

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**И.Н. Дмитриевич**

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
АНАЛИЗА  
(ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ И ОТВЕТЫ)**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург**

**2020**

УДК 543(075)  
ББК 24.4  
Д 535

Дмитревич И.Н. Оптические методы анализа (вопросы, тесты и ответы): учебное пособие /ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 52 с.

В учебном пособии рассматриваются теоретические и практические аспекты использования оптических методов в анализе химических систем. Пособие составлено в форме вопросов, тестов и ответов к разделу «Оптические методы анализа» в курсе дисциплины «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа». Материалы пособия помогут студентам лучше понять изучаемый материал понимания и самостоятельно оценить уровень его усвоения. Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов института технологии всех форм обучения, проходящих подготовку по направлениям: 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства», а также для студентов института энергетики и автоматизации, обучающихся по направлению 15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств».

Рецензенты: канд. хим. наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии ВШТЭ СПбГУПТД И.И.Осовская;  
канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии РГПУ им. А.И.Герцена А.Н. Борисов.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой общей и неорганической химии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 4 от 25.03. 2019г.).

Утверждено методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 3 от 3.04. 2019г.)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом в качестве учебного пособия.

© Дмитревич И.Н., 2020  
© Высшая школа технологии и энергетики  
СПбГУПТД, 2020

# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

## Вопросы и ответы

### Вопрос 1

На чем основаны спектральные методы анализа (СМА)?

**Ответ.** Спектральные методы анализа основаны на взаимодействии электромагнитного излучения с анализируемым веществом.

### Вопрос 2

Назовите аналитические сигналы, используемые в СМА.

**Ответ.** В СМА в качестве аналитических сигналов используются оптическая плотность, светопропускание, атомное поглощение, интенсивность спектральной линии излучения, длина волны (частота) испускаемого или абсорбируемого излучения.

### Вопрос 3

Перечислите основные достоинства СМА.

**Ответ.** Спектральные методы анализа обладают высокой чувствительностью, точностью и селективностью. Они просты, универсальны, легко автоматизируются. СМА не требуют высоких расходов анализируемого вещества.

### Вопрос 4

Какова чувствительность СМА?

**Ответ.** Чувствительность СМА составляет от  $10^{-14}$  г (методы атомно-абсорбционной спектроскопии) до  $10^{-5}$  г (методы фотометрии).

### Вопрос 5

Укажите точность СМА.

**Ответ.** Точность спектральных измерений составляет от 0,5 % до 5 %.

### Вопрос 6

Какие принципы лежат в основе классификации СМА?

**Ответ.** Классификация СМА основана на природе электромагнитного излучения, природе частиц анализируемого вещества и характере взаимодействия электромагнитного излучения с объектом исследования.

### **Вопрос 7**

Как классифицируются СМА по природе частиц анализируемого вещества?

**Ответ.** В зависимости от природы частиц анализируемого вещества СМА делятся на атомные и молекулярные.

### **Вопрос 8**

Как называются СМА, основанные на поглощении и испускании электромагнитного излучения?

**Ответ.** СМА, основанные на поглощении электромагнитного излучения, называются абсорбционными, методы, сопровождающиеся испусканием света – эмиссионными.

### **Вопрос 9**

Как классифицируются СМА по природе электромагнитного излучения?

**Ответ.** В зависимости от природы электромагнитного излучения спектральные методы делятся на  $\gamma$  - лучевые, рентгеновские, оптические, инфракрасные, методы вращательной спектроскопии и ядерного магнитного резонанса.

### **Вопрос 10**

На чем основаны оптические методы анализа?

**Ответ.** Оптические методы основаны на взаимодействии вещества с оптическим излучением в диапазоне длины волны от 200 до 1100 нм.

### **Вопрос 11**

Назовите СМА, обладающие самой высокой чувствительностью.

**Ответ.** Самой высокой чувствительностью обладают методы атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.

### **Вопрос 12**

Назовите спектральный метод анализа, обладающий наибольшей селективностью.

**Ответ.** Наибольшей селективностью обладает метод атомно-абсорбционной спектроскопии.

### **Вопрос 13**

Назовите наименее трудоемкий и простой метод оптического анализа.

**Ответ.** Самый простой и наименее трудоемкий метод оптического анализа – фотокolorиметрия.

#### **Вопрос 14**

Какой спектральный метод позволяет одновременно проводить качественный и количественный анализ атомов и простых молекул?

**Ответ.** Для определения качественного и количественного состава атомов и простых молекул используется метод атомно-эмиссионной спектроскопии.

#### **Вопрос 15**

Какой спектральный метод дает информацию о природе химических связей в молекуле органического соединения?

**Ответ.** Информацию о природе химических связей в молекуле органического соединения дает метод молекулярно-абсорбционной инфракрасной (ИК) спектроскопии.

#### **Вопрос 16**

Какие спектральные методы используются в качественном анализе?

**Ответ.** В качественном анализе используются методы атомно-эмиссионной и молекулярно-абсорбционной инфракрасной спектроскопии.

#### **Вопрос 17**

Какие методы спектрального анализа наиболее часто используются в практике аналитических измерений?

**Ответ.** В практике аналитических измерений чаще всего используются методы молекулярно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии.

## **Тесты**

#### **Тест 1**

Какой СМА не может быть использован для определения качественного состава вещества?

- а) атомно-эмиссионная спектроскопия;
- б) молекулярно-абсорбционная ИК-спектроскопия;
- г) фотоколориметрия;
- д) спектрофотометрия.

#### **Тест 2**

Какой СМА обладает высокой чувствительностью и селективностью?

- а) атомно-абсорбционная спектроскопия;

- б) молекулярно-абсорбционная спектроскопия;
- г) фотоколориметрия;
- д) атомно-эмиссионная спектроскопия.

### Тест 3

Какие СМА основаны на излучении света?

- а) фотоколориметрия;
- б) спектрофотометрия;
- г) атомно-абсорбционная спектроскопия;
- д) атомно-эмиссионная спектроскопия.

## ПРИРОДА, СВОЙСТВА И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

### Вопросы и ответы

#### Вопрос 18

Дайте определение электромагнитного излучения.

**Ответ.** Электромагнитное излучение – это вид энергии, которая распространяется со скоростью света ( $U=3 \cdot 10^8$  м/с) и имеет корпускулярно-волновую природу.

#### Вопрос 19

Объясните понятие *корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения*.

**Ответ.** *Корпускулярно-волновой дуализм* (двойственность) электромагнитного излучения – это способность излучения проявлять одновременно свойства частиц (корпускул) и волн.

#### Вопрос 20

Какие оптические явления подтверждают квантовую (корпускулярную) природу электромагнитного излучения?

**Ответ.** Квантовую природу электромагнитного излучения подтверждают явления фотоэффекта, светопоглощения и давления света.

### **Вопрос 21**

Перечислите оптические явления, подтверждающие волновую природу электромагнитного излучения.

**Ответ.** Волновую природу электромагнитного излучения подтверждают явления интерференции и дифракции.

### **Вопрос 22**

Назовите основные формы электромагнитного излучения.

**Ответ.** Основные формы электромагнитного излучения:  $\gamma$  - излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое (УФ), видимое, инфракрасное (ИК), микроволновое и радиоизлучение.

### **Вопрос 23**

Назовите оптический диапазон электромагнитного излучения и укажите его составляющие.

**Ответ.** Оптический диапазон электромагнитного излучения составляет от 200 до 1100 нм и включает УФ, видимое, ИК излучение.

### **Вопрос 24**

Какие параметры используются для характеристики волновых свойств электромагнитного излучения?

**Ответ.** Волновые свойства электромагнитного излучения характеризуются длиной волны, частотой колебаний, волновым числом, периодом излучения, амплитудой колебаний.

### **Вопрос 25**

Дайте определение длины волны электромагнитного излучения.

**Ответ.** Длина волны ( $\lambda$ ) – это расстояние между двумя максимумами или минимумами на синусоиде волны электромагнитного излучения.

### **Вопрос 26**

Какое излучение называется монохроматическим?

**Ответ.** Монохроматическим называется электромагнитное излучение с одной длиной волны.

### **Вопрос 27**

Что показывает частота излучения?

**Ответ.** Частота колебаний ( $\nu$ ) электромагнитного излучения показывает число полных циклов колебаний волны за 1 секунду.

### Вопрос 28

Какой волновой параметр является мерой интенсивности монохроматического излучения?

**Ответ.** Мерой интенсивности монохроматического излучения является амплитуда световой волны.

### Вопрос 29

Что показывает волновое число? Как оно связано с длиной волны?

**Ответ.** Волновое число ( $\nu$ ) показывает, сколько раз длина волны ( $\lambda$ ) укладывается в 1 см. Волновое число - величина, обратная длине волны, которая рассчитывается по формуле:

$$\nu = \frac{1}{\lambda},$$

где  $\lambda$  - длина волны (см);  
 $\nu$  - волновое число (см<sup>-1</sup>).

### Вопрос 30

Как рассчитывается энергия кванта электромагнитного излучения?

**Ответ.** Энергия кванта электромагнитного излучения рассчитывается по формуле:

$$E = h \cdot \nu \text{ или } E = h \cdot \frac{c}{\lambda},$$

где  $h$  – постоянная Планка ( $6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с);  
 $c$  – скорость света ( $3 \cdot 10^8$  м/с);  
 $\nu$  – частота излучения (Гц);  
 $\lambda$  – длина волны (см).

## Тесты

### Тест 4

Какие оптические явления подтверждают квантовую (корпускулярную) природу электромагнитного излучения?

- а) интерференция;
- б) давление света;
- г) светорассеяние;



д) фотоэффект.

### Тест 5

Какие оптические явления подтверждают волновую природу электромагнитного излучения?

- а) интерференция;
- б) светопоглощение;
- в) дифракция;
- г) давление света.

### Тест 6

Какая волновая характеристика излучения является мерой его интенсивности?

- а) длина волны;
- б) амплитуда;
- в) частота колебаний;
- г) волновое число.

### Тест 7

Какое электромагнитное излучение обладает наибольшей энергией?

- а) рентгеновское излучение;
- б) видимое излучение;
- в) ИК;
- г) радиочастотное излучение.

### Тест 8

Какой вид оптического излучения обладает наибольшей энергией?

- а) ИК;
- б) видимое излучение;
- в) УФ.

### Тест 9

Чему равна энергия фотона монохроматического излучения с длиной волны 500 нм?

- а)  $4 \cdot 10^{-19}$  Дж;
- б)  $4 \cdot 10^{19}$  Дж;
- в)  $47 \cdot 10^{-10}$  Дж;
- г)  $47 \cdot 10^{-5}$  Дж.

# АТОМНЫЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СПЕКТРЫ

## Вопросы и ответы

### Вопрос 31

Какова природа испускания и поглощения рентгеновского излучения?

**Ответ.** Испускание и поглощение рентгеновского излучения происходит в результате перемещения электронов на внешних и внутренних энергетических подуровнях.

### Вопрос 32

Объясните природу поглощения ИК излучения.

**Ответ.** При поглощении веществом ИК излучения световая энергия переходит в энергию колебания атомов и вращательного движения молекул.

### Вопрос 33

Какова природа атомного испускания и поглощения УФ и видимого света?

**Ответ.** Поглощение атомами света в УФ и видимой областях спектра объясняется переходом внешних валентных электронов на более высокий энергетический уровень. Испускание света происходит при переходе электронов на более низкий подуровень.

### Вопрос 34

Дайте определение спектра электромагнитного излучения.

**Ответ.** Спектр электромагнитного излучения – это упорядоченная совокупность спектральных линий, которая соответствует распределению интенсивности испускаемого излучения по длине волны или частоте.

### Вопрос 35

Какую зависимость отражает спектр электромагнитного поглощения?

**Ответ.** Спектр электромагнитного поглощения отражает зависимость оптической плотности или коэффициента пропускания анализируемого объекта от длины волны или частоты поглощаемого им монохроматического излучения.

### Вопрос 36

Какую зависимость отражает спектр электромагнитного излучения?

**Ответ.** Спектр электромагнитного излучения отражает зависимость интенсивности (плотности) излучения от длины волны или частоты испускаемого света.

### **Вопрос 37**

Назовите основные виды электромагнитных спектров.

**Ответ.** Различают три вида электромагнитных спектров: линейчатые, полосатые и сплошные.

### **Вопрос 38**

Какой спектр имеет белый свет?

**Ответ.** Белый свет имеет непрерывный спектр.

### **Вопрос 39**

Какие вещества и при каких условиях образуют непрерывный спектр испускания?

**Ответ.** Непрерывный спектр испускания образуют нагретые до высокой температуры твердые тела, жидкости и сильно сжатые газы.

### **Вопрос 40**

Опишите полосатые спектры испускания.

**Ответ.** Полосатые спектры испускания представляют набор цветных полос, четко разграниченных темными промежутками.

### **Вопрос 41**

Какие вещества образуют полосатые спектры испускания?

**Ответ.** Полосатые спектры испускания образуют вещества, молекулы которых состоят из плотно связанных атомов.

### **Вопрос 42**

Какой спектр имеют атомы и ионы газообразных веществ?

**Ответ.** Атомы и ионы газообразных веществ имеют линейчатый спектр.

### **Вопрос 43**

Назовите прибор, используемый для получения электромагнитных спектров.

**Ответ.** Для получения электромагнитных спектров используется спектрограф.

### **Вопрос 44**

Назовите диспергирующие элементы спектрографа.

**Ответ.** В качестве диспергирующих элементов в спектрографе используются треугольные линзы и дифракционные решетки.

### **Вопрос 45**

На чем основано диспергирующее действие треугольной линзы?

**Ответ.** Диспергирующее действие треугольной линзы основано на изменении показателя преломления линзы в зависимости от длины волны направляемого на нее излучения.

#### **Вопрос 46**

Какой спектральный параметр характеризует качественный состав вещества?

**Ответ.** Качественный состав вещества оценивается по длине волны ( $\lambda$ ) или частоте ( $\nu$ ) поглощаемого или испускаемого им излучения.

#### **Вопрос 47**

Какой спектральный параметр характеризует количественный состав системы?

**Ответ.** Количественный состав системы оценивается по интенсивности поглощаемого или испускаемого ею излучения.

## **Тесты**

#### **Тест 10**

Какие виды излучения инициируются переходами внешних валентных электронов?

- а) ИК излучение;
- б) УФ излучение;
- в)  $\gamma$  - излучение;
- г) видимое излучение.

#### **Тест 11**

Какое излучение инициируется ядерными переходами в атоме?

- а) ИК излучение;
- б) УФ излучение;
- в)  $\gamma$  - излучение;
- г) видимое излучение.

#### **Тест 12**

Какие виды излучения не вызывают электронных переходов в атоме?

- а) радиоволны;
- б) ИК излучение;
- в)  $\gamma$  - излучение;
- г) видимое излучение.

### Тест 13

Какой вид имеют атомные спектры испускания?

- а) непрерывный спектр;
- б) линейчатый спектр;
- в) полосатый спектр.

### Тест 14

Какой элемент спектрального прибора используется для разложения электромагнитного излучения в спектр?

- а) источник возбуждения;
- б) коллиматор со щелью;
- в) дифракционная решетка;
- г) фотоэлемент.

### Тест 15

На чем основано диспергирующее действие треугольной призмы?

- а) на зависимости показателя преломления материала призмы от длины волны направленного на нее излучения;
- б) на зависимости коэффициента рефракции призмы от длины волны направленного на нее излучения;
- в) на зависимости интенсивности свечения материала призмы от длины волны направленного на нее излучения;
- г) на зависимости коэффициента светопропускания призмы от частоты направленного на нее излучения.

## ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ И АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

### Вопросы и ответы

#### Вопрос 48

Назовите область использования атомно-эмиссионной спектроскопии (АЭС).

**Ответ.** Методы АЭС используются для определения качественного и количественного состава атомов и простых молекулах.

#### Вопрос 49

Перечислите основные достоинства АЭС.

**Ответ.** Методы АЭС просты, высокочувствительны, не требуют больших затрат времени и легко автоматизируются.

### **Вопрос 50**

На чем основаны методы АЭС?

**Ответ.** Методы АЭС основаны на регистрации оптических спектров испускания термически возбужденных атомов или одноатомных ионов.

### **Вопрос 51**

Перечислите основные элементы атомно-эмиссионной установки. Какую функцию они выполняют?

**Ответ.** Установка для атомно-эмиссионного анализа состоит из следующих элементов:

- источник возбуждения, в котором анализируемое вещество переводится в атомарно-возбужденное состояние;
- диспергирующее устройство (призма, дифракционная решётка, светофильтры), разлагающее эмиссионное излучение на монохроматические составляющие;
- приёмник излучения (детектор), преобразующий световую энергию в электричество;
- устройство для регистрации спектра.

### **Вопрос 52**

В каком состоянии находится анализируемое вещество в источнике атомно-эмиссионного возбуждения?

**Ответ.** В источнике атомно-эмиссионного возбуждения анализируемое вещество переводится в атомарный «пар» (плазму).

### **Вопрос 53**

Перечислите источники возбуждения в АЭС.

**Ответ.** В качестве источников возбуждения в АЭС используются пламя, электрическая дуга, высоковольтная искра.

### **Вопрос 54**

Какие процессы протекают в атомно-эмиссионном источнике возбуждения?

**Ответ.** В атомно-эмиссионном источнике возбуждения протекают следующие процессы: испарение растворителя, переход анализируемого вещества в газообразное состояние, атомизация молекул, возбуждение и частичная ионизация атомов, испускание света возбужденными атомами.

### **Вопрос 55**

Какой параметр атомно-эмиссионного источника возбуждения определяет природу и физическое состояние исследуемого вещества?

**Ответ.** Природа и физическое состояние исследуемого вещества определяются температурой атомно-эмиссионного источника возбуждения.

### **Вопрос 56**

Какую температуру имеет пламенный источник возбуждения?

**Ответ.** Температура пламенного источника возбуждения составляет 1500-3000°C.

### **Вопрос 57**

Как осуществляется подача анализируемого раствора в пламенный источник возбуждения?

**Ответ.** В пламенной фотометрии анализируемый раствор пневматически распыляется в форме аэрозоля в пламя газовой горелки.

### **Вопрос 58**

Какие металлы могут быть определены методом пламенной фотометрии?

**Ответ.** Методом пламенной фотометрии могут быть определены щелочные и щелочно-земельные металлы.

### **Вопрос 59**

Объясните причины ограниченных возможностей пламенной фотометрии.

**Ответ.** Из-за низкой температуры пламени методы пламенной фотометрии пригодны только для определения легкоатомизируемых и возбудимых элементов (щелочных и щелочно-земельных металлов).

### **Вопрос 60**

Опишите принцип возбуждения атомов в дуговом электрическом разряде.

**Ответ.** Под действием дугового электрического разряда в источнике возбуждения происходит пробой и ионизация атмосферного воздуха. Энергия образовавшейся плазмы возбуждает атомы, вызывая переход валентных электронов на более высокий энергетический подуровень.

### **Вопрос 61**

При какой температуре происходит атомизация и возбуждение атомов в электрической дуге?

**Ответ.** Атомизация и возбуждение атомов в электрической дуге происходит в температурном диапазоне от 3000 до 7000°C.

### **Вопрос 62**

Почему для АЭС с электрическими источниками возбуждения нет ограничений по атомарному составу анализируемого вещества?

**Ответ.** Методы АЭС с электрическими источниками возбуждения не имеют ограничений по атомарному составу анализируемого вещества, так как высокая энергия электрической дуги и искрового разряда позволяет атомизировать и возбуждать атомы практически любого элемента.

### **Вопрос 63**

В каком агрегатном состоянии может находиться анализируемое вещество при возбуждении в электрической дуге или искровом разряде?

**Ответ.** В методах АЭС с электрическими источниками возбуждения (электрическая дуга, искровой разряд) анализируемое вещество может находиться в жидком или твердом состоянии.

### **Вопрос 64**

Из какого материала изготавливаются электроды электрической дуги в АЭС?

**Ответ.** В АЭС электроды электрической дуги изготавливаются из графита, спектр которого состоит из ограниченного числа линий.

### **Вопрос 65**

Из каких материалов изготавливаются электроды электрической дуги при анализе чистых металлов и сплавов?

**Ответ.** В атомно-эмиссионном анализе чистых металлов или сплавов функцию основного электрода выполняет анализируемый образец металла. Противозэлектродом служит медный или графитовый стержень.

### **Вопрос 66**

Как подается проба анализируемого вещества в электрическую дугу атомно-эмиссионного источника возбуждения?

**Ответ.** При возбуждении атомов в электрической дуге проба анализируемого вещества подается в специальный канал (полость) нижнего электрода. Если анализируемое вещество находится в жидком состоянии, то раствор вводится по каплям в канал и выпаривается перед внесением следующей капли раствора. При работе с твердым веществом анализируемая проба смешивается с порошком графита и набивается в углубление электрода.

### **Вопрос 67**

Опишите механизм возникновения спектров в атомно-эмиссионном анализе.

**Ответ.** Под действием высокой температуры источника возбуждения валентные электроны атомов анализируемого вещества переходят из



основного состояния в возбужденное, перемещаясь на более высокий энергетический подуровень. Приблизительно через  $10^{-8}$  с они спонтанно возвращаются на нижележащую или основную энергетическую орбиталь. При этом избыточная энергия выделяется в виде дискретных электромагнитных колебаний, которым соответствует определенная длина и частота волны. Вследствие этого интенсивность и положение линий в эмиссионном спектре строго индивидуальны для каждого атома.

### **Вопрос 68**

Сформулируйте правила отбора для электронных переходов.

**Ответ.** Электронные переходы в атомах подчиняются следующим правилам отбора:

- при переходе электронов на новую орбиталь спин электрона не должен меняться;
- разрешены электронные переходы между орбиталями, отличающимися только на одно квантовое число;
- запрещены переходы, при которых происходит возбуждение более одного электрона.

### **Вопрос 69**

Опишите атомно-эмиссионные спектры.

**Ответ.** Атомно-эмиссионные спектры состоят из цветных линий, разделенных широкими темными полосами. Такие спектры называют линейчатыми.

### **Вопрос 70**

Какой области электромагнитного излучения соответствуют атомно-эмиссионные спектры?

**Ответ.** Атомно-эмиссионные спектры соответствуют видимому и УФ излучению.

### **Вопрос 71**

Какие измерительные средства используются для регистрации и анализа атомно-эмиссионных спектров?

**Ответ.** Регистрация и анализ атомно-эмиссионных спектров проводится визуально с помощью стилоскопов и стиллометров, фотографически с использованием спектрографов и фотоэлектрически на основе спектрометров.

### **Вопрос 72**

Как измеряется интенсивность эмиссионного излучения в спектрографе?

**Ответ.** В спектрографе интенсивность эмиссионного излучения измеряется микрофотометром по степени почернения характерной линии на фотографии спектра анализируемого вещества

### Вопрос 73

Какая линия атомно-эмиссионного спектра называется последней?

**Ответ.** В атомно-эмиссионной спектроскопии последней называется линия, которая остается в спектре при предельно малой концентрации определяемого элемента.

### Вопрос 74

Как идентифицируются атомы по длине волны последней линии эмиссионного спектра эмиссионного спектра?

**Ответ.** Последней линии эмиссионного спектра каждого атома соответствует строго определенная длина волны, по величине которой с помощью специальных атласов и таблиц может быть идентифицирован исследуемый элемент.

### Вопрос 75

Как по спектрам сравнения можно определить длину волны последней линии атомно-эмиссионного спектра?

**Ответ.** Для определения длины волны последней линии ( $\lambda_X$ ) снимаются спектры анализируемого вещества и элемента сравнения. Элемент сравнения выбирается таким образом, чтобы длины волны его спектральных линий ( $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ) были максимально близки к последней линии анализируемого вещества и располагались в следующей последовательности:

$$\begin{array}{ccc} a_1 & a_2 & \\ | & \leftrightarrow | & \leftrightarrow | \\ \lambda_1 & \lambda_X & \lambda_2 \end{array}$$

Измерив расстояния между последней линией анализируемого вещества и линиями в спектре сравнения ( $a_1$  и  $a_2$ ), рассчитывается значение  $\lambda_X$  по формуле:

$$\lambda_X = \lambda_1 + (\lambda_2 - \lambda_1) \frac{a_1}{a_1 + a_2}$$

### Вопрос 76

Назовите факторы, влияющие на интенсивность линий атомно-эмиссионного спектра.

**Ответ.** На интенсивность линий атомно-эмиссионного спектра влияют температура источника возбуждения, вероятность и энергия электронных переходов, концентрация анализируемого вещества и присутствие в пробе посторонних примесей.

### Вопрос 77

Как связана интенсивность линий атомно-эмиссионного спектра с концентрацией анализируемого элемента?

**Ответ.** Зависимость интенсивности линий ( $I$ ) атомно-эмиссионного спектра от концентрации анализируемого вещества ( $C$ ) выражается эмпирической формулой Ломакина–Шейбе:

$$I = a \cdot C^b,$$

где  $I$  – интенсивность спектральной линии;  
 $C$  – концентрация анализируемого вещества;  
 $a$  – коэффициент, зависящий от режима работы источника возбуждения, его стабильности и температуры;  
 $b$  – коэффициент, учитывающий самопоглощение (поглощение испускаемых квантов невозбужденными атомами).

### Вопрос 78

Напишите выражения линейной и логарифмической форм уравнения Ломакина–Шейбе. Укажите условия их применения.

**Ответ.** При невысоких концентрациях ( $b = 1$ ) между интенсивностью излучения и концентрацией анализируемого вещества наблюдается линейная зависимость:

$$I = a \cdot C$$

При средних и высоких концентрациях ( $b \neq 1$ ) уравнение Ломакина–Шейбе имеет логарифмическую форму:

$$\lg I = \lg a + b \lg C$$

### **Вопрос 79**

Как определяется концентрация вещества по интенсивности спектральной линии атомно-эмиссионного спектра?

**Ответ.** Определение концентрации по атомно-эмиссионному спектру основано на уравнении Ломакина–Шейбе. Для этого снимается серия эмиссионных спектров для эталонных растворов в условиях, соответствующих анализу исследуемого образца. На основе полученных данных строится градуировочный график в координатах  $I$  от  $C$  или  $lg I$  от  $lg C$ , по которому определяется концентрация анализируемого вещества по интенсивности линий его эмиссионного спектра.

### **Вопрос 80**

На чем основан метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС)?

**Ответ.** Метод ААС основан на поглощении атомным паром анализируемого вещества монохроматического оптического излучения, энергия кванта которого соответствует энергии резонансного перехода электронов в атоме определяемого элемента.

### **Вопрос 81**

Назовите аналитический сигнал в методе ААС.

**Ответ.** В методе ААС аналитическим сигналом является величина уменьшения интенсивности резонансного излучения.

### **Вопрос 82**

Перечислите основные достоинства ААС.

**Ответ.** ААС — простой, экспрессный метод анализа, обладающий высокой селективностью и чувствительностью.

### **Вопрос 83**

Какое излучение в ААС называется резонансным?

**Ответ.** Резонансным излучением в ААС называется монохроматическое излучение, длина волны которого соответствует квантовой энергии возбуждения атома анализируемого вещества.

### **Вопрос 84**

Что такое плазма?

**Ответ.** Плазма («атомный пар») — это частично или полностью ионизированный газ, состоящий из электронов, положительных ионов и нейтральных атомов.

### **Вопрос 85**

Опишите схему прибора ААС.

**Ответ.** Прибор для ААС состоит из источника излучения, атомизатора, монохроматора, приемного и регистрирующего устройства.

### **Вопрос 86**

Опишите устройство источника излучения в ААС.

**Ответ.** В ААС источником излучения служит лампа с полым катодом, которая состоит из стеклянного баллона с кварцевым окошком, через которое проходит резонансное излучение. Баллон заполнен инертным газом (аргоном). В нем установлены два электрода, один из которых (полый катод) имеет вогнутую форму и изготовлен из анализируемого металла (или покрыт слоем этого металла).

### **Вопрос 87**

Опишите принцип получения резонансного излучения в ААС.

**Ответ.** Для получения резонансного излучения в ААС на электродах лампы с полым катодом создается высоковольтный разряд, под действием которого атомы инертного газа ионизируются и «выбивают» из катода атомы металла, идентичные составу анализируемой пробы. Возбужденные атомы металла, возвращаясь в устойчивое состояние, испускают излучение, квантовая энергия которого соответствует энергии возбуждения анализируемого элемента.

### **Вопрос 88**

Какой спектр имеет источник излучения в ААС?

**Ответ.** Источник излучения в ААС имеет линейчатый спектр.

### **Вопрос 89**

Какие виды излучения моделирует источник света в ААС?

**Ответ.** Источник света в ААС моделирует видимое и УФ излучение.

### **Вопрос 90**

Почему в ААС используется резонансное, а не монохроматическое излучение?

**Ответ.** В ААС используется резонансное излучение, так как его спектр максимально приближен к атомарному спектру исследуемого элемента, что гарантирует эффективное поглощение света и обеспечивает высокую точность измерений. Монохроматическое излучение в ААС не применяется, так как спектральные полосы монохроматического излучения значительно шире спектральных линий атомов ( $10^{-4}$ - $10^{-5}$  нм), что затрудняет абсорбцию света.

### **Вопрос 91**

При какой температуре проводится атомизация вещества в ААС? Дайте обоснование выбранному режиму.

**Ответ.** В ААС атомизация вещества проводится при температуре от 1700 до 3000°С, которая гарантирует распад молекул на атомы при сохранении устойчивого состояния валентных электронов.

### **Вопрос 92**

Перечислите требования, предъявляемые к атомизаторам в ААС.

**Ответ.** Атомизаторы в ААС должны обладать энергией, которая гарантирует распад молекул анализируемого вещества, но не вызывает возбуждения их атомов. Процентное содержание возбужденных атомов в атомизаторе не должно превышать 0,02—0,1 %.

### **Вопрос 93**

Назовите основные виды атомизаторов в ААС.

**Ответ.** В ААС используются пламенные и электротермические атомизаторы.

### **Вопрос 94**

Опишите устройство пламенного атомизатора в ААС.

**Ответ.** Пламенные атомизаторы представляют собой горелки с горючей смесью воздуха с ацетиленом (2200° С) или оксида азота (I) с ацетиленом (3000° С).

### **Вопрос 95**

Опишите устройство и принцип действия электротермического атомизатора в ААС.

**Ответ.** Электротермические атомизаторы представляют графитовые трубки, нагретые электрическим током до температуры до 3000° С, внутри которых находится графитовая кювета. Раствор исследуемой пробы помещается в кювету, где под действием энергии дуги постоянного тока происходит испарение растворителя и распад анализируемого вещества на атомы.

### **Вопрос 96**

Какую функцию выполняют монохроматоры в приборах ААС?

**Ответ.** Монохроматоры в приборах ААС отсекают спектральные линии источника излучения (лампы с полым катодом), молекулярные полосы и линии постороннего излучения.

### Вопрос 97

Какой закон используется для расчета концентраций в ААС?

**Ответ.** Для расчета концентраций в ААС используется закон Бугера-Ламберта-Бера.

### Вопрос 98

Напишите формулу основного закона атомного светопоглощения в степенной форме.

**Ответ.** Основной закон атомного светопоглощения (закон Бугера-Ламберта-Бера) в степенной форме выражается следующей формулой:

$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot L \cdot C},$$

где  $I, I_0$  – интенсивность прошедшего и падающего излучения;  
 $L$  – толщина поглощающего слоя (см);  
 $c$  – концентрация определяемого элемента (моль/л);  
 $k$  – атомный коэффициент поглощения.

### Вопрос 99

Напишите формулу основного закона атомного светопоглощения в линейной форме.

**Ответ.** Основной закон атомного светопоглощения (закон Бугера-Ламберта-Бера) в линейной форме выражается следующей формулой:

$$A = \lg(I_0/I) = K \cdot L \cdot C,$$

где  $I, I_0$  – интенсивность прошедшего и падающего излучения;  
 $L$  – толщина поглощающего слоя (см);  
 $c$  – концентрация определяемого элемента (моль/л);  
 $k$  – атомный коэффициент поглощения.

### Вопрос 100

Дайте сравнительную оценку методов абсорбционной и эмиссионной атомной спектроскопии.

**Ответ.** В отличие от АЭС методы ААС не имеют ограничений по атомарному составу анализируемой пробы, так как роль температурного воздействия в абсорбционной спектроскопии ограничивается только

атомизацией вещества. Спектр атомного поглощения проще эмиссионного из-за отсутствия спектральных помех при использовании резонансного излучения. Чувствительность методов ААС выше АЭС.

### **Вопрос 101**

Какова чувствительность ААС ?

**Ответ.** Чувствительность методов ААС составляет от  $10^{-12}$  -  $10^{-14}$  г ( $10^{-5}$  -  $10^{-8}$  %).

### **Вопрос 102**

Сопоставьте чувствительность ААС и молекулярно-абсорбционной спектроскопии (МАС).

**Ответ.** Чувствительность ААС выше молекулярно-абсорбционной спектроскопии, так как коэффициент атомной абсорбции ( $k$ ) значительно выше молярного коэффициента поглощения ( $\epsilon$ ).

### **Вопрос 103**

Назовите основные недостатки ААС.

**Ответ:** ААС имеет следующие недостатки:

- сложное, дорогостоящее оборудование;
- необходимость замены катода излучателя при изменении состава анализируемой пробы.

## **Тесты**

### **Тест 16**

Какой элемент не может быть определен методом пламенной фотометрии?

- а) кальций;
- б) натрий;
- в) железо;
- г) калий

### **Тест 17**

Какой энергетический источник не пригоден для возбуждения переходных металлов?

- а) пламя;
- б) электрическая дуга;
- в) высокочастотная дуга;
- г) искра.



### Тест 18

Какие электронные переходы запрещены правилом отбора?

- а)  $3S \rightarrow 3p$ ;
- б)  $2S \rightarrow 2p$ ;
- в) переход с изменением спина;
- г)  $1S \rightarrow 2S$ .

### Тест 19

Какие элементы излучают свет в пламени водородно-воздушной смеси?

- а) щелочные металлы;
- б) инертные газы;
- в) галоиды;
- г) щелочно-земельные металлы.

### Тест 20

Какие формулы используются для расчета концентрации в методе ААС?

- а)  $A = \varepsilon \cdot L \cdot C$ ;
- б)  $I = a \cdot C^b$ ;
- в)  $A = k \cdot L \cdot C$ ;
- г)  $\lg I = \lg a + b \cdot \lg C$ .

### Тест 21

Какое назначение имеют атомно-эмиссионные спектры?

- а) определение фазового состава вещества;
- б) получение информации о природе межатомных связей;
- в) определение качественного и количественного состава атомов;
- г) определение количественного состава молекул.

### Тест 22

Назовите источник излучения в ААС?

- а) лампа накаливания;
- б) кварцевая лампа;
- в) лампа с полым катодом;
- г) галогенная лампа.

### Тест 23

Что гарантирует высокую селективность ААС?

- а) использование резонансного источника излучения;
- б) высокая стабильность атомизатора;
- в) высокая температура атомизации;
- г) использование монохроматора.

### Тест 24

Из какого материала может быть изготовлен полый катод лампы резонансного излучения?

- а) графит;
- б) металл определяемого элемента;
- в) любой металл;
- г) сплав металлов, содержащий определяемый элемент.

### Тест 25

Какой анализ выполняется методом ААС?

- а) фазовый;
- б) количественный;
- в) количественный и качественный;
- г) качественный.

## ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНО- АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ (ФОТОКОЛОРИМЕТРИЯ, СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ, ИНФРАКРАСНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ)

### Вопросы и ответы

#### Вопрос 104

Перечислите методы молекулярно-абсорбционной спектроскопии (МАС).

**Ответ.** К методам МАС относятся фотометрия (фотоколориметрия, спектрофотометрия) и ИК- спектроскопия.

#### Вопрос 105

Назовите основные достоинства МАС?

**Ответ.** Методы МАС обладают следующими достоинствами: высокая чувствительность ( $10^{-4}$ - $10^{-6}$  моль/л) и точность (1-3%), простота, широкий диапазон рабочих концентраций (от  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  до 20-30 %).

#### Вопрос 106

На чем основаны методы МАС?

**Ответ.** Методы МАС основаны на поглощении молекулами или сложными ионами монохроматического излучения.

### Вопрос 107

Почему в молекулярной спектроскопии редко используются эмиссионные методы анализа?

**Ответ.** В молекулярной спектроскопии редко используются эмиссионные методы анализа, так как при возбуждении эмиссионного излучения возрастает риск разрушения молекул анализируемого вещества и требуется более сложное аналитическое оборудование.

### Вопрос 108

Объясните механизм молекулярного светопоглощения с точки зрения изменения внутренней энергии анализируемого вещества.

**Ответ.** При молекулярном светопоглощении энергия излучения передается молекулам или сложным ионам анализируемого вещества. Увеличение внутренней энергии приводит к усилению вращательного движения молекул, колебательного движения атомов и переходу электронов на более высокий энергетический уровень. Общее изменение внутренней энергии молекулы при светопоглощении может быть представлено следующей формулой:

$$E_{\text{общ}} = E_{\text{вращ}} + E_{\text{кол}} + E_{\text{эл.пер}}$$

### Вопрос 109

Как соотносятся значения энергии вращения молекул, колебаний атомов и электронных переходов?

**Ответ.** Соотношение значений энергий вращения молекул, колебаний атомов и электронных переходов составляет 1 :100 :1000.

### Вопрос 110

Укажите волновой диапазон молекулярного светопоглощения в фотометрии?

**Ответ.** Волновой диапазон молекулярного светопоглощения в фотометрии составляет от 120 до 1100 нм (ультрафиолетовое, видимое и ближнее инфракрасной излучение).

### Вопрос 111

Опишите молекулярный спектр поглощения в фотометрии.

**Ответ.** Молекулярный спектр поглощения в фотометрии представляет совокупность перекрывающихся полос со сложной линейчатой структурой и волнистым контуром. Такие спектры называются полосатыми.

### Вопрос 112

Объясните линейчатую структуру полос поглощения молекулярных спектров.

**Ответ.** Так как  $E_{эл.пер.} \gg E_{кол} \gg E_{вр}$ , то возбуждение электронных переходов сопровождается изменением колебательной энергии атомов, что в свою очередь отражается на изменении вращательной энергии молекул. Вследствие этого молекулярные спектры отражают изменение электронно-колебательно-вращательного состояния молекул. Энергии возбуждения электронов соответствуют широкие полосы спектра, а энергии колебательно-вращательных переходов — плотно расположенные внутри полос линии.

### Вопрос 113

Назовите критерии оценки эффективности светопоглощения в МАС.

**Ответ.** В МАС оценка эффективности поглощения света проводится по величине оптической плотности ( $A$ ) или светопропусканию ( $T$ ).

### Вопрос 114

Как рассчитывается величина оптической плотности ( $A$ )?

**Ответ.** Оптическая плотность рассчитывается по формуле:

$$A = -\lg I/I_0,$$

где  $A$  — оптическая плотность исследуемого раствора;  
 $I$  — интенсивность прошедшего света;  
 $I_0$  — интенсивность падающего света.

### Вопрос 115

В каких единицах измеряется оптическая плотность?

**Ответ.** Оптическая плотность — безмерная величина.

### Вопрос 116

В каких пределах изменяется оптическая плотность?

**Ответ.** Оптическая плотность изменяется от 0 до  $\infty$ .

$$T = \frac{I}{I_0},$$

где  $T$  — светопропускание исследуемого раствора;  
 $I$  — интенсивность прошедшего света;  
 $I_0$  — интенсивность падающего света.

### Вопрос 118

Что характеризует величина светопропускания?

**Ответ.** Светопропускание характеризует долю светового потока, прошедшего через исследуемый раствор.

### Вопрос 119

В каких единицах измеряется светопропускание?

**Ответ.** Светопропускание измеряется в долях единицы или в процентах.

### Вопрос 120

В каких пределах изменяется светопропускание?

**Ответ.** Светопропускание в долях единицы изменяется от 0 до 1, в процентах от 0 до 100 .

### Вопрос 121

Какая зависимость существует между оптической плотностью и светопропусканием?

**Ответ.** Оптическая плотность и светопропускание связаны следующими соотношениями:

$$A = - \lg T \quad (T \text{ выражено в долях единицы});$$

$$A = 2 - \lg T \quad (T \text{ выражено в } \%).$$

### Вопрос 122

Чему равны оптическая плотность и светопропускание, если исследуемый раствор не поглощает свет?

**Ответ.** Для раствора, не поглощающего свет,  $A=0$ ;  $T=1$  или  $T=100 \%$ .

### Вопрос 123.

Чему равны оптическая плотность и светопропускание, если исследуемый раствор полностью поглощает свет?

**Ответ.** Для раствора, полностью поглощающего свет,  $A= \infty$ ;  $T=0$ .

### Вопрос 124

Сформулируйте закон аддитивности оптической плотности для многокомпонентного раствора.

**Ответ.** Если в растворе находится несколько веществ, не взаимодействующих между собой, то при поглощении монохроматического

излучения оптическая плотность раствора равна сумме значений оптической плотности его компонентов.

$$A_{\text{общ.}} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n,$$

где  $A_{\text{общ.}}$  – общая оптическая плотность раствора;  
 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  – оптическая плотность компонентов раствора.

### Вопрос 125

Какую зависимость отражает основной закон молекулярного светопоглощения (закон Ламберта-Бугера-Бера)?

**Ответ.** Основной закон молекулярного светопоглощения отражает зависимость снижения интенсивности монохроматического света, прошедшего через раствор, от концентрации раствора и толщины поглощающего слоя.

### Вопрос 126

Напишите в степенной форме математическое выражение закона Ламберта-Бугера-Бера для МАС.

**Ответ.** Закон Ламберта-Бугера-Бера в степенной форме для МАС выражается следующей формулой:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon \cdot L \cdot C},$$

где  $I, I_0$  – интенсивность прошедшего и падающего излучения;  
 $L$  – толщина поглощающего слоя (см);  
 $c$  – концентрация раствора (моль/л);  
 $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения.

### Вопрос 127

Напишите в линейной форме математическое выражение закона Ламберта-Бугера-Бера для МАС.

**Ответ.** Закон Ламберта-Бугера-Бера в линейной форме для МАС выражается следующей формулой:

$$A = \varepsilon \cdot L \cdot C,$$

где  $A$  – оптическая плотность раствора;  
 $L$  – толщина поглощающего слоя (см);  
 $c$  – концентрация раствора (моль/л);  
 $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения

### Вопрос 128

Дайте определение молярного коэффициента поглощения ( $\epsilon$ ). Укажите его размерность

**Ответ.** Молярный коэффициент поглощения ( $\epsilon$ ) равен оптической плотности раствора концентрацией 1 моль/л при толщине светопоглощающего слоя 1 см.  $\epsilon$  имеет размерность: л·моль<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>.

### Вопрос 129

От чего зависит молярный коэффициент поглощения ( $\epsilon$ )?

**Ответ.** Молярный коэффициент поглощения ( $\epsilon$ ) зависит от природы поглощающего вещества, длины волны падающего света и от температуры.

### Вопрос 130

Зависит ли молярный коэффициент поглощения от концентрации анализируемого раствора?

**Ответ.** Молярный коэффициент поглощения не зависит от концентрации анализируемого раствора.

### Вопрос 131

Что является критерием оценки чувствительности фотометрических измерений?

**Ответ.** Чувствительность фотометрических измерений оценивается по величине молярного коэффициента поглощения.

### Вопрос 132

Назовите условия выполнения закона Ламберта–Бугера–Бера в молекулярной спектроскопии.

**Ответ.** Для выполнения закона Ламберта–Бугера–Бера в молекулярной спектроскопии должны соблюдаться следующие условия: поглощаемое излучение должно быть монохроматическим, пучок падающего света параллельным, толщина светопоглощающего слоя не должна превышать 5 см, температура и рН раствора должны быть постоянны. Исследуемый раствор должен быть истинным, разбавленным, с ограниченным временем созревания окраски.

### Вопрос 133

Укажите оптимальный диапазон концентраций, в котором выполняется закон Ламберта–Бугера–Бера?

**Ответ.** Закон Ламберта–Бугера–Бера выполняется при концентрации анализируемого раствора менее 0,01 моль/л.

### **Вопрос 134**

Как классифицируются методы МАС по природе электромагнитного излучения?

**Ответ.** В зависимости от природы электромагнитного излучения методы МАС делятся на фотометрические, основанные на поглощении видимого и УФ излучения (фотоколориметрия и спектрофотометрия), и методы ИК спектроскопии.

### **Вопрос 135**

Какова чувствительность фотометрических измерений?

**Ответ.** Чувствительность фотометрических измерений составляет от  $10^{-5}$  до  $10^{-7}$  моль/л.

### **Вопрос 136**

Назовите основные этапы фотометрических измерений.

**Ответ.** Фотометрические измерения проводятся в следующей последовательности:

- в фотоколориметрии исследуемый компонент переводится в окрашенную форму;
- выбирается спектральная область фотометрирования;
- измеряется оптическая плотность или светопропускание исследуемого раствора;
- рассчитывается концентрация анализируемого вещества.

### **Вопрос 137**

Назовите аналитический сигнал в фотометрии.

**Ответ.** Аналитическим сигналом в фотометрии является оптическая плотность или светопропускание.

### **Вопрос 138**

Укажите диапазон значений оптической плотности, в котором погрешность фотометрических измерений минимальна.

**Ответ.** Погрешность фотометрических измерений минимальна при значениях оптической плотности от 0,1 до 1,0.

### **Вопрос 139**

Что объединяет методы фотоколориметрии и спектрофотометрии?

**Ответ.** Методы фотоколориметрии и спектрофотометрии объединяют следующие закономерности:

- светопоглощение происходит в оптическом диапазоне;



– сопоставление значений интенсивности падающего и прошедшего через раствор света осуществляется фотоэлектрически.

#### **Вопрос 140**

Проведите сравнительный анализ возможностей и аналитических характеристик методов спектрофотометрии и фотоколориметрии.

**Ответ.** По сравнению с фотоколориметрией методы спектрофотометрии являются более точными и высококочувствительными. Они позволяют анализировать не только окрашенные (как в фотоколориметрии), но и бесцветные растворы. Спектрофотометры имеют сложную конструкцию и обычно снабжены электронными устройствами (усилителями фототока, дисплеями).

#### **Вопрос 141**

На чем основан метод фотоколориметрии?

**Ответ.** Метод фотоколориметрии основан на сравнении интенсивности приближенного к монохроматическому оптического излучения до и после прохождения его через окрашенный раствор.

#### **Вопрос 142**

Перечислите основные узлы фотоколориметра.

**Ответ.** Фотоколориметр состоит из источника излучения, светофильтра, кювет с исследуемым раствором и раствором сравнения, фотоэлемента и регистрирующего устройства.

#### **Вопрос 143**

Назовите волновой диапазон измерений в фотоколориметрии.

**Ответ.** В фотоколориметрии измерения проводятся в видимой области спектра при длине волны от 400 до 760 нм.

#### **Вопрос 144**

Назовите область светопоглощения окрашенных растворов.

**Ответ.** Окрашенные растворы поглощают свет в видимой области спектра.

#### **Вопрос 145**

Назовите источники излучения в фотоколориметре.

**Ответ.** Источником излучения в фотоколориметре является лампа накаливания или галогенная лампа.

### **Вопрос 146**

Опишите способ получения окрашенной формы в фотометрии.

**Ответ.** Для получения окрашенной формы в фотометрии к бесцветной пробе добавляется фотометрический реагент. Продукт их взаимодействия, имеющий характерную окраску, является аналитической формой для последующего фотометрирования.

### **Вопрос 147**

Перечислите требования, предъявляемые к цветным реакциям в фотоколориметрии.

**Ответ.** Цветные реакции в фотоколориметрии должны протекать быстро, избирательно и необратимо. Окраска аналитической формы должна быть стабильной во времени и устойчивой к световому воздействию.

### **Вопрос 148**

Опишите принцип получения монохроматического излучения в фотоколориметрии.

**Ответ.** В фотоколориметрии монохроматическое излучение получается с помощью цветных светофильтров, избирательно пропускающих видимый свет в узком волновом диапазоне.

### **Вопрос 149**

Почему в фотоколориметрии поглощаемое излучение не является строго монохроматическим?

**Ответ.** В фотоколориметрии поглощаемое излучение не является строго монохроматическим, так как используемые для монохроматизации светофильтры позволяют выделить участки спектра шириной от 10 до 100 нм.

### **Вопрос 150**

Как визуально подбирается цвет светофильтра при фотоколориметрии окрашенных однокомпонентных растворов? Приведите пример.

**Ответ.** При визуальном выборе светофильтра в фотоколориметрии однокомпонентных растворов цвет светофильтра должен быть дополнительным к цвету исследуемого раствора. Например, если раствор окрашен в желтый цвет, то светофильтр выбирается синий, и наоборот.

### **Вопрос 151**

Опишите методику выбора светофильтра в фотоколориметрии однокомпонентного раствора.

**Ответ.** Выбор светофильтра в фотоколориметрии однокомпонентного раствора основан на измерении оптической плотности раствора с различными светофильтрами. По полученным данным выбирается светофильтр, для которого оптическая плотность максимальна.

### **Вопрос 152**

Как выбирается спектральная область фотометрирования, если полосы поглощения окрашенной формы анализируемого вещества (XR) и фотометрического реагента R перекрываются?

**Ответ.** Фотометрирование окрашенной формы анализируемого вещества, полоса поглощения которого совпадает с фотометрическим реагентом, проводится в диапазоне значений длин волн, при котором отношение  $A_{XR}/A_R$  максимально.

### **Вопрос 153**

Перечислите методы определения концентраций в прямой фотоколориметрии.

**Ответ.** Для определения концентрации в прямой фотоколориметрии используются методы калибровочного графика, сравнения, стандартных добавок и дифференциальной фотометрии.

### **Вопрос 154**

Когда в фотоколориметрических измерениях используется метод калибровочного графика?

**Ответ.** Метод калибровочного графика используется для серийных измерений концентрации раствора в отсутствие посторонних примесей.

### **Вопрос 155**

Какой метод прямой фотоколориметрии используется в единичном анализе однокомпонентного раствора?

**Ответ.** В единичном анализе однокомпонентного раствора используется фотоколориметрический метод сравнения.

### **Вопрос 156**

Назовите метод прямой фотоколориметрии, используемый для определения следов анализируемого компонента при избытке посторонних веществ.

**Ответ.** Для фотоколориметрического анализа следов определяемого компонента при избытке посторонних веществ используется метод добавок.

### **Вопрос 157**

Какой метод фотоколориметрии используется для определения концентрации вещества в пробе неизвестного состава?

**Ответ.** Для определения концентрации вещества в пробе неизвестного состава используется метод добавок.

### **Вопрос 158**

Укажите область применения дифференциальной фотометрии.

**Ответ.** Метод дифференциальной фотометрии используется для анализа растворов средних и высоких концентраций.

### **Вопрос 159**

Назовите отличительные особенности дифференциальной фотометрии?

**Ответ.** В дифференциальной фотометрии функцию раствора сравнения выполняет не растворитель, а раствор анализируемого вещества с известной концентрацией. Это позволяет измерять оптическую плотность растворов средних и высоких концентраций, не превышая предельно допустимого значения оптической плотности ( $A = 0,1 - 1,0$ ) и обеспечивая таким образом требуемую точность измерений.

### **Вопрос 160**

Опишите основные этапы фотометрического титрования (косвенной фотометрии).

**Ответ.** Фотометрическое титрование выполняется в три этапа:

- измерение оптической плотности исследуемой системы в процессе титрования;
- построение кривой фотометрического титрования и определение эквивалентного объема титранта;
- расчет концентрации анализируемого вещества по значению эквивалентного объема титранта.

### **Вопрос 161**

В каких координатах строится кривая фотометрического титрования?

**Ответ.** Кривая фотометрического титрования строится в координатах: оптическая плотность исследуемого раствора от объема добавленного титранта.

### **Вопрос 162**

Сопоставьте метрологические показатели прямой и косвенной фотометрии.

**Ответ.** Косвенная фотометрия превосходит по точности и селективности методы прямой фотометрии.

### **Вопрос 163**

Почему точность фотометрического титрования выше прямой фотометрии?

**Ответ.** Точность фотометрического титрования выше прямой фотометрии, так как погрешность измерения объема титранта меньше погрешности определения оптической плотности.

### **Вопрос 164**

Какие виды излучения используются в спектрофотометрии? Укажите их волновые границы.

**Ответ.** В спектрофотометрии используется УФ (200 – 400 нм), видимое (400 - 760 нм) и ближняя область ИК излучения (760-1100 нм).

### **Вопрос 165**

Назовите источники излучения в спектрофотометрии.

**Ответ.** Источниками излучения в спектрофотометрии являются вольфрамовая (для видимого и ИК излучения), водородная и дейтериевая (для УФ) лампы.

### **Вопрос 166**

Почему спектрофотометрический анализ превосходит по точности, чувствительности и селективности методы фотоколориметрии?

**Ответ.** Спектрофотометрический анализ превосходит по точности, чувствительности и селективности методы фотоколориметрии благодаря высокой монохромности абсорбируемого излучения.

### **Вопрос 167**

Какова степень монохромности электромагнитного излучения в спектрофотометрии?

**Ответ.** Степень монохромности электромагнитного излучения в прецизионных спектрофотометрах составляет  $\pm 2$  нм, в более грубых приборах  $\pm 10$  нм.

### **Вопрос 168**

Какое устройство используется для монохроматизации света в спектрофотометрах?

**Ответ.** Для монохроматизации света в спектрофотометрах используются монохроматоры.

### Вопрос 169

Перечислите основные узлы монохроматоров и объясните их назначение.

**Ответ.** Монохроматоры состоят из следующих частей:

- источник света;
- диспергирующее устройство, разлагающее белый свет в спектр (треугольная призма или дифракционная решетка);
- приспособление, регулирующее ширину светового пучка (комбинация линз и щелей).

### Вопрос 170

Назовите аналитический сигнал, используемый в спектрофотометрии. Каким должно быть излучение при его измерения?

**Ответ.** Аналитическим сигналом в спектрофотометрии является оптическая плотность ( $A$ ) или пропускание ( $T$ ), измеренные при условии строгой монохромности абсорбируемого излучения ( $\lambda = \text{const}$ ).

### Вопрос 171

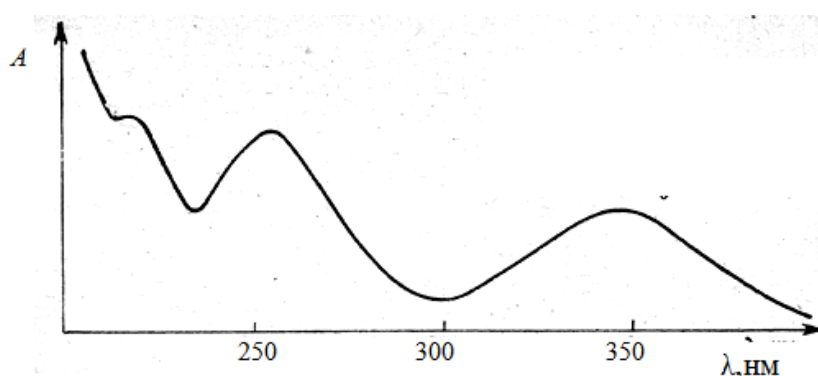
Какие функциональные зависимости устанавливаются методами спектрофотометрии?

**Ответ.** Методами спектрофотометрии устанавливаются зависимости  $A = f(\lambda)$ ,  $A = f(\nu)$  или  $T = f(\lambda)$ ,  $T = f(\nu)$ , на основе которых строятся спектральные кривые молекулярного светопоглощения или светопропускания.

### Вопрос 172

Приведите графическое изображение молекулярного спектра поглощения в координатах  $A$  от  $\lambda$ .

**Ответ.** Пример графического изображения молекулярного спектра поглощения в координатах  $A$  от  $\lambda$ .



### Вопрос 173

Как по молярным спектрам поглощения можно идентифицировать окрашенные органические соединения?

**Ответ.** Молекулы окрашенных органических соединений содержат специфические хромофорные группы, которым на спектре поглощения соответствуют характерные полосы. Идентификация исследуемого вещества основана на сопоставлении длины волны характерной полосы хромофорной группы с данными каталога эталонных спектров органических соединений.

### Вопрос 174

Какие законы используются при спектрофотометрическом анализе смеси красителей?

**Ответ.** При разработке методики спектрофотометрического анализа смеси красителей используются законы аддитивности и светопоглощения (Ламберта – Бугера – Бера).

### Вопрос 175

Почему метод фотоколориметрии не пригоден для количественного анализа смеси красителей?

**Ответ.** Метод фотоколориметрии не пригоден для количественного анализа смеси красителей, так как при низкой степени монохромности абсорбируемого света возрастает погрешность определения молярных коэффициентов поглощения, что значительно снижает точность результатов анализа.

### Вопрос 176

Назовите основные этапы спектрофотометрического анализа двухкомпонентной смеси красителей.

**Ответ.** Спектрофотометрический анализ двухкомпонентной смеси красителей проводится в следующей последовательности:

- построение спектральных кривых поглощения стандартных растворов красителей (**A** и **B**) и их смеси на основе изучения зависимости оптической плотности от длины волны поглощаемого излучения;
- выбор оптимальных значений длин волн ( $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ) для расчета молярных коэффициентов поглощения индивидуальных красителей;
- определение оптических плотностей смеси красителей при выбранных длинах волн ( $A_{см}(\lambda_1)$  и  $A_{см}(\lambda_2)$ ) по спектру их поглощения ;
- расчет молярных коэффициентов поглощения для индивидуальных красителя при выбранных длинах волн  $\varepsilon A(\lambda_1)$ ,  $\varepsilon A(\lambda_2)$  и  $\varepsilon B(\lambda_1)$ ,  $\varepsilon B(\lambda_2)$  по формуле:

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{A_\lambda}{l \cdot C_{\text{исх}}}$$

где  $A_\lambda$  – оптическая плотность красителя при длине волны  $\lambda$ ;  
 $l$  – толщина светопоглощающего слоя (см);  
 $C_{\text{исх}}$  – исходная концентрация красителя (моль/л);

– расчет концентраций красителей в смеси ( $C_A$  и  $C_B$ ) по формулам:

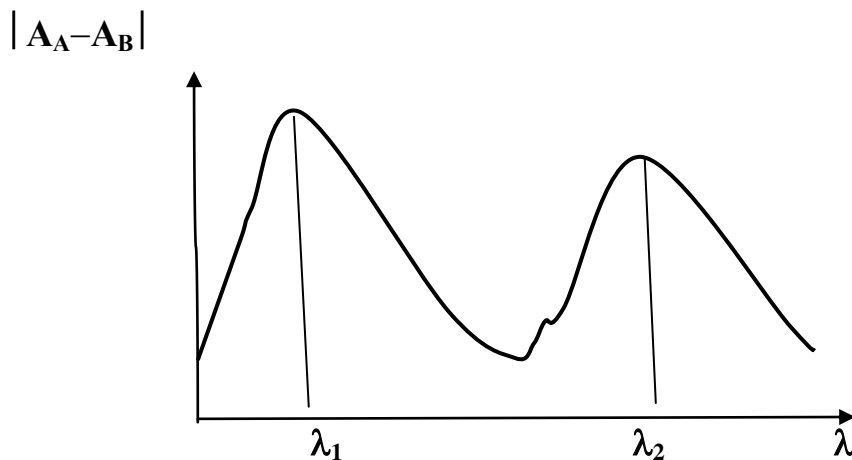
$$C_A = \frac{A_{\text{см}}(\lambda_1) \cdot \varepsilon_B(\lambda_2) - A_{\text{см}}(\lambda_2) \cdot \varepsilon_B(\lambda_1)}{\varepsilon_A(\lambda_1) \cdot \varepsilon_B(\lambda_2) - \varepsilon_A(\lambda_2) \cdot \varepsilon_B(\lambda_1)},$$

$$C_B = \frac{A_{\text{см}}(\lambda_2) \cdot \varepsilon_A(\lambda_1) - A_{\text{см}}(\lambda_1) \cdot \varepsilon_A(\lambda_2)}{\varepsilon_A(\lambda_1) \cdot \varepsilon_B(\lambda_2) - \varepsilon_A(\lambda_2) \cdot \varepsilon_B(\lambda_1)}.$$

### Вопрос 177

Как выбираются оптимальные значения длин волн для расчета молярных коэффициентов поглощения красителей в спектрофотометрическом анализе их смеси?

**Ответ.** Для расчета молярных коэффициентов поглощения красителей выбираются значения длины волны, соответствующие максимумам на графической зависимости абсолютных разностей оптических плотностей красителей ( $|A_A - A_B|$ ) от длины волны абсорбируемого излучения ( $\lambda$ ).





### **Вопрос 178**

Укажите волновой диапазон, соответствующий ближней, средней и дальней областям ИК излучения.

**Ответ.** Ближней области ИК излучения соответствует диапазон длин волн от 780 до 2500 нм (2,5 мкм), средней от 2,5 до 25 мкм и дальней от 25 до 400 мкм.

### **Вопрос 179**

Какой волновой диапазон обычно используется в ИК спектроскопии?

**Ответ.** В ИК спектроскопии обычно используется средняя область ИК излучения, которой соответствуют длины волн от 2,5 до 25 мкм.

### **Вопрос 180**

В каких единицах измеряется длина волны в ИК спектроскопии?

**Ответ.** В ИК спектроскопии длина волны излучения измеряется в микрометрах (микронах), мкм.

### **Вопрос 181**

Назовите аналитический сигнал, используемый в ИК спектроскопии для идентификации веществ.

**Ответ.** В ИК спектроскопии аналитическим сигналом для идентификации вещества является волновое число ( $\bar{\nu}$ ).

### **Вопрос 182**

Почему в ИК спектроскопии для характеристики волновой природы света используется не длина волны или частота, а волновое число?

**Ответ.** В ИК спектроскопии для характеристики волновой природы света используется волновое число, так как его численные значения значительно меньше длины волны и частоты, что облегчает анализ и идентификацию спектров.

### **Вопрос 183**

Как изменяется внутренняя энергия молекул при поглощении ИК излучения?

**Ответ.** ИК излучение характеризуется сравнительно невысокой энергией (3-60 КДж/ моль), которая при поглощении веществом переходит во внутреннюю энергию вращения молекул и колебания атомов.

### **Вопрос 184**

Почему ИК спектры называются колебательно-вращательными?

**Ответ.** Так как энергия колебания атомов значительно выше энергии вращения молекул ( $E_{\text{кол}} \gg E_{\text{вр}}$ ), то при поглощении ИК излучения изменение колебательной энергии атомов сопровождается изменением вращательной энергии молекул. Поэтому ИК спектры называются колебательно-вращательными.

### **Вопрос 185**

Опишите ИК спектры поглощения.

**Ответ.** ИК спектры поглощения представляют серию колебательных узких полос, состоящих из множества линий вращательных переходов.

### **Вопрос 186**

Какую информацию дают ИК спектры поглощения?

**Ответ.** ИК спектры поглощения дают информацию о природе и структуре химического соединения.

### **Вопрос 187**

Почему методы ИК спектроскопии редко используются в количественном анализе?

**Ответ.** Методы ИК спектроскопии ограниченно используются в количественном анализе, так как в длинноволновой области спектра усиливается рассеивание света, что нарушает основной закон светопоглощения и снижает точность и чувствительность аналитических измерений.

### **Вопрос 188**

Назовите классы химических соединений, состав которых определяется методом ИК спектроскопии.

**Ответ.** Методом ИК спектроскопии можно определить состав органических (в том числе высокомолекулярных) и неорганических соединений.

### **Вопрос 189**

Назовите формы колебаний атомов, определяющих структуру ИК спектров поглощения.

**Ответ.** Структура ИК спектров поглощения определяется двумя видами колебаний атомов:

- валентные колебания, происходящие в направлении валентных связей с изменением длины связей;
- деформационные колебания, сопровождающиеся изменением валентных

углов без изменения длины связей.

### **Вопрос 190**

Назовите формы колебаний, по характеристическим частотам которых можно идентифицировать класс органического соединения.

**Ответ.** Для идентификации класса органического соединения проводится анализ ИК спектров на характеристические частоты валентных колебаний (например С-Н, С=С) и колебаний функциональных групп (например N-H, O-H, NO<sub>2</sub>).

### **Вопрос 191**

Назовите источники излучения в ИК спектроскопии.

**Ответ.** Для получения излучения в средней области ИК спектра используются раскаленные твердые тела:

— штифт Нернста (стержень из сплава оксидов циркония, иттрия, эрбия, нагретый до  $t = 1500-2000\text{ C}^0$ );

— «глобар» (штифт из карбида кремния нагретый до  $t = 1300-1700\text{ C}^0$ ).

### **Вопрос 192**

Назовите виды монохроматоров, используемых в ИК спектроскопии.

**Ответ.** В ИК спектроскопии в качестве монохроматоров используются треугольные линзы и дифракционные решетки.

### **Вопрос 193**

Из каких материалов изготавливаются призмы и кюветы в приборах для ИК спектроскопии?

**Ответ.** В приборах для ИК спектроскопии призмы и кюветы изготавливаются из галогенидов щелочных металлов (NaCl, LiF, KBr).

### **Вопрос 194**

Перечислите основные преимущества дифракционных решеток по сравнению с призмами.

**Ответ.** Дифракционные решетки превосходят треугольные линзы по механической стойкости, разрезающей способности и широте спектрального диапазона.

### **Вопрос 195**

Перечислите основные виды детекторов, используемых в ИК спектроскопии.

**Ответ.** В ИК спектроскопии применяются следующие виды детекторов: фотоэлементы, термопары и болометры.

### **Вопрос 196**

На чем основан принцип действия термопары как детектора ИК излучения?

**Ответ.** Принцип действия термопары как детектора ИК излучения основан на последовательном преобразовании электромагнитного излучения в тепловую, а затем в электрическую энергию.

### **Вопрос 197**

Объясните принцип действия болометров.

**Ответ.** Принцип действия болометра основан на изменении электрического сопротивления термочувствительного элемента (платины, никеля или их сплава) при нагревании его потоком ИК излучения.

### **Вопрос 198**

Назовите основные направления использования ИК спектроскопии в физико-химическом анализе.

**Ответ.** Методы ИК спектроскопии используются для получения информации о типах и ориентациях функциональных групп в молекулах органических и неорганических веществ, поверхностной и внутренней структуре сорбентов, качественном и количественном анализе полимеров.

### **Вопрос 199**

Перечислите основные достоинства ИК спектроскопии.

**Ответ.** ИК спектроскопия обладает следующими достоинствами— это единственный метод спектрального анализа, который позволяет проводить качественный и структурный анализ органических и неорганических соединений без нарушения их первоначальной структуры, независимо от агрегатного состояния (твердое, жидкое, газообразное).

## **Тесты**

### **Тест № 26**

По какой формуле рассчитывается оптическая плотность раствора?

а)  $A = -I/I_0$ ;

б)  $A = I/I_0$ ;

- в)  $A = I/I_0$ ;  
г)  $A = -lgI_0/I$ .

### Тест № 27

Чему равна оптическая плотность раствора со светопропусканием 50%?

- а) 1,3;  
б) 0,75;  
в) 0,30;  
г) 2,5.

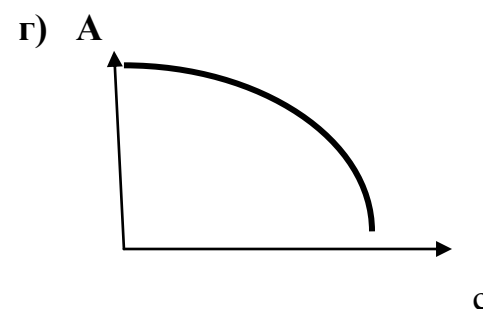
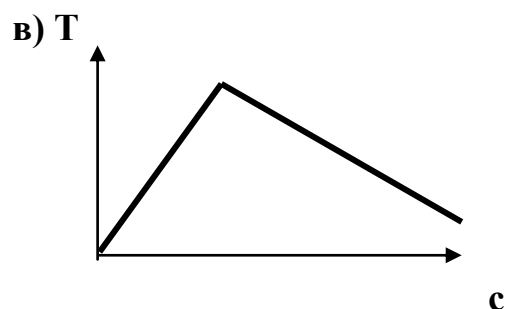
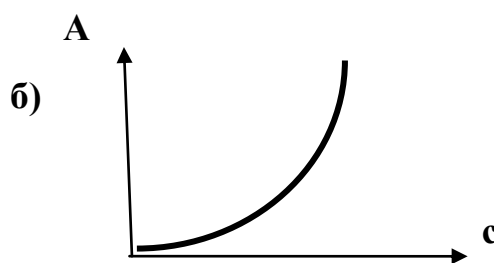
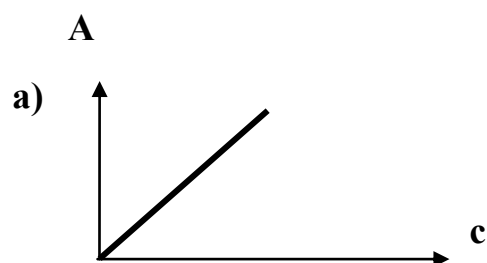
### Тест № 28

От чего не зависит молярный коэффициент поглощения?

- а) от температуры;  
б) от природы поглощающего вещества;  
в) от длины волны падающего света;  
г) от концентрации.

### Тест № 29

Какой графическая зависимость отражает закон Ламберта- Бугера- Бера?



### Тест № 30

Каким должен быть раствор, анализируемый методами фотометрии?

- а) концентрированным;
- б) истинным;
- в) коллоидным;
- г) бесцветным.

### Тест № 31

Какое уравнение соответствует закону Ламберта- Бугера- Бера?

- а)  $A = \varepsilon \cdot L \cdot C$ ;
- б)  $A_{\text{общ.}} = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ ;
- в)  $I = a \cdot C^b$  ;
- г)  $A = k \cdot L \cdot C$ .

### Тест № 32

Какое уравнение подтверждает основной закон светопоглощения?

- а)  $A = k \cdot c + b$ ;
- б)  $A = k \cdot c - b$ ;
- в)  $\frac{A}{l_1} = \frac{A_2}{l_2}$ ;
- г)  $\frac{\varepsilon_{\lambda 1}}{l_1} = \frac{\varepsilon_{\lambda 2}}{l_2}$ .

### Тест № 33

Какая величина и при каком условии является аналитическим сигналом в фотоколориметрии?

- а) оптическая плотность при любом значении длины волны;
- б) светопропускание при любом значении длины волны;
- в) оптическая плотность в узком диапазоне длин волн, отвечающем полосе пропускания светофильтра;
- г) оптическая плотность в узком диапазоне длин волн, отвечающем полосе поглощения светофильтра.

### Тест № 34

Какой параметр определяет чувствительность методов фотоколориметрии?

- а) толщина поглощающего слоя раствора;
- б) молярный коэффициент поглощения;
- в) рН раствора;
- г) избыток добавляемого фотометрического реагента.

### Тест № 35

На чем основаны фотометрические методы анализа?

- а) на отражении света;
- б) на свечении, вызванном переходом электронов из возбужденного состояния в основное;
- в) на преломлении света;
- г) на избирательном поглощении света раствором.

### Тест № 36

Какое условие соответствует методу спектрофотометрии?

- а) анализ основан на поглощении полихроматического света;
- б) в ходе анализа не используются монохроматоры;
- в) анализ основан на поглощении строго монохроматического света;
- г) измерение оптической плотности основано на визуальном сопоставлении интенсивности световых потоков – направленного и прошедшего через исследуемый раствор.

### Тест № 37

Какое уравнение отражает правило аддитивности оптической плотности?

- а)  $A = \varepsilon_1 \cdot L_1 \cdot C_1 + \varepsilon_2 \cdot L_2 \cdot C_2 + \dots + \varepsilon_n \cdot L_n \cdot C_n$ ;
- б)  $A = \varepsilon_1 \cdot L_1 \cdot C_1 - \Sigma (\varepsilon_2 \cdot L_2 \cdot C_2 + \dots + \varepsilon_n \cdot L_n \cdot C_n)$ ;

в)  $A = \frac{\varepsilon_1 \cdot L_1 \cdot C_1 + \varepsilon_2 \cdot L_2 \cdot C_2 + \dots + \varepsilon_n \cdot L_n \cdot C_n}{\varepsilon_1 \cdot L_1 \cdot C_1}$ ;

г)  $A = \frac{\varepsilon_1 \cdot L_1 \cdot C_1 + \varepsilon_2 \cdot L_2 \cdot C_2 + \dots + \varepsilon_n \cdot L_n \cdot C_n}{\Sigma (\varepsilon_2 \cdot L_2 \cdot C_2 + \dots + \varepsilon_n \cdot L_n \cdot C_n)}$ .

### Тест № 38

Какую функцию выполняют светофильтры в фотоколориметрии?

- а) разлагают полихроматический свет на монохроматические составляющие;
- б) пропускают лучи полихроматического света;
- в) пропускают излучение в волновом диапазоне, соответствующем максимальному поглощению исследуемого раствора ( $A = \max$ );
- г) пропускают лучи строго монохроматического света.

### Тест № 39

Какой параметр определяет чувствительность фотометрических измерений?

- а) оптическая плотностью раствора;
- б) молярный коэффициент поглощения;
- в) стехиометрическое количество фотометрического реагента;
- г) избыточное количество фотометрического реагента.

### Тест № 40

В какой области светопоглощения (светопропускания) относительная ошибка фотометрических измерений меньше 2 %?

- а) в области светопропускания от 25 до 70 %;
- б) в области светопоглощения от 0,1 до 2;
- в) в области светопропускания от 0 до 100 %;
- г) в области светопоглощения от 0,1 до 1.

#### Тест №41

Какое условие выполняется при фотометрировании анализируемой формы X, полоса поглощения которой совпадает с фотометрическим реагентом R?

- а)  $\epsilon_X > \epsilon_R$ ;
- б)  $\epsilon_X < \epsilon_R$ ;
- в)  $\epsilon_X = \epsilon_R$ ;
- г) отношение  $\epsilon_X / \epsilon_R$  или  $A_X / A_R$  наибольшее.

#### Тест № 42

Какой метод определения концентрации используется при проведении серийных анализов для контроля за технологическим процессом?

- а) метод сравнения;
- б) метод добавок;
- в) метод калибровочного графика;
- г) фотометрическое титрование.

#### Тест №43

Какое уравнение используется для расчета концентрации в методе сравнения?

- а)  $c_X = c_{ст} \cdot (I_X + I_{ст})$ ;
- б)  $c_X = c_{ст} \cdot (I_X - I_{ст})$ ;
- в)  $c_X = c_{ст} \cdot A_X / A_{ст}$ ;
- г)  $c_X = c_{ст} \cdot A_{ст} / A_X$ .

#### Тест № 44

Какое уравнение используется для расчета концентрации в методе стандартных добавок?

- а)  $\frac{A_X}{A_{X+д}} = \frac{C_X}{C_X - C_д}$ ;
- б)  $\frac{A_{X+д}}{A_X} = \frac{C_X}{C_X + C_д}$ ;



$$\text{в) } \frac{A_x}{A_{x+d}} = \frac{C_x}{C_x + C_d};$$

$$\text{г) } \frac{A_{x+d}}{A_x} = \frac{C_x}{C_x - C_d}.$$

#### Тест № 45

Укажите метод фотометрического анализа, позволяющий определить содержание одного из компонентов смеси неизвестного состава?

- а) дифференциальный метод;
- б) метод добавок;
- в) метод калибровочного графика;
- г) фотометрическое титрование.

#### Тест № 46

Когда нельзя использовать метод стандартных добавок?

- а) в присутствии посторонних примесей;
- б) если зависимость оптической плотности от концентрации раствора линейная;
- в) если зависимость оптической плотности от концентрации раствора нелинейная;
- г) если концентрация исследуемого раствора низкая.

#### Тест № 47

Какой раствор выполняет функцию сравнения в методе дифференциальной фотометрии?

- а) стандартный раствор определяемого компонента с наименьшей концентрацией;
- б) раствор определяемого компонента с любой концентрацией;
- в) растворитель;
- г) вода.

#### Тест № 48

Какой метод фотоколориметрии целесообразно использовать при анализе растворов высокой концентрации?

- а) дифференциальная фотометрия;
- б) фотометрическое титрование;
- в) метод калибровочного графика;
- г) метод стандартных добавок.

#### Тест № 49

Какие растворы исследуют методом дифференциальной фотометрии?

- а) разбавленные растворы со значениями оптической плотности от 0,05 до 0,2;
- б) растворы со значениями оптической плотности от 0,05 до 0,9;
- в) концентрированные растворы, у которых значение оптической плотности больше единицы.

#### **Тест № 50**

В чем преимущество спектрофотометрии по сравнению с фотоколориметрией?

- а) в спектрофотометрии не требуется строгого постоянства рН;
- б) в спектрофотометрии не используется монохроматическое излучение;
- в) в спектрофотометрии не обязателен количественный перевод определяемого компонента в окрашенное соединение;
- г) спектрофотометрия обеспечивает более высокую чувствительность и точность анализа.

#### **Тест № 51**

В какой среде проводятся фотометрические реакции ионов металлов с анионами сильных кислот?

- а) в нейтральной среде;
- б) при любом значении рН;
- в) в кислых средах;
- г) в щелочной среде.

#### **Тест № 52**

Какой источник излучения нельзя использовать в ИК спектроскопии?

- а) штифт Нернста;
- б) кварцевая лампа;
- в) глобар;
- г) ртутная разрядная лампа.

#### **Тест № 53**

Из каких материалов изготавливаются призмы и кюветы в ИК спектроскопии?

- а) галогениды щелочных и щелочноземельных металлов;
- б) кварцевое стекло;
- в) обычное стекло;
- г) галогенид серебра.

### Тест № 54

Выберите описание, соответствующее ИК спектру поглощения.

- а) набор отдельных линий;
- б) сплошные широкие полосы;
- в) узкие полосы, включающие большое количество линий;
- г) сплошной спектр, образованный за счет перекрывания широких полос.

### Тест № 55

Укажите вид внутренней энергии, в которую переходит энергия ИК-излучения в молекулярно-абсорбционной спектроскопии.

- а) энергия перехода оптических электронов на более высокий энергетический подуровень;
- б) энергия перехода внутренних электронов на более высокий энергетический подуровень
- в) энергия ускорения колебательного движения атомов и вращательного движения молекул;
- г) энергия электронных переходов на более низкий энергетический подуровень.

## Ответы на тесты

Общая характеристика спектральных методов анализа.

1- г; 2- а; 3- д.

Природа, свойства и основные характеристики электромагнитного излучения.

4 - б, д; 5- а, в; 6 - б; 7- а ; 8 - в; 9- а.

Атомные и молекулярные спектры.

10 - б, г; 11-в; 12 - а, б; 13 -б; 14 - в; 15- а.

Оптические методы атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.

16- в; 17 -а; 18 -в; 19 -а; 20 -б,г; 21 - в; 22- в; 23- а, б; 24 -б, г; 25- б.

Оптические методы молекулярно-абсорбционной спектроскопии.

(фотоколориметрия, спектрофотометрия, инфракрасная спектроскопия)

26 -а; 27-в; 28 - г; 29 -а; 30 -б; 31-а; 32-в; 33 -в; 34 -б; 35-г; 36-в; 37- а; 38 -в ;39 -б; 40 - г; 41 -г; 42 -в; 43 -в; 44 -в; 45-б; 46 -в ;47- а; 48- а; 49-в; 50-в, г; 51- в; 52-б; 53 -а, г; 54 -в; 55-в.

## Библиографический список

1. Васильев В.Т. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа: учебник для студентов вузов, обучающихся по химико-технологическим специальностям – 5-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2005. -383 с.
2. Тикунова И.В., Дробницкая Н.В., Артеменко А.И. Справочное руководство по аналитической химии и физико-химическим методам анализа: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2009.- 413 с.
3. Аналитическая химия /под ред. Ю.С. Золотова– М.: Высшая школа, 2000.- 463 с.
4. Скуг Г., Уэст Г. Основы аналитической химии. В 2 т. – М.: Мир,1979. - 418 с.
5. Оптические методы анализа: учебно-методическое пособие/ Г.Ф. Пругло, А.А., Комиссаренков, В.А. Фёдоров. СПб, СПбГТУРП. - 2010. -52 с.

## Оглавление

Общая характеристика спектральных методов анализа	
Вопросы и ответы.....	3
Тесты.....	5
Природа, свойства и основные характеристики электромагнитного излучения	
Вопросы и ответы.....	6
Тесты.....	8
Атомные и молекулярные спектры	
Вопросы и ответы.....	10
Тесты.....	12
Оптические методы атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.	
Вопросы и ответы.....	13
Тесты.....	24
Оптические методы молекулярно-абсорбционной спектроскопии. (фотоколориметрия, спектрофотометрия, инфракрасная спектроскопия)	

Вопросы и ответы.....	26
Тесты.....	44
Ответы на тесты.....	51
Библиографический список.....	52

Учебное издание

**Ирина Николаевна Дмитриевич**

**ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА  
(ВОПРОСЫ, ТЕСТЫ И ОТВЕТЫ)**

Учебное пособие

Редактор и корректор В.А.Басова

Техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2020, поз 3

Подп. к печати

Формат 60/80/16

Бумага тип. №1

Печать офсетная. Печ.л.3,25. Уч.- изд. 3,25 л;

Изд. № 3. Тираж 150 экз. Цена <<С>>. Заказ

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна. 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.