

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
\_\_\_\_\_ О.Ю. Долматов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**

\_\_\_\_\_ Физические методы анализа веществ и материалов \_\_\_\_\_

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП

\_\_\_\_\_ 14.03.02 Ядерные физика и технологии \_\_\_\_\_

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОГРАММА)

\_\_\_\_\_ бакалавриат \_\_\_\_\_

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА \_\_\_\_\_ 2014 г. \_\_\_\_\_

КУРС III СЕМЕСТР 5

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ 5

ПРЕРЕКВИЗИТЫ \_\_\_\_\_ общая физика, общая химия и высшая математика  
по программе высшего профессионального образования \_\_\_\_\_

КОРЕКВИЗИТЫ \_\_\_\_\_ Общие гуманитарные и социально-экономические  
дисциплины; \_\_\_\_\_ Общие математические \_\_\_\_\_ и  
естественнонаучные дисциплины; \_\_\_\_\_ Общие  
профессиональные дисциплины \_\_\_\_\_

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

\_\_\_\_\_ Лекции \_\_\_\_\_ 16 часа

\_\_\_\_\_ Практические занятия \_\_\_\_\_ 16 часов

АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ 32 часа

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 76 часа

ИТОГО 108 час.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ \_\_\_\_\_ Очная \_\_\_\_\_

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ \_\_\_\_\_

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ

\_\_\_\_\_ кафедра Техническая физика ФТИ ТПУ \_\_\_\_\_

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ \_\_\_\_\_ И.В. Шамани

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП \_\_\_\_\_ А.Р. Вагнер

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ \_\_\_\_\_ В.Ф. Мышкин

2016 г.

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целью преподавания дисциплины «**Физические методы анализа веществ и материалов**» является формирование представлений о технической науке, изучающей способы и технические устройства для получения и измерения вакуума, а также о физико-химических процессах, протекающих в различных газовых смесях в условиях пониженного давления.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «**Физические методы анализа веществ и материалов**» входит в вариативную часть Профессионального цикла дисциплин направления «14.03.02 - Ядерная физика и технологии».

Дисциплина дает полное представление о поведении газовых смесей в условиях вакуума и методах его получения, а также процессах взаимодействия молекул со стенками вакуумной камеры.

Для успешного освоения дисциплины студенты должны иметь знания по общей физике, общей химии и высшей математике по программе высшего профессионального образования.

Дисциплина является базой для специальных профессиональных дисциплин технологии разделительного производства.

Параллельно с данной дисциплиной могут изучаться следующие циклы: Общие гуманитарные и социально-экономические дисциплины; Общие математические и естественнонаучные дисциплины; Общие профессиональные дисциплины.

### **3. Результаты освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен/будет:

Знать (иметь представление):

- понятие о вакууме и давлении;
- уравнения состояния идеальных газов;
- течение газов через отверстия и по трубопроводам;
- вакуумные насосы и их характеристики,
- основные уравнения вакуумной техники,
- взаимодействие молекул газа с твердой поверхностью (сорбция, десорбция);
- перенос тепла в вакууме и в гетерогенных газовых системах;
- фазовые переходы.

Уметь

- рассчитывать вакуумные системы;
- рассчитывать динамику температуры тел, помещенных в вакуум.

Иметь представления (опыт):

- расчета длины свободного пробега молекул;

- расчета коэффициентов теплопроводности при различных степенях вакуума;
- проведения расчета длительности откачки;
- отыскания причин плохого разрежения в вакуумных системах и их устранения.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

1. Универсальные (общекультурные) - способность/готовность

- организовывать взаимосвязь своих знаний и упорядочивать их; организовывать собственные приемы изучения физических явлений.
- готовность к непрерывному самообразованию и модернизации профессиональной квалификации;
- умения и навыки делового общения, в том числе с работы в команде;
- способность к работе с различными источниками информации (поиск, обработка, хранение, воспроизведение);
- умение действовать и принимать ответственные решения в нестандартных и неопределенных ситуациях;
- способность к критическому мышлению, самоуправлению деятельностью;
- готовность к эффективному поведению в конкурентной среде в условиях стрессогенных факторов.

2. Профессиональные - способность/готовность

- разрабатывать, обслуживать и исследовать вакуумные системы; решать технические проблемы вакуумных установок на базе теоретических законов и известных эмпирических зависимостей; уметь выбирать целевые и смысловые установки для своей практической деятельности; принимать эффективные технологические и научные решения.

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

4.1 Дисциплина содержит 5 модулей.

1. Молекулярно-кинетическая теория газов

Вкратце рассматриваются основные уравнения кинетической теории газов, распределение молекул по скоростям, кинетическое уравнение для слабо неоднородного газа, средняя длина свободного пробега молекул.

2. Вакуум и вакуумные насосы

Дается понятие о степенях вакуума. Достаточно подробно рассмотрены устройство и работа вакуумных насосов – механических, пароструйных, сорбционных, криогенных для достижения различных степеней вакуума.

3. Тепло- массоперенос в вакуумных средах

Вкратце рассматриваются теплопередача и вязкость газов при пониженных давлениях.

#### 4. Кинетика неравновесных состояний парогазовых систем

Анализируются силы межмолекулярного взаимодействия, уравнение Ван-дер-Ваальса, фазовый переход газ – жидкость и область двухфазных состояний, свойства вещества при критической температуре. Рассматриваются кинетика неравновесных фазовых переходов в физико-химических системах. Анализируется роль поверхности раздела фаз в протекании различных процессов в условиях вакуума.

#### 5. Сорбционные явления

Рассматриваются процессы сорбции и диффузии газов в твердых телах. Анализируются изотопная селективность сорбционных процессов и диффузии газов в твердых телах, сорбционные явления в магнитном поле

Таблица 1.

Структура модуля (дисциплины)  
по разделам и формам организации обучения

Название раздела/темы	Аудиторная работа		СРС, час	Итого
	лекции	практические занятия		
Молекулярно-кинетическая теория газов	1	2	8,0	11
Вакуум и вакуумные насосы	11	6	28,0	45
Тепло- массоперенос в вакуумных средах	2	2	10,0	14
Кинетика неравновесных состояний парогазовых систем	1	4	16,0	21
Сорбционные явления	1	2	14,0	17
Итого	16	16	76	108

### 5. Образовательные технологии

Обеспечение достижения планируемых результатов освоения дисциплины обеспечивается:

- повышением качества образования путем его фундаментализации, информирования обучаемого о современных достижениях науки в большем объеме и с большей скоростью;
- нацеленностью обучения на новые, в первую очередь, на информационно-коммуникационные технологии;
- повышение творческого начала в образовании и усиление роли самостоятельной работы бакалавров.

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражена в матрице (см. табл. 2).

Таблица 2.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	лекции	практические занятия	СРС
Методы			

IT-методы			
Работа в команде			
Case-study			
Игра		+	
Методы проблемного обучения.	+	+	+
Обучение на основе опыта			
Опережающая самостоятельная работа		+	+
Проектный метод			
Поисковый метод		+	+
Исследовательский метод			+
Другие методы			

## **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Приводится характеристика всех видов и форм самостоятельной работы студентов, включая текущую и творческую/исследовательскую деятельность студентов:

6.1 Текущая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений.

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации в сети ИНТЕРНЕТ по индивидуально заданной проблеме курса,
- опережающая самостоятельная работа по проблеме курса,
- перевод текстов с иностранных языков по проблеме курса,
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к зачету и экзамену.

6.2 **Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)**, ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации по основным проблемам курса,
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах по основным проблемам курса;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.

## **6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине**

В разделе приводится развёрнутая характеристика тематического содержания самостоятельной работы.

Самостоятельная работа включает подготовку к практическим занятиям, к зачету и изучение отдельных тем, отнесенных к самостоятельному освоению студентами с использованием литературных источников, представленных в учебной программе дисциплины. В число часов для самостоятельной работы включено необходимое время для подготовки к текущему контролю, проводимого в течение семестра.

### 1. Перечень научных проблем и направлений научных исследований

1. Процессы передачи тепла в оптически прозрачных телах
2. Способы получения вакуума
3. Изотопы и поверхность (сорбционные процессы)
4. Динамика парогазовой смеси при изменении давления и температуры
5. Динамика электрона в физических (химических) процессах

### 2. Темы индивидуальных заданий (рефератов для самостоятельной работы)

1. Современное состояние разработки и применения вакуумных насосов.
2. Достижения вакуумных технологий.
3. Динамика формирования молекулярных структур
4. Изотопная селективность явлений на поверхности твердых тел и порошков
5. Наномолекулярные насосы.
6. Лазерное охлаждение газов и твердых тел как метод криосорбционной откачки.
7. Вакуумные электроразрядные приборы и технологии.
8. Современное состояние космических вакуумных технологий.
9. Нанодисперсные алмазы: получение и применение.

### 3. Темы, выносимые на самостоятельную проработку

#### Темы для углубленного самостоятельного изучения

1. Распределение молекул газа по скоростям.
2. Энергия сорбционного взаимодействия.
3. Конструкции испарительных насосов.
4. Конструкции криогенных насосов.
5. Конструкции магниторазрядных насосов
6. Конструкции ионно-сорбционных насосов.
7. Турбомолекулярные насосы.
8. Аппаратура для определения герметичности вакуумных систем.
9. Градуировка преобразователей для общих давлений.
10. Проектирование и расчет вакуумной системы в стационарном и

- нестационарном режиме работы вакуумных систем.
11. Расчет газовых нагрузок и времени откачки распределенных вакуумных объектов.
  12. Конструкционные вакуумные материалы.
  13. Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах

### **6.3 Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

### **6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Для дополнительного самостоятельного изучения дисциплины могут быть использованы следующие электронные ресурсы:

<http://window.edu.ru/>

<http://google.com/>

<http://nist.gov>

## **7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины**

Средства оценки текущей успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины - перечень вопросов, ответы на которые позволяют оценить степень усвоения теоретических знаний; проблем, позволяющих оценить профессиональные и универсальные (общекультурные) компетенции студентов.

### **Вопросы выходного контроля**

1. Время жизни капель в среде, близкой к насыщению
2. Адсорбенты для вакуумной техники.
3. Быстрота действия насоса  $S_H$ .
4. Вращательный многопластинчатый насос
5. Вредное пространство в насосах с объемной откачкой.
6. Время адсорбции
7. Время испарения в насыщенной среде.
8. Газобалластный насос. Принцип действия и особенности работы.
9. Газовые законы.
10. Гетерогенная нуклеация.
11. Гистерезис при испарении и конденсации.
12. Гомогенная нуклеация - График уравнения Кельвина
13. Давление запуска насоса  $P_3$  и наибольшее выпускное давление  $P_v$ .
14. Диаграмма агрегатного состояния вещества.
15. Диффузионный пароструйный насос
16. Диффузия в газах

17. Жидкостно-кольцевой насос
18. Зависимость изменения свободной энергии от диаметра капли для различных степеней пресыщения
19. Зависимость коэффициента динамической вязкости от давления.
20. Зависимость коэффициента самодиффузии от давления.
21. Закон Стефана-Больцмана
22. Закон Фика
23. Золотниковый механический масляный насос
24. Ионы как ядра конденсации.
25. Испарение и рост капель. Уравнение Максвелла.
26. Квантово-механический закон установления связи между атомами в молекулах
27. Кинетическая теория газов. Уравнения состояния идеальных газов.
28. Классификация ловушек по принципу действия (3 типа).
29. Классификация насосов по назначению и принципу действия.
30. Конвективный перенос в низком вакууме - уравнение Ньютона-Рихмана
31. Конструкции ионно-сорбционных насосов.
32. Криогенный насос
33. Молекулярная откачка.
34. Недостатки диффузионных паромасляных насосов
35. Недостатки турбомолекулярных насосов.
36. Общая характеристика вакуумных насосов.
37. Объемно-молекулярный насос (насоса Рутса).
38. Основное уравнение вакуумной техники.
39. Основные недостатки имеют диффузионные паромасляные насосы.
40. Основные параметры вакуумных насосов.
41. Основные параметры, характеризующие все вакуумные насосы.
42. Отличие пара от газа
43. Охлаждающие конденсирующие ловушки?
44. Пароструйная откачка.
45. Перенос тепла в чистых газах
46. Пластинчато-роторный насос
47. Понятие о вакууме и давлении.
48. Понятие о паре и газе
49. Понятие о степенях вакуума. Критерий Кнудсена.
50. Понятие эжекторных и диффузионных насосов.
51. Предельное давление насоса  $P_{пр}$ .
52. Принцип молекулярной откачки с помощью наклонного канала, двигающегося перпендикулярно газовому потоку (вторая схема)
53. Процесс конденсации в зависимости от свойств ядер
54. Процесс объемной откачки.
55. Рабочие жидкости пароструйных насосов и предъявляемые к ним требования.
56. Рабочий диапазон давлений диффузионных и вращательных насосов
57. Различие между эжекторными и диффузионными пароструйными

насосами

58. Растворение газов в твердых телах.
59. Регенерация холодного диффузионного насоса
60. Режимы течения газа.
61. Рост и испарение движущихся капель
62. Рост или время жизни капель - уравнение Ленгмюра
63. Связь между степенью пресыщения и критическим диаметром капли
64. Сила трения между слоями газа в высоком вакууме
65. Сила трения между слоями газа в области низкого вакуума
66. Сила трения между слоями газа в области среднего вакуума
67. Скорость образования критических ядер.
68. Сопротивление участка трубопровода.
69. Сорбционные явления. Время адсорбции и десорбции.
70. Спин и его динамика
71. Степень пересыщения паро-газовой смеси.
72. Столкновение молекул и средняя длина свободного пробега.
73. Температурное равновесие давлений в высоком вакууме
74. Температурное равновесие давлений в области среднего вакуума
75. Температурное равновесие давлений при низком вакууме
76. Температурное равновесие давлений.
77. Теплопередача в вакууме.
78. Теплопередача газа при появлении конденсированной фазы.
79. Теплопередача за счет теплопроводности - уравнение Фурье
80. Типы механических масляных насосов?
81. Типы нуклеации
82. Турбомолекулярный насос - принцип действия и характеристики.
83. Уравнение испарения капли Максвелла
84. Уравнение Кельвина.
85. Устройство и принцип действия холодных диффузионных насосов.
86. Фазовые равновесия. Диаграммы состояний.
87. Фракционирующие устройства в пароструйных насосах
88. Фундаментальные факторы, управляющие химией
89. Хемосорбционная откачка.
90. Ход процесса в зависимости от свойств ядер конденсации.
91. Частота соударений молекул газа с поверхностью.
92. Выключения механического масляного насоса.
93. Эжекторный пароструйный насос и его отличие от диффузионного
94. Экспериментальное определение быстроты действия вращательного насоса

## **8. Рейтинг качества освоения дисциплины**

Приводится рейтинг-план текущей оценки успеваемости студентов в семестре и рейтинг промежуточной аттестации студентов по итогам освоения модуля. В соответствии с рейтинговой системой текущий контроль

производится в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала и результатов практических занятий.

Экзамен производится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам экзамена или зачета. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам (80 – текущая оценка в семестре, 20 – аттестация в конце семестра).

Таблица 3

Рейтинг-план освоения модуля (дисциплины) в течение семестра

Нед ели	Текущий контроль						
	Теоретический материал			Практическая			Итого Баллы
	Раздел ы	Вопросы	Баллы	Задания	Проблем ы	Баллы	
	1		2	4	4	8	10
	2		2	4	4	16	10
	3		2	4	4	16	10
	4		2	4	4	16	10
	5		2	4	4	16	10
	6		2	4	4		10
	7		2	4	4		10
	8		2	4	4		10
Сумма баллов в семестре			16	32	32	64	80

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### • основная литература:

1. Розанов Л.Н. Вакуумная техника. М.: Высшая школа, 1990.
2. Матвеев В.Н. Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981.
3. Кикоин А.К. Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.
4. Левин Г. Основы вакуумной техники. М.: Энергия, 1969.
5. Власов В.А. Физика кинетических явлений и вакуумная техника: Учеб. пособ. - Томск: Изд. ТПУ, 1998

### • дополнительная литература:

1. Groshkovskiy L. Техника высокого вакуума. - М.: Мир, 1975.
2. Данилин Б.С., Минайчев В.Е. Основы конструирования вакуумных систем. - М.: Энергия, 1971.
3. Волчкевич А.И. Высоковакуумные адсорбционные насосы. - М.: Машиностроение, 1983.
4. Фролов Е.С. Турбомолекулярные вакуум-насосы. - М.: Машиностроение, 1980.
5. Цейтлин А.А. Пароструйные вакуумные насосы. - М. - Л.: Энергия, 1985.

### • Internet-ресурсы:

www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.google.ru, www.yahoo.ru

### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При проведении практических (семинарских) занятий и чтении лекций используются компьютеры, мультимедиа проигрыватели, корпоративная компьютерная сеть и ИНТЕРНЕТ.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки бакалавров по направлению 14.03.02 ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ.

Программа одобрена на заседании кафедры ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА ФТИ ТПУ (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.).

Автор(ы) \_\_\_\_\_ В.Ф.Мышкин

Рецензент(ы) \_\_\_\_\_