

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 28 » 10 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«АДСОРБЦИЯ И АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ»**

Направление подготовки 04.04.01 «Химия»

Профиль/программа подготовки: химия окружающей среды, химическая экспертиза и экологическая безопасность.

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения очная

| Семестр | Трудоемкость<br>зач. ед./ час. | Лекции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|---|
| 3       | 3 (108)                        | 18              | -                            | -                           | 90           | Зачет   |
| Итого   | 3 (108)                        | 18              | -                            | -                           | 90           | зачет   |

Владимир 2015

*Handwritten signature*

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины адсорбция и адсорбционные процессы являются: углубление знаний в области специфических свойств дисперсных систем, которые являются основой многих технологических процессов и широко используются при получении различных материалов, основные свойства которых зависят от дисперсности, природы поверхности и связаны с закономерностями структурообразования; изучение явлений присущих дисперсным системам, что необходимо как для оптимизации химико-технологических процессов, так и при решении задач охраны окружающей среды (очистка сточных вод, улавливание промышленных выбросов).

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Курс адсорбция и адсорбционные процессы – прикладная наука, развившаяся в самостоятельную дисциплину из раздела коллоидной химии. Она тесно связана с такими фундаментальными науками как коллоидная химия, физическая химия, физика, а также с целым рядом прикладных естественнонаучных дисциплин.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины магистр должен обладать следующей профессиональной компетенцией:

- владеть теорией и навыками практической работы в избранной области химии (ПК-2).

#### 4. Структура и содержание дисциплины адсорбция и адсорбционные процессы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины                                   | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                     |                    |     |       | Объём учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах/%) | Формы текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации |
|-------|--|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|--------------------|-----|-------|---|---|
|       |  |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | КП/КР |   |   |
| 1.    | Введение. Содержание и задачи курса.                       | 3       | 1               | 2  |                      |                     |                    | 4   |       | 1/50%   |   |
| 2.    | Термодинамика поверхностных явлений.                       | 3       | 3               | 2  |                      |                     |                    | 12  |       | 1/50%   | Рейтинг контроль №1   |
| 3.    | Адсорбция на поверхности раздела фаз. Капиллярные явления. | 3       | 5               | 2  |                      |                     |                    | 12  |       | 1/50%   |   |
| 4.    | Адсорбционное уравнение Гиббса                             | 3       | 7               | 2  |                      |                     |                    | 12  |       | 1/50%   |   |
| 5.    | Адсорбция ПАВ. Правило Дюкло – Траубе.                     | 3       | 9               | 2  |                      |                     |                    | 10  |       | 1/50%   | Рейтинг контроль №2   |
| 6.    | Строение адсорбционн                                       | 3       | 11              | 2  |                      |                     |                    | 10  |       | 1/50%   |   |



|        |  |   |    |    |  |  |  |    |  |       |                     |
|--------|--|---|----|----|--|--|--|----|--|-------|---------------------|
|        | ых слоев   |   |    |    |  |  |  |    |  |       |                     |
| 7.     | Адсорбция на границе жидкость – газ.   | 3 | 13 | 2  |  |  |  | 10 |  | 1/50% |                     |
| 8.     | Адсорбция на пористых адсорбентах.   | 3 | 15 | 2  |  |  |  | 10 |  | 1/50% | Рейтинг контроль №3 |
| 9.     | Адсорбционное модифицирование твердой поверхности поверхности с активными веществами | 3 | 17 | 2  |  |  |  | 10 |  | 1/50% |                     |
| Всего: |  | 3 |    | 18 |  |  |  | 90 |  | 9/50% | Зачет               |

## Содержание курса

### ЭЛЕМЕНТЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Термодинамическое описание гетерогенных систем с учетом естественных границ раздела по методу Гиббса. Понятие о разделяющей поверхности, её макроскопических свойствах. Поверхностное натяжение и площадь разделяющей поверхности как сопряженные свойства, ответственные за механическое взаимодействие с окружающей средой. Фундаментальные уравнения Гиббса для разделяющей поверхности и прилегающих к ней фаз. Свободная энергия разделяющей поверхности (избыточная свободная энергия или поверхностная свободная энергия), уравнение для полного её дифференциала.

Условия фазового равновесия при наличии искривленной и плоской границы раздела. Метода определения поверхностного натяжения, основанные на- условия механического равновесия фаз.

Понятие об адсорбции. Количественная мера адсорбции. Количественная мера адсорбции компонентов в методе Гиббса. Адсорбционное уравнение Гиббса для общего и частного положения разделяющей поверхности. Анализ уравнения с учетом природы сосуществующих фаз. Поверхностно-активные, поверхностно-инактивные и поверхностно-индифферентные вещества».

Представление о других методах описания явления адсорбции.

Влияние кривизны границы раздела на равновесные свойства сосуществующих фаз. Зависимость давления насыщенного пара над жидкостью или твердым телом от кривизны границы раздела. Капиллярная конденсация. Связь между растворимостью твердого или жидкого вещества в жидкости и кривизной соответствующей границе раздела. Явление рекристаллизации.

Образование новой фазы в однородных пересыщенных системах. Критические зародыши. Понятие о гомогенных и гетерогенных реакциях. Кинетика возникновения ядер и их роста. Образование дисперсных систем в результате дробления одной из фаз за счет внешних воздействий.

Проблема учета раздробленности фаз при термодинамическом описании гетерогенных систем.

## АДСОРБЦИЯ И СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

Адсорбция на границе раздела жидкость - газ; её анализ с помощью адсорбционного уравнения Гиббса. Характер зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворенного вещества в жидкой фазе для поверхностно-активных, поверхностно-инактивных и поверхностно-индифферентных веществ. Вид соответствующих изотерм адсорбции. Определение предельной величины поверхностной концентрации растворенного вещества. Строение поверхностного слоя. Расчет размеров



молекул растворенного вещества по величине его предельной поверхностной концентрации.

Адсорбция на границе раздела твердое тело - газ; ее особенности. Различные количественные меры адсорбции компонента газовой фазы, связь между ними, их экспериментальное определение. Изотермы адсорбции, их характер в зависимости от природы и числа компонентов газовой фазы и природы адсорбента. Динамика процесса адсорбции. Понятие о теплоте адсорбции, природе адсорбционных сил, физической и химической адсорбции. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра, основное уравнение теории, Недостаточность лэнгмюровской модели адсорбции, её дальнейшее развитие. Понятие о полимолекулярной адсорбции. Теория адсорбции Брунауэра, Эммета и Теллера, основное уравнение теории.

Адсорбция на границе раздела твердое тело - жидкость, её особенности. Молекулярная адсорбция. Влияние природы растворителя и адсорбента на адсорбцию растворенного вещества. Правило выравнивания полярностей Ребиндера. Количественные закономерности молекулярной адсорбции. Ионная адсорбция. Избирательная адсорбция ионов. Обменная адсорбция. Закономерности ионной адсорбции. Образование двойного электрического слоя на границе раздела твердого тела с жидкостью в результате избирательной адсорбции ионов и его строение. Понятие о мицеллах.

## ЯВЛЕНИЕ СМАЧИВАНИЯ. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПЛЕНКИ

Растекание жидкости или собирание её в каплю на поверхности твердых и жидких тел. Смачивание и не смачивание твердого тела жидкостью. Термодинамический вывод условия самопроизвольного растекания жидкости или собирания её в каплю.

Влияние добавок поверхностно-активных веществ к жидкой фазе и предварительной обработки поверхности твердого тела на смачиваемость. Применение явления смачивания или не смачивания в технике.

Мономолекулярные пленки нерастворимых веществ на границе раздела жидкость-газ. Исследование этих пленок методом подвижного барьера. Изотермы сжатия пленок. Толкование поверхностных пленок как двумерных (поверхностных) растворов. Поверхностное давление как двумерный аналог осмотического давления. Термодинамический вывод зависимости поверхностного давления от поверхностной концентрации вещества, образующего пленку. Применение метода поверхностных пленок для изучения строения молекул вещества пленки.

Тонкие пленки смазывающих материалов на границе двух твердых тел. Механизм смазывающего действия пленок.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изложение лекционного курса осуществляется в виде устных лекций с применением электронных средств обучения.

В качестве демонстрационного материала используются рисунки и таблицы по излагаемому материалу.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистров

Для текущего контроля успеваемости студентов используются рейтинг-контроль, а так же проверочные работы (тесты) для контроля самостоятельной работы. Промежуточной аттестацией по итогам освоения дисциплины является зачет.

Примеры заданий для проведения рейтинг-контроля:



## Рейтинг – контроль № 1

**ВОПРОС** *Ознакомьтесь с положениями, характеризующими поверхностные явления. Какое из них — неудовлетворительно?*

ОТВЕТЫ:

1. Поверхностными называется тонкий трехмерный слой, образующийся на поверхности контактирующих фаз и имеющий конечные размеры.
2. На границе раздела жидкость — газ равнодействующая сил межмолекулярного взаимодействия направлена нормально к поверхности в сторону жидкой фазы.
3. Работа, совершаемая в изотермических условиях в процессе перевода молекулы из объемной фазы в поверхностный слой, равна увеличению свободной поверхностной энергии.
4. Поверхностная энергия — это работа разрыва связей при дроблении твердых тел, связанная с увеличением поверхности раздела.
5. Внутреннее давление — это сила, с которой поверхностный слой воздействует на объем фазы.

**ВОПРОС.** *Изучите определения, характеризующие природу поверхностного натяжения. Какое из них требует уточнения?*

ОТВЕТЫ:

1. Работа образования единицы поверхности, совершаемая против сил внутреннего давления, называется поверхностным натяжением.
2. Величина  $\sigma$  — поверхностное натяжение — является коэффициентом пропорциональности между работой, затраченной на изменение площади поверхности и этим изменением площади.
3. Согласно экспериментальным данным поверхностное натяжение линейно уменьшается с ростом температуры вплоть до критической.
4. Величина  $\sigma$  характеризует межмолекулярное сцепление, полярность жидкости и связана с дипольным моментом, поляризуемостью вещества и диэлектрической проницаемостью.
5. Все утверждения справедливы.



**ВОПРОС** В каком случае переход к следующему фрагменту вывода уравнение адсорбции Гиббса недостаточно обосновано?

ОТВЕТ:

1. Изменение свободной энергии поверхностного слоя:

$$dF = \sigma dA + Ad\sigma + \sum_i \mu_i dn_i + \sum_i n_i d\mu_i \quad (1)$$

2. По аналогии с уравнением Гиббса-Дюгема:

$$Ad\sigma + \sum_i n_i d\mu_i = 0 \quad (2)$$

3. Ограничиваясь только изотермическими процессами и разделив обе части уравнения (2) на  $A$ , получим,  $d\sigma = -\sum_i \Gamma_i d\mu_i$

4. Для бинарной система (индекс 1 — растворитель, 2 — растворенное вещество)  $d\sigma = -\Gamma_1 d\mu_1 - \Gamma_2 d\mu_2$

5. Так как  $d\mu = RT d \ln a$ , допуская замену активности на концентрацию для разбавленных растворов, получим  $\Gamma = -\frac{c}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$

**ВОПРОС** Для каких из приведенных веществ в случае водных растворов величина  $d\sigma/dc$  больше нуля?

1. неорганические электролиты
2. органические кислоты
3. спирты
4. белки
5. сложные эфиры.

## Рейтинг – контроль № 2

**ВОПРОС** Проанализируйте уравнения, характеризующие поверхностное натяжение и поверхностную энергию. Какое из них требуется дополнительно уточнить?

ОТВЕТЫ:

1.  $\Delta w = \sigma \Delta A$

2.  $\sigma = \left( \frac{dG}{dA} \right)_{T,P,n_i}$

3.  $U = \sigma - T \left( \frac{dG}{dT} \right)_V$

4.  $\frac{dG}{dT} = const$

5.  $\sigma = \left( \frac{dF}{dA} \right)_{V,T,n}$

**ВОПРОС** Изучите положения, характеризующие природу адсорбционных сил. Какое из них не соответствует современным представлениям?

ОТВЕТЫ:

1. Адсорбционными называются силы межмолекулярного взаимодействия между молекулами или атомами, находящимися в разных фазах.

2. Как силы особого рода адсорбционные силы обладают ориентационным, индукционным и дисперсионным взаимодействием.

3. Для понимания природы адсорбционных сил необходимо учитывать, что в акте адсорбции молекула адсорбата взаимодействует не с одним, а со всеми ближайшими атомами адсорбента, т.е. с объемом.

4. Толщина адсорбционных слоев может достигать тысяч ангстрем, этот факт указывает на дальное действие адсорбционных сил.

5. Теория межмолекулярных сил показывает, что все три компоненты энергии притяжения: ориентационная, индукционная и дисперсионная составляющие обратно пропорциональны шестой степени расстояния.

**ВОПРОС** Какая из приведенных зависимостей называется изотермой адсорбции?

ОТВЕТЫ:

1.  $a = f(T)$

2.  $a = f(P)$

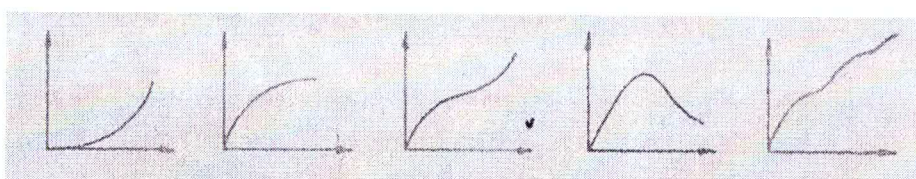
3.  $P = f(T)$

4.  $P = f(a)$

5.  $T = f(P)$

**ВОПРОС** Изучите кривые, представляющие зависимость количества адсорбируемого вещества (ордината) от давления в газовой фазе (абсцисса) для межфазной поверхности раздела твердое тело — газ. Какая из кривых характерна для теории адсорбции БЭТ?

ОТВЕТЫ:



**ВОПРОС** Проанализируйте уравнения, описывающие адсорбцию на твердой и жидкой поверхности раздела фаз. Какое из них является эмпирическим?

ОТВЕТЫ:

1.  $a(1 + kP) = a_{\max} kP$

$k$  – константа

2.  $\lg a = \lg b + \frac{1}{n} \lg P$

$b, n$  – константы

3.  $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{kc}{1 + kc}$

$c$  – концентрация

4.  $a = \frac{a_{\max} kP / P_s}{\left(1 - \frac{P}{P_s}\right) \left[1 + (k-1) \frac{P}{P_s}\right]}$

$P_s$  – давление насыщенного пара

5.  $a = K_r P$

$K_r$  – константа Генри

### Рейтинг – контроль № 3

**ВОПРОС** Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело — газ. Какое из них не согласуется с исходными положениями теории адсорбции Ленгмюра?



**ОТВЕТЫ:**

1. Адсорбция молекул адсорбтива происходит на активных центрах, находящихся на поверхности твердого адсорбента.
2. Адсорбированные молекулы удерживаются активными центрами только в течение определенного времени, которое не зависит от температуры.
3. Поверхностная концентрация адсорбтива пропорциональна давлению газа и концентрации свободных активных центров.
4. Вследствие малого радиуса действия адсорбционных сил и их способности к насыщению поверхность адсорбента может быть заполнена только одним мономолекулярным слоем адсорбтива.
5. Адсорбированные на соседних активных центрах молекулы адсорбтива не взаимодействуют между собой.
6. Адсорбция представляется как квазихимическая реакция между молекулой газа и активным центром, в результате которой образуется адсорбированный комплекс.

**ВОПРОС** *Какую из приведенных величин определяет частная производная от термодинамического потенциала по площади?*

$$\left( \frac{dG}{dA} \right)_{T,P,c}$$

**ОТВЕТЫ:**

1. химический потенциал
2. внутренняя энергия
3. поверхностное натяжение
4. поверхностная активность
5. свободная энергия.

**ВОПРОС** *Проанализируйте следующие исходные положения теории молекулярной адсорбции Поляни. Какое из них не соответствует современным теоретическим и экспериментальным данным?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Адсорбция обуславливается только физическими Ван-дер-ваальсовыми силами. На поверхности адсорбента нет активных центров.
2. Адсорбционные силы действуют на расстояния, превышающие размеры отдельных молекул адсорбтива. Образуется адсорбционный объем.
3. Каждая точка внутри адсорбционного объема характеризуется определенным значением адсорбционного потенциала.
4. Адсорбционный потенциал представляет собой изотермическую работу сжатия газа (пара) при переводе его из объемной фазы в область поверхностного слоя с давлением, отличным от равновесного.
5. Действие адсорбционных сил по мере удаления от межфазной поверхности уменьшается и на некотором расстоянии равно нулю.
6. Зависимость адсорбционного потенциала от адсорбционного объема носит название характеристической кривой.

**ВОПРОС** *Какой из перечисленных экспериментальных методов не позволяет определять поверхностное натяжение?*

**ОТВЕТЫ:**

1. Метод максимального давления пузырька (метод Ребиндера)
2. Метод перемещения шарика в дисперсионной среде
3. Сталагмометрический метод отрыва капли жидкости
4. Тензиметрический метод отрыва кольца
5. Метод капиллярного поднятия жидкости.

**ВОПРОС** *Изучите положения, характеризующие адсорбцию на межфазной поверхности твердое тело — газ (пар). Какое из них существенно отличается от основных положений теории полимолекулярной адсорбции паров Брунауэра — Эмметта — Теллера?*

**ОТВЕТЫ:**

1. На поверхности твердого адсорбента имеются неравноценны в энергетическом отношении активные центры.

2. Адсорбция многослойна. Каждая молекула первого слоя служит центром для адсорбции второго и последующих слоев.
3. Первый слой адсорбтива образуется в результате действия Ван-дер-ваальсовых сил, последующие — в результате компенсации.
4. Адсорбированная фаза представляется как совокупность адсорбированных комплексов — молекулярных цепочек, которые энергетически не взаимодействуют друг с другом.
5. Теплоты адсорбции единичного и двойного комплексов приблизительно одинаковы и равны теплоте объемной конденсации.
6. Адсорбцию молекул пара можно рассматривать как серию квазихимических реакций образования адсорбционных комплексов.
7. При значениях давления в газовой фазе, далеких от давления насыщенного пара, образуется мономолекулярный слой.
8. При увеличении давления в газовой фазе число свободных активных центров сокращается, а число кратных комплексов растет.
9. Объемная конденсация пара происходит при достижении давлений, равных давлению насыщенного пара при данной температуре
10. Предполагается, что площадь, приходящаяся на одну молекулу адсорбтива в поверхностном слое - постоянная величина. Это дает возможность вычислять величину удельной поверхности адсорбента.

### **Темы рефератов к самостоятельной работе студентов**

1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение.
2. Классификация поверхностных явлений.
3. Поверхностная активность. Поверхностно – активные вещества.
4. Адсорбция, теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
5. Закономерности адсорбции из растворов на твердых адсорбентах.
6. Адсорбционное уравнение Гиббса и его формы.
7. Количественные закономерности процесса адсорбции.
8. Практическое значение поверхностно – активных веществ.
9. Адсорбционные явления и их характеристика.



10. Классификация веществ по поверхностной активности.
11. Межмолекулярные взаимодействия при адсорбции.
12. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ.

### Вопросы к зачету по курсу «АДСОРБЦИЯ И АДСОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ»

1. Как определить удельную поверхность адсорбента с помощью теории БЭТ?
2. Как изменяется поверхностное натяжение и концентрация растворов ПАВ после контакта с углем?
3. Каков физический смысл предельной адсорбции?
4. Как найти удельную поверхность адсорбента?
5. Характеристика межфазной поверхности.
6. Энергетические параметры поверхности.
7. Общая характеристика адсорбции.
8. Адсорбционное уравнение Гиббса.
9. Межмолекулярное взаимодействие при адсорбции.
10. Уравнение адсорбции Генри.
11. Уравнение адсорбции Фрейндлиха.
12. Уравнение адсорбции Ленгмюра.
13. Теория полимолекулярной адсорбции БЭТ.
14. Адсорбция на микропористых адсорбентах.

Поддержка самостоятельной работы студентов обеспечивается соответствующей учебно-методической литературой:

1. Ольшевский М.В., Дорофеева И.Б. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы. Рейтинговая система организации и оценки самостоятельной работы студента/ Учеб. пособие. ВлГУ, Владимир. – 2003. 70 с.
2. Практические работы по коллоидной химии. Шиляева Л.П., Судакова Н.Н., Белоусова В.Н., Минакова Т.С., Мамонтов Г.В. Учебное пособие. 2015. 244 стр.

3. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. Учебное пособие. 2012. 110 стр.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Коллоидная химия поверхностно-активных веществ. Вережников В.Н., Гермашева И.И., Крысин М.Ю. Учебное пособие. 2015, 304 стр.
2. Коллоидная химия. Романенко Е.С., Францева Н.Н., Безгтна Е.В. Учебное пособие. 2013., 52 с.
3. Нуштаев А.В. Лабораторный практикум по физической и коллоидной химии. 2012, 80 с. (Библиотека ВлГУ)
4. Практикум по коллоидной химии. Учебное пособие для вузов. Должникова В.Д., Задымова Н.М., Лопатина Л.И. 2012., 288 с. (Библиотека ВлГУ)
5. Практикум по коллоидной химии. Кириченко О.А. 2012., 110 с. (Библиотека ВлГУ)

б) дополнительная литература:

1. Курс коллоидной химии. Фридрихсберг Д.А. Учебник. 2010. 416 с. (Библиотека ВлГУ)
2. Физическая и коллоидная химия. Маринкина Г.А., Полякова Н.П., Коваль Ю.И. Учебное пособие. 2009., 151 с.
3. Основы биофизической и коллоидной химии. Учебное пособие. Барковский Е.В. и др. 2009., 160 с.
4. Оствальд В. Краткое практическое руководство по коллоидной химии., 2010 г. 86 с. (Библиотека ВлГУ)
5. Физическая и коллоидная химия. Учебное пособие. Родин В.В., Горчаков Э.В., Оробец В.А. 2015., 270 с.

в) периодические издания:

1. Вода: химия и экология.
2. Сорбционные и хроматографические процессы.
3. Environ Technol.
4. Восточно – Европейский журнал передовых технологий

г) интернет - ресурсы:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. <http://www.chemport.ru/>

3. <http://www.xumuk.ru/>
4. <http://elibrary.ru/>
5. <http://sci-hub.org/>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально – технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, набор слайдов, демонстрационные приборы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.04.01 - Химия

Рабочую программу составил  Кухтин Б.А.

Рецензент: ООО «БМТ», к.х.н., науч. сотрудник  Третьяков А.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химии

протокол № 2/2 от 27.10.2015

Заведующий кафедрой  Кухтин Б.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 04.04.01 – Химия

Протокол № 3/2 от 29.10.2015.

Председатель комиссии  Кухтин Б.А.



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016 - 17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 5.09.17 года

Заведующий кафедрой

Кухтин

Рабочая программа одобрена на 2017 - 18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой

Кухтин

Рабочая программа одобрена на 2018 / 2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 3.09.18 года

Заведующий кафедрой

Кухтин

Рабочая программа одобрена на 2019 / 2020 учебный год

Протокол заседания кафедры № 11 от 3.07.19 года

Заведующий кафедрой

Кухтин

Рецензия  
на рабочую программу дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» для  
студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения (автор профессор  
Кухтин Б.А.)

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» профессора кафедры химии Кухтина Б.А. для студентов направления 04.04.01 «Химия» очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяют достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах и часах) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде заданий рейтинг-контроля, вопросов к зачету, тематики практических занятий, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе Интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать задачи дисциплины и достигнуть поставленной цели.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Адсорбция и адсорбционные процессы» профессора кафедры химии составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке магистров направления 04.04.01 «Химия»

Рецензент \_\_\_\_\_ научный сотрудник ООО «БМТ», к.х.н. Третьяков А.В.

