а на ординатната ос – – 4 точки.

10. Начертайте примерна титрувална крива – 5 точки.

11. Допълнете изречението:

В титриметричния анализ се използват следните мерителни съдове
..... – 4 точки.

12. Подчертайте верния отговор:

Стъкленият електрод представлява: стъклена тръбичка, потопена в стопилка, електролизна клетка, солев мост, метален проводник, потопен в разтвор, съдържащ йоните на метала, комбинация от стъклена тръбичка и стъклено балонче, съдържащо буферен разтвор и разтвор на KCl – 6 точки.

13. Подчертайте верния отговор:

Атомноемисионният спектрален анализ с източник на възбуждане индуктивно свързана плазма (ИСП) се основава на: абсорбция на светлина от молекулите, абсорбция на светлина от атомите, отразяване на падащата светлина, емисия на светлина от атомите, пречупване на падащата светлина, поглъщане на светлина от йони- 6 точки.

14. Напишете израза на Закон на Буге – Ламбер – Беер. Представете го на чертеж – 5 точки.

15. В какво се състои същността на хроматографските методи за анализ – 5 точки.

16. Обяснете какво се помества в бюретата при необходимост от определяне на концентрацията на разтвор на техническа сода каустик и как се определя момента, в който трябва да се прекрати титруването – 5 точки.

Общ брой точки – 80

Оценка отличен 6: при общ брой точки над 60
Оценка мн.добър 5: общ брой точки между 50 и 60
Оценка добър 4: общ брой точки между 40 и 50
Оценка среден 3: общ брой точки между 30 и 40
Оценка слаб 2: общ брой точки по-малък от 30

Според нас подходящо би било да се проведе анкета за обучението по аналитична химия със студенти, положили успешно изпита си и са преминали в по-горен курс.

Анкета

1. На основата на Вашата представа за специалността и за бъдеща евентуална Ваша реализация, намирате ли за необходимо да се изучава съкратен курс по аналитична химия?

2. Какъв според Вас трябва да бъде броят на часовете за лекции и за упражнения по аналитична химия?

3. Достатъчно онагледено ли е преподаването на лекционния материал? Използват ли се таблици, схеми, диаграми, технически средства и други помощни средства?

4. Достатъчна ли е и на необходимото ниво ли е материалната база за провеждане на лабораторните упражнения?

5. Трябва ли да има повече примери за конкретно приложение на някой аналитичен метод за разрешаване на проблеми, свързани с Вашата специалност?

6. Какъв начин за завършване на обучението по съкратения курс по аналитична химия считате за подходящ:

(а) изпит с тест и писмено обявяване на резултата от него;

(б) изпит с тест и обсъждане на резултата от теста с преподавателя.

Ваше предложение за оценяване на придобитите знания по аналитична химия.

7. Имате ли свои предложения за подобряване на обучението по аналитична химия?

Резултатите от теста и от анкетата могат да послужат на преподавателя за подобряване на обучението по аналитична химия.

БИБЛИОГРАФИЯ

Александров, С. (1982). Сборник от решени задачи по аналитична химия. София: Унив. Изд. „Св. Климент Охридски“.

Александров, С. (1991). *Аналитична химия*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.

Александров, С. (1993). *Ръководство по аналитична химия*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.

Александров, С. (1994). *Аналитична химия с инструментални методи на анализ*. София: НБУ.

Бончев, П. (1986). *Увод в аналитичната химия*. София: Наука и изкуство.

- Даиев, Х., Белчев, С., Шишкова, Л., Харизанов, Ю., Желязкова, Б., Цалев, Д., Митева, М. & Пиперов, Н. (1992). *Ръководство по физични методи на изследване на неорганични обекти*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.
- Пеков, Г. (2010). *Аналитична химия: химични методи за анализ*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.
- Христова, Р., Александров, С., Цалев, Д., Желязкова, Б. & Михайлова, В. (2003). *Ръководство по качествен анализ*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.

✉ **Professor S. Alexandrov** (corresponding author)
University of Sofia,
1 James Bourchier Blvd.
1164 Sofia, Bulgaria
E-mail: ahsa@chem.uni-sofia.bg

✉ **Professor M. Boneva**,
University of Shumen,
115, Universitetska Str.,
9712 Shumen, Bulgaria
E-mail: boneva@shu-bg.net