

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»  
Проректор по учебно –  
методической работе  
\_\_\_\_\_ Устименко Ю.А.  
«03» сентября 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.О.30Избранные вопросы физики**

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профиля подготовки)**

Направленность (профиль): **Физика, Информатика**

Форма обучения: очная

Курс –2

Семестр –3,4

Всего зачетных единиц – 4; часов – 144 час

Форма отчетности: зачет – 3, 4 семестр

Программу разработала  
кандидат технических наук, доцент Е.А. Царева

Одобрена на заседании кафедры  
«26» августа 2020г., протокол № 1

Заведующий кафедрой Дюндин А.В.

Смоленск  
2020

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.30 "Избранные вопросы физики" изучается в 3 и 4 семестрах и включена в обязательную часть раздела «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)** (профиль «Физика. Информатика»).

Для успешного освоения содержания дисциплины необходимы компетенции, сформированные в процессе изучения дисциплин «Физика» «Математический анализ», «Алгебра и геометрия».

Сформированные при изучении курса компетенции служат опорой в процессе изучения дисциплин «Основы теоретической физики», «Электрорадиотехника», «Физика атома и атомного ядра», «Астрономия», «Практикум по решению физических задач», «Компьютерная физика», «Теория и методика обучения физике» и др.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция  | Индикаторы достижения   |
|--|---|
| <b>ОПК-2.</b> Способен участвовать в разработке основных и дополнительных образовательных программ, разрабатывать отдельные их компоненты (в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий) | <b>Знать</b> - сущность и структуру образовательного процесса; сущность педагогического проектирования; логику организации проектной деятельности; структуру процесса обучения; научные основы содержания школьного физического образования, основные положения естественных и технических наук, а также математический аппарат, необходимые для успешного решения задач профессиональной деятельности; принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль,<br><b>Уметь</b> - соотнести содержание изученных теоретических дисциплин с содержанием и проблемами школьного математического и физического образования; решать основные задачи профессиональной деятельности на основе теоретических и практических основ естественных и технических наук, применяя соответствующий математический аппарат<br><b>Владеть:</b> навыками решения основных задач профессиональной деятельности на основе положений естественных и технических наук. |
| <b>ОПК-8.</b> Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний   | <b>Знать:</b> объект, предмет, основные категории, принципы, закономерности, структуру педагогической науки; сущность, структуру, динамику целостного педагогического процесса; состояние и тенденции развития отечественных и международных педагогических и психологических исследований; методологию педагогического исследования; особенности, логику, закономерности, формы, методы и средства процесса обучения и воспитания; основы психологии личности, основные теоретические подходы к пониманию феномена личности; познавательные процессы, их свойства, закономерности и роль в интеллектуальной и творческой деятельности; общетеоретические основы методики преподавания предмета в объеме, необходимом для осуществления педагогической деятельности; строение и   |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>функции организма, основные закономерности развития человека; общие закономерности и возрастные особенности функционирования основных систем организма учащихся; гигиенические требования к организации образовательного процесса и гигиену учебного процесса; инструментальные средства информационных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> применять теоретические знания в решении педагогических задач; планировать, проектировать и осуществлять педагогический процесс в различных типах образовательных учреждений; определять структуру и методологию проведения педагогического исследования; адекватно целям выстраивать учебный и воспитательный процесс, выбирая соответствующие формы, методы и средства его осуществления; использовать в педагогической деятельности и межличностном взаимодействии современные достижения психологической науки; учитывать возрастные физиологические особенности учащихся в педагогическом процессе; использовать информационные технологии для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Владеть:</b> категориальным аппаратом педагогической науки; навыками решения педагогических задач; способами планирования и осуществления образовательного процесса; способами проведения педагогического эксперимента; формами и методами осуществления учебной и воспитательной работы; приемами и методами психодиагностики личности, изучения особенностей профессиональной деятельности; навыками организации педагогической деятельности с позиций сохранения здоровья; методами профилактики нарушений физического развития и повышения адаптационных резервов организма; методами оказания первой доврачебной помощи; методами применения информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе.</p> |
| <p><b>ПК-5.</b>Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы</p> | <p><b>Знать:</b> современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики;</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач;</p> <p><b>Владеть:</b> основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки</p>  |

|  |
|--|
| методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности. |
|--|

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3 семестр. Основы механики

##### *Движение в неинерциальных системах отсчёта (НИСО)*

Движение материальной точки в поступательно движущейся и равномерно вращающейся НИСО. Силы инерции. Общие свойства всех сил инерции. Проявление сил инерции на Земле.

##### *Элементы специальной теории относительности (СТО).*

Границы применимости механики Ньютона. Постулаты Эйнштейна. Относительность одновременности. Преобразования Лоренца и их следствия.

Релятивистский импульс и масса. Релятивистская форма 2-го закона Ньютона. Взаимосвязь массы и энергии. Законы сохранения в СТО.

##### *Поле тяготения.*

Поле как вид материи. Напряженность поля. Однородное и центральное поле. Потенциал поля. Потенциальная энергия тела в поле тяготения. Движение тел в центральном поле тяготения. Космические скорости.

Эйнштейновский принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения.

##### *Механические волны.*

Распространение колебаний в однородной упругой среде. Поперечные и продольные волны. Скорость распространения волны. Уравнение плоской сферической гармонической бегущей волны. Энергия бегущей волны. Поток энергии. Вектор Умова. Интерференция волн. Стоячие волны.

##### *Акустика.*

Природа звука. Акустическое давление и скорость частиц в звуковой волне. Интенсивность звука. Источники и приёмники звука. Звуковые волны в струнах и трубах. Колебания мембран. Акустический резонанс. Ультразвук и его применение.

*Жидкости и их свойства.* Жидкое состояние вещества. Поверхностное натяжение. Давление под искривленной поверхностью. Капиллярные явления. Вязкость жидкостей.

*Основы гидростатики.* Давление в жидкостях и газах. Гидростатический закон. Архимедова сила.

*Основы гидродинамики.* Уравнение Бернулли. Реакция вытекающей струи. Формулы Ньютона и Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса. Движение тела в вязкой среде. Формула Стокса.

#### 4 семестр Основы молекулярной физики и термодинамики

*Циклические процессы и тепловые машины.* Циклические процессы. Тепловые и холодильные машины. Цикл Карно, теоремы Карно. Реальные циклы и тепловые двигатели

*Реальные газы.* Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние вещества.

*Твердые тела и их свойства.* Кристаллическое состояние вещества. Типы кристаллических решеток. Анизотропия. Теплопроводность твердых тел.

*Фазы и фазовые превращения.* Понятия фазы и фазового перехода. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые диаграммы. Тройная точка. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

#### Основы электродинамики

*Теория электропроводности.* Природа электрического тока в металлах. Электронная теория проводимости металлов Друде. Закон Джоуля-Ленца с точки зрения классической электронной теории. Тепловое движение ионов металла. Законы идеального газа, число столкновений электронов с ионами решетки, удельная электропроводность.

*Электрический ток в газах.* Электропроводность газов. Несамостоятельный газовый разряд. Виды самостоятельных газовых разрядов.

**Электрический ток в жидкостях.** Условия протекания электрического тока в жидкостях. Электролиз. Законы Фарадея. Элементарный электрический заряд. Подвижность ионов в электролитах.

**Электрический ток в полупроводниках.** Отличия полупроводников от металлов и диэлектриков. Зонная теория проводимости. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Полупроводники n-типа, p-типа.

**Термоэлектронные явления.** Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. (теплота Пельтье), Эффект Томпсона.

#### 4. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

| № п/п                   | Разделы и темы                                     | Всего часов | Формы занятий |         |                |                |                |
|-------------------------|--|-------------|---------------|---------|----------------|----------------|----------------|
|                         |  |             | лекции        | семинар | Практ. занятия | Лабор. занятия | Самост. работа |
| <b>3 семестр</b>        |  |             |               |         |                |                |                |
| 1.                      | Движение в неинерциальных системах отсчёта (НИСО)  | 12          | 2             | 0       | 4              | 0              | 4              |
| 2.                      | Элементы специальной теории относительности (СТО). | 10          | 2             | 0       | 4              | 0              | 4              |
| 3.                      | Поле тяготения.                                    | 9           | 2             | 0       | 4              | 0              | 3              |
| 4.                      | Механические волны.                                | 12          | 2             | 0       | 4              | 0              | 4              |
| 5.                      | Акустика.  | 9           | 2             | 0       | 4              | 0              | 3              |
| 6.                      | Основы гидростатики                                | 10          | 2             | 0       | 6              | 0              | 2              |
| 7.                      | Основы гидродинамики                               | 10          | 2             | 0       | 4              | 0              | 4              |
| 8.                      | Жидкости и их свойства.                            |             | 2             |         |                |                |                |
| <i>Итого за семестр</i> |  | 72          | 16            | 0       | 32             | 0              | 24             |
| <b>4 семестр</b>        |  |             |               |         |                |                |                |
| 1.                      | Циклические процессы и тепловые машины.            | 12          | 2             | 0       | 6              | 0              | 4              |
| 2.                      | Реальные газы.                                     | 8           | 2             | 0       | 4              | 0              | 2              |
| 3.                      | Твердые тела и их свойства.                        | 8           | 2             | 0       | 4              | 0              | 2              |
| 4.                      | Фазы и фазовые превращения.                        | 11          | 2             | 0       | 6              | 0              | 3              |
| 5.                      | Теория электропроводности                          | 6           | 2             | 0       | 2              | 0              | 2              |
| 6.                      | Электрический ток в газах                          | 7           | 1             | 0       | 2              | 0              | 3              |
| 7.                      | Электрический ток в жидкостях                      | 8           | 2             | 0       | 4              | 0              | 3              |
| 8.                      | Электрический ток в полупроводниках                | 6           | 1             | 0       | 2              | 0              | 3              |
| 9.                      | Термоэлектронные явления                           | 6           | 2             | 0       | 2              | 0              | 2              |
| <i>Итого за семестр</i> |  | 72          | 16            | 0       | 32             | 0              | 24             |

|       |     |    |   |    |   |    |
|-------|-----|----|---|----|---|----|
| ИТОГО | 144 | 32 | 0 | 64 | 0 | 48 |
|-------|-----|----|---|----|---|----|

## 5. ВИДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Занятия лекционного типа

3 семестр

1. Движение в неинерциальных системах отсчёта (НИСО) (2 часа)
2. Элементы специальной теории относительности (СТО). (2 часа)
3. Поле тяготения. (2 часа)
4. Механические волны. (2 часа)
5. Акустика. (2 часа)
6. Жидкости и их свойства (2 часа).
7. Основы гидростатики. (2 часа)
8. Основы гидродинамики. (2 часа)

4 семестр

1. Циклические процессы и тепловые машины (2 часа).
2. Реальные газы (2 часа).
3. Твёрдые тела и их свойства (2 часа).
4. Фазы и фазовые превращения (2 часа).
5. Теория электропроводности (2 часа).
6. Электрический ток в газах (1 час).
7. Электрический ток в жидкостях (2 часа).
8. Электрический ток в полупроводниках (1 час).
9. Термоэлектронные явления (2 часа).

Практические занятия

3 семестр

Занятие № 1

Тема: «Неинерциальные системы отсчета».

Задачи для решения в аудитории

1. На вершине наклонной плоскости в состоянии покоя находится тело (рис. 1). За какое время тело соскользнет с плоскости, если плоскость в момент времени  $t = 0$  начнет двигаться влево в горизонтальном направлении с ускорением  $a = 1 \text{ м/с}^2$ ? Длина плоскости  $l=1 \text{ м}$ , угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения между телом и плоскостью  $\mu = 0,6$ .

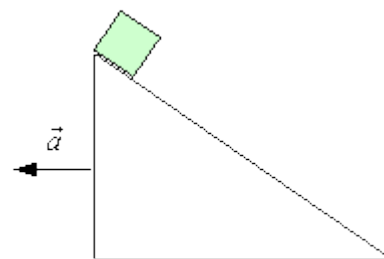
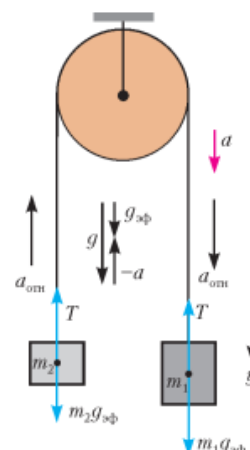


Рис.1

2. Какова сила инерции, действующая на материальную точку, массой  $m$  подвешенную на нити к потолку вагона, движущегося с ускорением  $a_0$ .

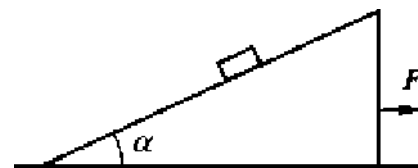
3. Через невесомый блок перекинута нить, на концах которой подвешены грузы с массами  $m_1 = 0,7 \text{ кг}$  и  $m_2 = 0,3 \text{ кг}$ . Блок перемещают вниз с ускорением  $a = 3 \text{ м/с}^2$ . Определите силу натяжения нити и ускорения грузов относительно неподвижной системы отсчета



Задачи для самостоятельного решения.

1. В сосуде с водой плавает тело. Как изменится глубина погружения тела в воду, если сосуд начнет двигаться вниз с ускорением  $a$ ?

2. С какой горизонтальной силой  $F$  следует двигать клин с углом  $\alpha$  при основании и массой  $M$ , чтобы лежащий на нем брусок массой  $m$  не перемещался. Коэффициент трения скольжения между бруском и клином равен  $\mu$ .



3. В кабине лифта находится прикрепленный к потолку невесомый блок. Через блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены грузы массами  $m_1$  и  $m_2$ . Кабина начинает подниматься с ускорением  $a_0$ . Пренебрегая трением найти:

- ускорение груза относительно кабины;
- силу, с которой блок действует на потолок кабины.

Занятие № 2

Тема: «Центробежная сила и сила Кориолиса».

**Задачи для решения в аудитории**

1. Объяснить влияние сил Кориолиса на движение рек в северном и южном полушарии (рассмотреть движение рек, текущих по параллелям; и по меридианам).

2. Велосипедист движется по горизонтальной плоскости, описывая окружность радиуса  $R = 50$  м. Коэффициент трения колес о почву  $\mu = 0,4$ . На какой угол  $\alpha$  от вертикали должен отклониться велосипедист при скорости  $v_1 = 10$  м/с? С какой максимальной скоростью он может ехать по заданной окружности.

3. Тело массой 1,5 кг, падая свободно на Землю в точку с географической широтой  $45^\circ$ . Учитывая вращение земли, нарисуйте и определите все силы, действующие на тело в момент падения на Землю.

**Задачи для самостоятельного решения.**

1. Запишите второй закон Ньютона в инерциальной и в неинерциальной системах отсчета для следующих случаев: а) маятник укреплен на диске, вращающемся с постоянной угловой скоростью; б) тело, находящееся на вращающемся диске, равномерно движется по радиусу; по окружности.

2. Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли. Вернется ли оно в ту же точку при падении на Землю. Обосновать ответ.

3. Горизонтальный диск вращают с постоянной угловой скоростью  $\omega = 6,0$  рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. По одному из диаметров диска движется небольшое тело массы  $m = 0,50$  кг с постоянной относительно диска скоростью  $u' = 50$  см/с. Найти силу, с которой диск действует на это тело в момент, когда оно находится на расстоянии  $r = 30$  см от оси вращения.

Занятие № 3

Тема: «Преобразования Лоренца. Закон сложения скоростей»

**Задачи для решения в аудитории**

1. На сколько увеличится релятивистская масса частицы  $m_0$  при увеличении ее начальной скорости от  $v_0 = 0$  до скорости и  $v = 0,9c$ ?

2. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составит  $\eta = 25\%$  ?

3. На космическом корабле-спутнике находятся часы, синхронизированные до полета с земными. Скорость спутника  $v = 7,9$  км/с. На сколько отстанут часы, находящиеся на спутнике, от часов земного наблюдателя за время  $t_0 = 0,5$  года?

4. Ионизированный атом, вылетев из ускорителя со скоростью  $v = 0,8c$ , испустил фотон в направлении своего движения. Определить скорость фотона относительно ускорителя.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Длина неподвижного стержня  $l = 1$  м. Определить длину стержня, если он движется со скоростью  $v = 0,6c$ .

2. Фотонная ракета движется относительно Земли со скоростью  $v = 0,6c$ . Во сколько раз замедлится ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя?

3. Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость  $v = 0,4c$ . В момент вылета из ускорителя ядро выбросило в направлении своего движения  $\beta$ -частицу со скоростью  $u = 0,75c$  относительно ускорителя. Найти скорость частицы относительно ядра.

*Занятие № 4*

Тема: «Динамика частицы, движущейся со скоростью близкой к скорости света»

#### Задачи для решения в аудитории

1. Частица движется со скоростью  $v = 0,5c$ . Во сколько раз релятивистская масса частицы больше массы покоя?

2. Кинетическая энергия электрона  $E_k = 10$  МэВ. Во сколько раз его релятивистская масса больше массы покоя? Сделать такой же подсчет для протона.

3. Найти скорость частицы, если ее кинетическая энергия составляет половину энергии покоя.

4. Плотность покоящегося тела равна  $\rho_0$ . Найти скорость системы отсчета относительно данного тела, в которой его плотность будет на 25% больше  $\rho_0$ .

5. Найти скорость, при которой релятивистский импульс частицы в  $n = 2$  раза превышает ее ньютоновский импульс.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. При какой скорости релятивистская масса движущейся частицы  $m$  вдвое больше массы покоя этой частицы  $m_0$ ?

2. Найти скорость космической частицы, если ее полная энергия в 5 раз больше энергии покоя.

3. Протон движется с импульсом  $p = 10,0$  ГэВ/с, где  $c$  - скорость света. На сколько процентов отличается скорость этого протона от скорости света?

4. Найти скорость, при которой кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя

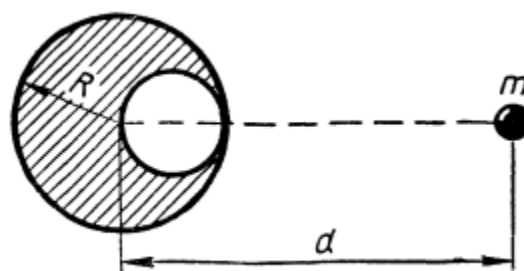
*Занятие № 5*

Тема: «Поле тяготения»

#### Задачи для решения в аудитории

1. Найти силу и потенциальную энергию гравитационного взаимодействия: а) двух материальных точек массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящихся на расстоянии  $r$  друг от друга; б) материальной точки массой  $m$  и тонкого однородного стержня массы  $M$  и длиной  $l$ , если они находятся на одной прямой на расстоянии  $a$  друг от друга (Указания: разбейте стержень на элементы массы и запишите силу взаимодействия между шариком и каждым элементом, а потом используя правила интегрирования найдите силу между материальной точкой и стержнем);

2. В свинцовом шаре радиуса  $R$  и массой  $M$  сделана сферическая полость радиусом  $R/2$ , поверхность которой касается поверхности шара. Определите, с какой силой этот шар будет притягивать маленький шарик массой  $m$ , находящийся на





расстоянии  $d$  от центра свинцового шара по прямой, соединяющей центры шаров.

3. На каком расстоянии от центра Луны находится точка, в которой напряженность результирующего поля тяготения Земли и Луны равна нулю? Считать, что масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а расстояние между центрами этих планет в 60 раз больше радиуса Земли

### Задачи для самостоятельного решения

1. Имеется однородный шар массы  $M$  и радиуса  $R$ . Найти напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  гравитационного поля этого шара как функции расстояния  $r$  от его центра (при  $r < R$  и  $r > R$ ). Изобразить примерные графики зависимостей  $E(r)$  и  $\varphi(r)$ .

2. Внутри однородного шара с плотностью  $\rho$  имеется сферическая полость, центр которой находится на расстоянии  $l$  см от центра шара. Найти напряженность  $E$  поля тяготения внутри полости.

3. На сколько процентов меняется напряженность и потенциал гравитационного поля Земли при подъеме на высоту:  $h_1 = 10^6$  м;  $h_2 = R = 6400$  км.

Занятие № 6

Тема: «Движение тел в поле тяготения»

### Задачи для решения в аудитории

1. Космонавт массой  $m_1 = 80$  кг находится на поверхности астероида, имеющего форму однородного шара радиуса  $R = 1$  км, и держит в руках камень массой  $m_2 = 4$  кг. С какой максимальной скоростью  $v_2$  относительно астероида (в горизонтальном направлении) космонавт может бросить камень, не рискуя, что сам станет спутником астероида? Плотность астероида  $\rho = 5$  г/см<sup>3</sup>. Гравитационная постоянная равна  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>.

2. Представим себе, что мы создали модель Солнечной системы враз меньше натуральной величины, но из материалов той же самой средней плотности, что у Солнца и планет. Как изменятся при этом периоды обращения моделей планет по своим орбитам?

3. На какой высоте над полюсом Земли ускорение свободного падения убывает на один процент; в два раза?

4. Телу сообщили на полюсе Земли скорость, направленную вертикально вверх. Зная радиус Земли и ускорение свободного падения на ее поверхности, найти высоту, на которую поднимется тело. Сопротивлением воздуха пренебречь.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Вычислить радиус круговой орбиты стационарного спутника Земли, который остается неподвижным относительно ее поверхности. Каковы его скорость и ускорение в инерциальной системе отсчета, связанной в данный момент с центром Земли?

2. Вычислить первую и вторую космические скорости для Луны. Сравнить полученные результаты с соответствующими скоростями для Земли.

3. Период обращения Юпитера вокруг Солнца в 12 раз больше соответствующего периода для Земли. Считая орбиты планет круговыми найти: а) во сколько раз расстояние от Юпитера до Солнца превышает расстояние от Земли до Солнца; б) Скорость и ускорение Юпитера в гелиоцентрической системе отсчета.

4. На какой высоте над полюсом Земли ускорение свободного падения убывает: а) на один процент; б) в два раза?

5. Вычислить первую и вторую космические скорости для Луны. Сравнить полученные результаты с соответствующими скоростями для Земли.

Занятие № 7

Тема: «Механические волны»

### Задачи для решения в аудитории

1. Для определения скорости звука в воздухе методом акустического резонанса используется труба с поршнем и звуковой мембраной, закрывающей один из ее торцов.

Найти скорость звука, если расстояние между соседними положениями поршня, при которых наблюдается резонанс на частоте  $\nu = 2000$  Гц, составляет  $l = 8,5$  см.

2. Точечный изотропный источник испускает звуковые колебания с частотой  $\nu = 1,45$  кГц. На расстоянии  $r = 5,0$  м от источника амплитуда смещения частиц среды  $50$  мкм, а в точке А, находящейся на расстоянии  $r = 10,0$  м от источника, амплитуда смещения в  $3,0$  раза меньше  $A_0$ . Найти:

- а) коэффициент затухания волны  $\beta$ ;
- б) амплитуду колебаний скорости частиц среды в точке А.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Плоская волна, возбуждаемая вибратором, колеблющимся по закону  $X(t) = 70\sin(49,09t)$  см, где  $t$  - время, распространяется со скоростью  $1567$  м/с. Определить длину стоячей волны, образующейся в результате интерференции волны, идущей от вибратора, и волны, отраженной от преграды

2. Найти число возможных собственных колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше  $\nu_0 = 1250$  Гц. Длина трубы  $l = 85$  см. Скорость звука  $\nu = 340$  м/с. Рассмотреть два случая:

- а) труба закрыта с одного конца;
- б) труба открыта с обоих концов.

Считать, что открытые концы трубы являются пучностями смещения.

*Занятие № 8*

### **Тема: «Механические волны»**

#### Задачи для решения в аудитории

1. По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью  $\nu = 6$  м/с. Каковы период и частота колебаний бакена, если длина волны  $\lambda = 3$  м?

2. Человек, стоящий на берегу моря, определил, что расстояние между следующими друг за другом гребнями  $\Delta r = 12$  м. Кроме того, он подсчитал, что за  $t = 75$  с мимо него прошло  $n = 16$  волновых гребней. Определить скорость распространения волн.

3. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью  $\nu = 50$  м/с. Период колебаний  $T = 0,05$  с, расстояние между точками  $\Delta r = 0,5$  м. Найти разность фаз колебаний в этих точках.

4. Уравнение волны имеет вид  $x = \sin 2,5\pi t$ . Найти смещение от положения равновесия, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии  $r = 20$  м от источника колебаний, для момента времени  $t = 1$  с после начала колебаний. Скорость распространения колебаний  $\nu = 100$  м/с.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Рыболов заметил, что за время  $t = 10$  с поплавок совершил на волнах  $n = 20$  колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн  $\Delta r = 1,2$  м. Какова скорость распространения волн?

2. Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью  $\nu = 1,5$  м/с. Расстояние между двумя ближайшими гребнями волн  $\Delta r = 6$  м. Определить период колебаний лодки.

3. Две точки находятся на расстояниях  $r_1 = 16$  м и  $r_2 = 12$  м от источника колебаний. Найти разность фаз колебаний этих точек, если период колебаний  $T = 0,04$  с, а скорость их распространения  $\nu = 300$  м/с.

4. Найти разность фаз колебаний двух точек, лежащих на луче и отстоящих на расстоянии  $\Delta r = 2$  м друг от друга. Длина волны  $\lambda = 1$  м.

*Занятие № 9*

### **Тема: «Акустика»**

### Задачи для решения в аудитории

1. Определить отношение интенсивностей звуков с уровнем громкости 40 дБ и 20 дБ.
2. Средняя квадратичная скорость молекул двухатомного газа при некоторых условиях составляет 480 м/с. Определите скорость  $v$  распространения звука в газе при тех же условиях.
3. Два катера движутся навстречу друг другу. С первого катера, движущегося со скоростью  $v_1 = 10$  м/с, посылается ультразвуковой сигнал частотой  $\nu_1 = 50$  кГц, который распространяется в воде. После отражения от второго катера сигнал принят первым катером с частотой  $\nu_2 = 52$  кГц. Принимая скорость распространения звуковых колебаний в воде равной 1,54 км/с, определите скорость движения второго катера.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Гармоническая звуковая волна, порождаемая точечным изотропным источником, распространяется в однородной изотропной среде. Коэффициент затухания волны равен  $144 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$ .
2. Найти отношение интенсивностей волны на расстояниях 4 м и 17 м от источника звука.
3. Найти во сколько раз скорость распространения звуковых волн в твердом теле, модуль сдвига которого равен 17 ГПа, а плотность  $\rho = 6915 \text{ кг/м}^3$  больше чем в воздухе. Температура воздуха равна 12 °С.
3. Во сколько раз скорость распространения продольных звуковых волн в металлическом стержне диаметром 6 мм больше скорости распространения поперечных звуковых волн, если модуль Юнга для этого металла равен 17 ГПа, а плотность 6605 кг/м<sup>3</sup>. Сила натяжения стержня 178 Н. Стержень рассматривать, как натянутый шнур

*Занятие № 10*

**Тема: «Акустика»**

### Задачи для решения в аудитории

1. Определить максимальную и минимальную длины  $\lambda$  звуковых волн, воспринимаемых человеком. Скорость звука  $v = 340$  м/с, граничные частоты  $\nu_1 = 20$  Гц и  $\nu_2 = 20\,000$  Гц.
2. Расстояние до преграды, отражающей звук,  $r = 68$  м. Через какое время человек услышит эхо? Скорость звука  $v = 340$  м/с.
3. Отходящий пароход начинает давать свисток, соответствующий звуковым колебаниям частоты  $\nu_1 = 400$  Гц. Находящийся на берегу человек слышит звук свистка с частотой  $\nu_2 = 395$  Гц. С какой скоростью отходит пароход, если скорость звука  $v = 340$  м/с?
4. Упругая волна переходит из среды, в которой ее скорость равна  $v$ , в среду, где ее скорость в два раза меньше. Что происходит с частотой и длиной волны?

### Задачи для самостоятельного решения

1. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса  $\lambda_1 = 4,3$  м, а для самого высокого женского голоса  $\lambda_2 = 25$  см. Найти частоты колебаний этих голосов.
2. Звук распространяется в воде со скоростью  $v = 1450$  м/с. Расстояние между ближайшими точками, в которых колебания частиц совершаются в противофазе,  $\Delta r = 0,1$  м. Какова частота звука?
3. Автомобиль удаляется со скоростью  $v$  и от длинной стены, двигаясь под углом  $\alpha$  к ней. В момент, когда расстояние до стены равно  $l$ , шофер подает короткий звуковой сигнал. Какое расстояние пройдет автомобиль до момента, когда шофер услышит эхо? Скорость звука в воздухе  $v$ .
4. Поезд проходит со скоростью 54 км/ч мимо неподвижного приемника и подает звуковой сигнал. Приемник воспринимает скачок частоты, равный  $\Delta \nu = 54$  Гц. Принимая скорость звука равной 340 м/с, определите частоту звукового сигнала гудка поезда.

*Занятие № 11*

**Тема: Поверхностное натяжение.**

### Задачи для решения в аудитории

1. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения масла, если при пропускании через пипетку  $3,6 \cdot 10^{-3}$  кг масла получено 304 капли. Диаметр шейки пипетки  $1,2 \cdot 10^{-3}$  м.
2. С помощью пипетки отмерили 152 капли минерального масла. Их масса оказалась равной 1,82 г. определите диаметр шейки пипетки, если коэффициент поверхностного натяжения минерального масла  $3 \cdot 10^{-2}$  Н/м.
3. В спирт опущена трубка. Диаметр её внутреннего канала равен  $5 \cdot 10^{-4}$  м. на какую высоту поднимется спирт в трубке? Плотность спирта  $800 \text{ кг/м}^3$ .
4. Тонкое металлическое кольцо диаметром 15 см соприкасается с водой. Какую силу нужно приложить к кольцу, чтобы оторвать его от воды? Масса кольца 10 г, коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным  $0,07$  Н/м.

### Задачи для самостоятельного решения

1. В дне сосуда со ртутью имеется круглое отверстие диаметром  $d = 70$  мкм. При какой максимальной высоте слоя ртути  $H$  она еще не будет вытекать через отверстие?
2. Керосин поднялся по капиллярной трубке на высоту  $15 \cdot 10^{-3}$  м. определите радиус трубки, если коэффициент поверхностного натяжения керосина  $24 \cdot 10^{-2}$  Н/м, а его плотность  $800 \text{ кг/м}^3$ .
3. В капиллярной трубке радиусом  $0,5 \cdot 10^{-3}$  м жидкость поднялась на  $11 \cdot 10^{-3}$  м. определите плотность данной жидкости, если её коэффициент поверхностного натяжения  $0,022$  Н/м.
4. Какую массу имеет капля воды, вытекающая из стеклянной трубки диаметром  $10^{-3}$  м, если считать, что диаметр шейки капли равен диаметру трубки.

Занятие № 12

### Тема: «Тепловые свойства жидкости»

### Задачи для решения в аудитории

1. Пространство между двумя параллельными плоскостями заполнено жидкостью вязкости  $\eta$ . Одна из плоскостей движется со скоростью  $v$ , другая покоится. Найдите распределение скоростей жидкости между плоскостями и силу вязкости, действующую на единицу площади каждой из плоскостей. Расстояние между плоскостями  $h$ .
2. Жидкость перекачивается из одного сосуда в другой через длинную трубку радиуса  $R$  и длины  $l$ . Определите зависимость скорости жидкости от расстояния до стенки трубки, если разность давлений на концах трубки  $\Delta p$ , вязкость жидкости  $\eta$ .
3. Некоторый объем керосина при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  имеет массу  $m_0 = 1,6$  кг. Такой же объем керосина при температуре  $t_3 = 60^\circ\text{C}$  имеет массу  $m_1 = 1,5$  кг. Определить коэффициент объемного расширения керосина.
4. В бутылку, имеющую при  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  объем  $V = 20$  л, налит до краев керосин при той же температуре. На сколько градусов должна повыситься температура, чтобы вытекло  $\Delta V = 0,5$  л керосина? Расширением бутылки пренебречь.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Найдите распределение скоростей при установившемся течении жидкости между двумя плоскостями. Расстояние между плоскостями  $h$ , вязкость жидкости  $\eta$ . Найдите расход жидкости на единицу ширины потока, если перепад давления на единицу длины (в направлении движения жидкости) равен  $\Delta p$ .
2. Определите расход жидкости на единицу ширины плоского потока, стекающего по наклонной плоскости под углом  $\alpha$  к горизонту. Вязкость и плотность жидкости  $\eta$  и  $\rho$ . Толщина потока  $h$ .
3. При наблюдении теплового расширения жидкостей, чтобы исключить влияние изменения объема стеклянного сосуда во время нагревания, часть сосуда заполняется сплавом. Коэффициент объемного расширения сплава  $\beta = 8 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , стекла  $\beta_0 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ . Какая часть объема сосуда  $\eta$  должна быть заполнена сплавом, чтобы тепловое расширение сосуда было полностью скомпенсировано?

4. Нефть налита в цилиндрическую цистерну, высота которой  $h = 6$  м. При температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  нефть не доходит до края цистерны на  $\Delta h = 0,2$  м. При какой температуре нефть начнет выливаться из цистерны

*Занятие № 13*

Тема: **Давление газов и жидкостей**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Аквариум имеет форму куба со стороной  $a = 60$  см. До какой высоты  $h$  следует налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно? Атмосферное давление не учитывать.

2. Малый поршень гидравлического пресса под действием силы  $F_1 = 500$  Н опустился на расстояние  $h_1 = 15$  см. При этом большой поршень поднялся на высоту  $h_2 = 5$  см. Какая сила действует на большой поршень?

3. Какая сила давления может быть получена на гидравлическом прессе, если к длинному плечу рычага, передающему давление на малый поршень, приложена сила  $F_1 = 10$  Н? Соотношение плеч рычага  $n = 9$ , а площади поршней пресса  $S_1 = 5$  см<sup>2</sup> и  $S_2 = 500$  см<sup>2</sup>, КПД прессы  $\eta = 90\%$ .

4. Ртуть находится в сообщающихся сосудах. Площадь сечения левого колена в 3 раза меньше, чем правого. Уровень ртути в узком колене расположен на расстоянии  $l = 30$  см от верхнего конца трубки. Насколько поднимется уровень ртути в правом колене, если левый медленно довернуть залить водой?

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Плоскодонная баржа получила в дне пробоину площадью  $S = 200$  см<sup>2</sup>. С какой силой нужно давить на пластырь, которым закрывают отверстие, чтобы сдерживать напор воды на глубине  $h = 1,8$  м? (Вес пластыря не учитывать.)

2. На какой глубине в пресной воде давление в  $n = 3$  раза больше атмосферного давления  $p_0 = 760$  мм рт. ст.?

3. Две трубки, диаметрами по  $d = 4$  см каждая, представляют собой сообщающиеся сосуды. В одно колено сосуда заливают воду объемом  $V_1 = 0,25$  л, в другое -  $V_2 = 0,25$  л ртути. Каковы будут высоты жидкостей в обоих коленах? Объемом изогнутой части трубки пренебречь.

4. Определить высоту уровня воды в водонапорной башне, если манометр, установленный у ее основания, показывает давление  $p = 220\,000$  Па, Атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па.

*Занятие № 14*

Тема: **Закон Архимеда. Условие плавания тел.**

**Задачи для решения в аудитории**

1. В стакане плавает кусок льда. Как изменится уровень воды, когда лед растает? Изменится ли ответ, если во льду находится кусочек пробки? Стальная гайка?

2. В небольшом бассейне плавает лодка. Изменится ли (и как) уровень воды в бассейне, если лежащий на дне лодки камень бросить в воду?

3. В небольшом бассейне плавает полузатопленная лодка. Уровень воды в лодке такой же, как в бассейне. Из лодки зачерпнули ведро воды и вылили в бассейн. Где теперь выше уровень воды — в лодке или в бассейне? Как изменился уровень воды в бассейне?

4. Кусок металла, представляющий собой сплав меди и серебра, в воздухе имеет вес  $P_1 = 2,5$  Н, а в воде -  $P_2 = 2,25$  Н. Определить массу серебра и массу меди в этом куске сплава.

5. Определить плотность жидкости, при погружении в которую на половину своего объема тело плотностью  $\rho$  имеет вес  $P_1$  Вес тела в атмосфере  $P_0$ .

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Воздушный шар объемом  $V = 300$  м<sup>3</sup> парит вблизи поверхности Земли. С шара сбросили балласт, и шар поднялся на высоту, где, плотность воздуха вдвое меньше. Какова

масса  $\Delta m$  балласта, если объем шара при подъеме увеличился в полтора раза? Температуру воздуха считайте равной  $0^{\circ}\text{C}$ .

2. Пластмассовый брусок плавает в воде. Как изменится глубина погружения бруска в воду, если поверх воды налить слой масла, полностью покрывающий брусок?

3. На рычажных весах уравновешен гириями сосуд с водой. Нарушится ли равновесие, если в воду погрузить подвешенный на нитке стальной брусок так, чтобы он не касался дна?

4. Кусок металла представляет собой сплав золота и серебра и в воздухе имеет вес  $P_1$ . Вес сплава в воде  $P_2$ . Какую долю от веса сплава составляет вес золота?

*Занятие № 15*

**Тема: «Гидродинамика»**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Вода течет по горизонтальной трубе переменного сечения. Скорость течения в широкой части трубы  $v_1 = 20$  см/с. Определить скорость течения воды в узкой части трубы, диаметр которой в 1,5 раза меньше диаметра широкой части.

2. С катера, идущего со скоростью  $v = 18$  км/ч, опускают в воду изогнутую под прямым углом трубку так, что опущенный конец трубки горизонтален и обращен отверстием в сторону движения. Другой конец трубки, находящийся в воздухе, вертикален. На какую высоту по отношению к уровню воды в озере поднимется вода в трубке? Трением пренебречь.

3. Свинцовый шарик равномерно опускается в глицерине, вязкость которого  $13,9$  П. При каком наибольшем диаметре шарика его обтекание еще остается ламинарным? Известно, что переход к турбулентному обтеканию соответствует числу  $Re = 0,5$  (это значение числа  $Re$ , при котором за характерный размер взят диаметр шарика).

**Задачи для самостоятельного решения**

1. В широкой части горизонтально расположенной трубы нефть течет со скоростью  $v = 2$  м/с. Определить скорость течения нефти в узкой части трубы, если разность давлений в широкой и узкой частях трубы составляет  $\Delta p = 50$  мм рт. ст.

2. Во сколько раз отличается площадь поперечного сечения вертикальной струи воды  $S_2$  на высоте  $h$  от площади сечения выходного отверстия  $S_{\text{Брандспойта}}$ ? Скорость воды в выходном отверстии  $v_0$ .

3. Стальной шарик диаметра  $d = 3,0$  мм опускается с нулевой начальной скоростью в прованском масле, вязкость которого  $0,90$  П. Через сколько времени после начала движения скорость шарика будет отличаться от установившегося значения на  $n = 1,0\%$ .

*Занятие № 16*

**Тема: «Гидродинамика»**

**Задачи для решения в аудитории**

1. На поверхности стола стоит широкий сосуд с водой. Высота уровня воды в сосуде  $h$ , вес сосуда вместе с водой  $P$ . В боковой поверхности сосуда у дна имеется отверстие площадью  $S$ , закрытое пробкой. При каком значении коэффициента трения между дном сосуда и столом сосуд придет в движение, если вынуть пробку?

2. Бак, заполненный водой до высоты  $H = 1$  м, пробивается пулей на высоте  $h = 0,1$  м. На какое расстояние от бака будет бить струя воды? Где следовало бы сделать отверстие, чтобы струя била на максимальное расстояние?

3. Определить скорость ветра, если он оказывает давление  $p = 200$  Па. Ветер дует перпендикулярно стене. Плотность воздуха  $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. На какой высоте площадь поперечного сечения струи фонтана будет в  $n$  раз больше площади выходного отверстия трубки? Скорость воды в выходном отверстии  $u$ .

2. Поршень вытесняет воду из вертикального цилиндрического сосуда через малое отверстие, находящееся у дна сосуда и имеющее площадь  $S_0$ . Высота сосуда равна  $h$ , площадь основания  $S$ . Какую работу совершает поршень, если он движется с постоянной

скоростью  $v$ ? Плотность воды  $\rho$ .

3. В стене сосуда с водой просверлили одно над другим два отверстия, площадью  $S = 0,2 \text{ см}^2$  каждое. Расстояние между отверстиями  $H = 50 \text{ см}$ . В сосуд ежесекундно вливается и выливается из него через отверстия  $V = 140 \text{ см}^3$  воды. Найти точку пересечения струй, вытекающих из отверстий.

#### 4 семестр

Занятие № 1

Тема: Циклы Карно

##### Задачи для решения в аудитории

1. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Определить к.п.д. цикла, если известно, что за цикл рабочим веществом совершается работа в  $4,9 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ , а холодильнику передаётся количество теплоты, равное  $2,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$ .

2. Температура нагревателя втрое выше температуры холодильника. Какую часть энергии, полученной в цикле Карно от нагревателя, рабочее вещество отдаёт холодильнику?

3. Температура нагревателя  $T_1$  и холодильника  $T_2$  повышается на  $\Delta T$ . Как изменится при этом к.п.д. тепловой машины, работающей по циклу Карно?

##### Задачи для самостоятельного решения

1. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу  $8,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ . Температура нагревателя равна  $373 \text{ К}$ , а температура холодильника равна  $273 \text{ К}$ . Определить: а) количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя за один цикл, б) количество теплоты, передаваемое холодильнику за цикл и в) к.п.д. цикла.

2. К.п.д. цикла Карно равен  $0,3$ . При изотермическом расширении рабочее вещество получило от нагревателя  $200 \text{ Дж}$ . Определить работу, совершённую при изотермическом сжатии.

3. Газ совершает цикл Карно. Температура холодильника  $280 \text{ К}$ , нагревателя  $380 \text{ К}$ . Во сколько раз увеличится коэффициент полезного действия цикла, если температура нагревателя повысить на  $200 \text{ К}$ ?

Занятие № 2

Тема: Тепловые машины

##### Задачи для решения в аудитории

1. Получите формулу для к.п.д. цикла Ленуара, состоящего из изохорного, адиабатного и изобарного процессов. Параметром цикла является степень повышения давления  $\delta = p_2 / p_1$ .

2. Определить коэффициент полезного действия цикла, состоящего из двух адиабат и двух изохор, совершаемого идеальным газом, если известно, что в процессе адиабатного расширения абсолютная температура газа  $T_2 = 0,75T_1$ , а в процессе адиабатного сжатия  $T_4 = 0,75T_3$ .

3. Идеальный газ ( $\mu$  известно) совершает круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух изобар. Изотермические процессы протекают при температурах  $T_1$  и  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ), изобарные - при давлениях  $p_1$  и  $p_2$  ( $p_2$  в  $\epsilon$  раз больше  $p_1$ ). Найти к.п.д. цикла.

##### Задачи для самостоятельного решения

1. Один киломоль одноатомного идеального газа совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. При этом объём газа меняется от  $V_1 = 25 \text{ м}^3$  до  $V_2 = 50 \text{ м}^3$ , а давление - от  $p_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$  до  $p_2 = 2p_1$ . Во сколько раз работа  $A$ , совершаемая при таком цикле, меньше работы  $A_k$  совершаемой в цикле Карно, изотермы которого соответствуют наибольшей и наименьшей температурам рассматриваемого цикла, а получаемое газом тепло от нагревателя в обоих циклах одинаково.

2. Найдите выражение для к.п.д. газотурбинной установки через параметры цикла, состоящего из двух изобарных процессов. Параметром данного цикла является степень повышения давления  $\delta = p_2/p_1$  при адиабатном сжатии.

3. Найдите к.п.д. тепловой машины с идеальным газом, работающим по циклу Стирлинга, состоящего из двух изохор и двух изотерм, и сравните его с к.п.д. машины, работающей по циклу Карно с теми же температурами  $T_1$  и  $T_2$ . Укажите пути повышения к.п.д. для данного цикла.

Занятие № 3

Тема: Тепловые машины

Задачи для решения в аудитории

1. Идеальный двухатомный газ ( $\nu = 3$  моль), занимающий объём 5 л и находящийся под давлением 1 мПа, подвергают изохорному нагреванию до температуры 500 К. После этого газ подвергли изотермическому расширению до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращён в первоначальное состояние. Построить график цикла и определить термический к.п.д. цикла.

2. С определённой массой идеального газа осуществлён цикл, состоящий из двух изобар и двух изотерм. Изобразить графически этот цикл в осях  $(T, p)$ , и  $(U, V)$ , где  $T$  - температура,  $p$  - давление,  $V$  - объём,  $\rho$  - плотность и  $U$  - внутренняя энергия газа. Как ведёт себя внутренняя энергия на каждом участке цикла? Ответы обосновать.

Задачи для самостоятельного решения

1. Идеальный двухатомный газ, занимающий объём 2 л, подвергают адиабатному расширению, в результате которого его объём возрос в 5 раз. После этого газ подвергли изобарному сжатию до первоначального объёма, а затем он в результате изохорного нагревания возвращён в первоначальное состояние. Построить график цикла и определить к.п.д. цикла.

2. Определить работу, совершённую  $\nu$  моль идеального газа за один цикл, состоящий из двух изохор и двух адиабат.

Занятие № 4

Тема: Реальные газы.

Задачи для решения в аудитории

1. Определить давление, оказываемое на стенки сосуда азотом массой 0.840 кг, занимающим объём  $33,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре 173 К. Сравнить полученный результат с давлением, которое оказывал бы азот, если его рассматривать как идеальный газ. Постоянные « $a$ » и « $b$ » для азота соответственно равны:  $0,135 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

2. 8,8 кг углекислого газа занимают объём  $4,2 \text{ м}^3$  при давлении  $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определить температуру углекислого газа и сравнить её с температурой, вычисленной, пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона. Постоянные « $a$ » и « $b$ » для углекислого газа соответственно равны:  $0,36 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

3. а) Во сколько раз надо увеличить температуру  $6 \cdot 10^2$  моль углекислого газа, занимающего объём  $0,5 \text{ м}^3$  и находящегося, под давлением  $3 \cdot 10^6 \text{ Па}$  для того, чтобы давление газа увеличилось вдвое, б) Сравнить с идеальным газом.

4. В сосуде объёмом  $0,2 \text{ м}^3$ , находится 300 моль водорода при нормальном давлении. Во сколько раз надо увеличить температуру водорода, чтобы его давление увеличилось втрое? Постоянные « $a$ » и « $b$ » для водорода соответственно равны:  $2,4 \cdot 10^{-2} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

Задачи для самостоятельного решения

1. Каково давление углекислого газа при температуре 276 К, если его плотность при этой температуре равна  $550 \text{ кг/м}^3$ ?

2.  $4,0 \cdot 10$  кг аргона ( $M = 4,10^{-3} \text{ кг/моль}$ ) занимают объём  $10^{-2} \text{ м}^3$ , находясь под давлением  $2,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Вычислить температуру аргона.



3. В баллоне ёмкостью  $2,00 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится 80 моль некоторого газа, известно, что при температуре 267 К давление этого газа равно  $9 \cdot 10^6 \text{ Па}$ , а при температуре 333 К давление равно  $1,09 \cdot 10^7 \text{ Па}$ . Определить постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.

4. Какую часть давления кислорода массой 0,30 кг, занимающего объём  $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре 300 К, составляет молекулярное давление, обусловленное силами притяжения молекул? Какую часть объёма этого газа составляет собственный объём молекул?

Занятие № 5

Тема: **Реальные газы.**

**Задачи для решения в аудитории**

1. В сосуде объёмом  $0,2 \text{ м}^3$ , находится 300 моль водорода при нормальном давлении. Во сколько раз надо увеличить температуру водорода, чтобы его давление увеличилось втрое? Постоянные «*a*» и «*b*» для водорода соответственно равны:  $2,4 \cdot 10^{-2} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

2. Вычислить постоянные Ван-дер-Ваальса для углекислого газа, если его критическая температура  $T_{\text{кр}} = 304 \text{ К}$  и критическое давление  $p_{\text{кр}} = 73 \text{ атм}$ .

3. Найти удельный объём бензола ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) в критическом состоянии, если его критическая температура  $T_{\text{вр}} = 562 \text{ К}$  и критическое давление  $p_{\text{кр}} = 47 \text{ атм}$ .

4. Определить приращение энтропии одного моля газа при его изотермическом расширении об объёма  $V_1$ , до объёма  $V_2$ . Считать, что постоянная «*b*» известна.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Записать уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах  $\pi$ ,  $v$  и  $\tau$ , приняв за единицы давления, объёма и температуры соответствующие критические величины. Используя полученное уравнение, найти, во сколько раз температура газа больше его критической температуры, если давление газа в 12 раз больше критического, а объём газа вдвое меньше критического.

2. При адиабатном расширении  $4,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  кг углекислого газа в вакуум температура газа уменьшилась на 0,26 К. Вычислить работу, совершённую газом против сил притяжения между молекулами.

3. Зная постоянные Ван-дер-Ваальса, найти:

а) наибольший объём, который может занимать вода массы  $m = 1,00 \text{ кг}$  в жидком состоянии;

б) наибольшее давление насыщенных паров воды.

Занятие № 6

Тема: **Тепловые свойства твердых тел**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Металлический шарик нагревают в пламени спиртовки. Как изменяются вследствие нагревания: объём шара, его масса, плотность, средняя скорость движения атомов?

2. В листе металла сделано круглое отверстие. Как изменится его диаметр при нагревании металла?

3. Железная линейка при  $15^\circ\text{C}$  имеет длину 1 м. Какой будет ее длина при охлаждении до  $-35^\circ\text{C}$ ?

4. Длина провода медной телеграфной линии при температуре  $0^\circ\text{C}$  равна 10 км. На сколько изменится длина провода при изменении температуры от  $-40^\circ\text{C}$  до  $+40^\circ\text{C}$ ?

5. По железной проволоке длиной 3 м пропущен электрический ток. Проволока при этом накалилась докрасна и удлинилась на 18,5 мм. Определите температуру красного каления.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. . Длина железного болта при  $0^\circ\text{C}$  равна 20 см. Найдите его длину при  $600^\circ\text{C}$ .

2. Медный лист размерами 50 см на 60 см при  $0^{\circ}\text{C}$  нагревается до  $600^{\circ}\text{C}$ . Как изменится его площадь?
3. Найдите плотность ртути при  $100^{\circ}\text{C}$ , если ее плотность при  $0^{\circ}\text{C}$  равна  $13,60 \text{ г/см}^3$ .
4. Длина стального стержня при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  равняется  $50,0 \text{ см}$ , длина цинкового  $50,2 \text{ см}$ . При какой температуре длина обоих стержней будет одинаковой?

Занятие № 7

Тема: **Тепловое расширение твердых тел**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Длина медной трубки, образующей змеевик,  $l = 12 \text{ м}$  при температуре  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ . Какой будет длина трубки при нагревании ее паром до температуры  $t_2 = 120^{\circ}\text{C}$ ?
2. Длина рельса  $l = 12,5 \text{ м}$  при температуре  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ . Какой наименьший воздушный зазор следует оставить на стыке рельсов, если температура нагревания рельса может достигать  $t = 40^{\circ}\text{C}$ ?
3. В Киеве через Днепр построен стальной мост. При температуре  $t = 20^{\circ}\text{C}$  длина моста  $l = 1543 \text{ м}$ . Найти изменение длины моста при понижении температуры до  $t_2 = -30^{\circ}\text{C}$ .
4. Железная труба при температуре  $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$  имеет длину  $l_0 = 10,7 \text{ м}$ . На сколько удлинится эта труба, если по ней пропустить пар, нагретый до  $t_2 = 420^{\circ}\text{C}$ ?

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Диаметр колеса тепловоза при температуре  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$  составляет  $l = 2 \text{ м}$ . Определить, на сколько оборотов меньше колесо сделает летом при температуре  $t_1 = 35^{\circ}\text{C}$ , чем зимой при температуре  $t_2 = -25^{\circ}\text{C}$  на пути пробега тепловоза  $s = 200 \text{ км}$ . Коэффициент линейного расширения металла колеса  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ град}^{-1}$ .
2. Две линейки (одна медная, другая железная) наложены одна на другую так, что с одной стороны их концы совпадают. Определить их длины при  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ , зная, что разность их длин составляет  $l$  при всякой температуре.
3. Железная балка наглухо заделана между двумя стенами при  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ . Какое давление  $p$  она будет производить на стены при повышении температуры до  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , если они будут препятствовать ее удлинению? Модуль упругости  $E$  считать равным  $2 \cdot 10^7 \text{ Н/см}^2$ .
4. В центре стального диска имеется отверстие, диаметр которого  $d = 4,99 \text{ мм}$  при температуре  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ . До какой температуры следует нагреть диск, чтобы в отверстие проходил шарик диаметром  $D = 5,0 \text{ мм}$ ?

Занятие № 8

Тема: **Фазовые переходы.**

**Задачи для решения в аудитории**

1. В закрытом сосуде с объемом  $V_0 = 5 \text{ л}$  находится  $1 \text{ кг}$  воды при температуре  $t = 100^{\circ}\text{C}$ . Пространство над водой занято насыщенным водяным паром (воздух выкачан). Найти увеличение массы насыщенного пара  $\Delta m$  при повышении температуры системы на  $\Delta T = 1 \text{ К}$ . Удельная теплота парообразования  $q = 2,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ . При расчетах пар считать идеальным газом. Удельным объемом воды пренебречь по сравнению с удельным объемом пара.
2. Кусок меди массой  $90 \text{ г}$  при температуре  $90^{\circ}\text{C}$  положили в калориметр, в котором находится лед массой  $50 \text{ г}$  при температуре  $-3^{\circ}\text{C}$ . Найти приращение энтропии куска меди к моменту установления теплового равновесия.
3. Относительная влажность воздуха, находящегося в сосуде при температуре  $15^{\circ}\text{C}$ , равна  $70\%$ . Какой станет относительная влажность, если повысить температуру до  $30^{\circ}\text{C}$  и объем при этом уменьшить в два раза.

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Лед с начальной температурой  $0^{\circ}\text{C}$  в результате нагревания превратили сначала в воду, а затем в пар при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Найти приращение энтропии системы.

2. Вода массой 1,00 кг, кипящая при нормальном атмосферном давлении, целиком превратилась в насыщенный пар. Найти приращение энтропии и внутренней энергии этой системы, считая насыщенный пар идеальным газом.

3. Какая часть удельной теплоты испарения воды при температуре 100 °С идет на увеличение внутренней энергии системы?

Занятие № 9

Тема: **Фазовые переходы.**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Пространство в цилиндре под поршнем, имеющее объем  $V_0 = 5,0$  л, занимает один насыщенный водяной пар, температура которого  $t = 100$  °С. Найти массу жидкой фазы, образовавшейся в результате изотермического уменьшения объема под поршнем до  $V = 1,6$  л. Насыщенный пар считать идеальным газом.

2. Какое количество тепла необходимо сообщить воде, кипящей при нормальном атмосферном давлении, чтобы превратить  $m = 1,00$  кг воды в пар?

3. Вода массы  $m = 20$  г находится при температуре 0°С в теплоизолированном цилиндре под невесомым поршнем, площадь которого  $S = 410$  см<sup>2</sup>. Внешнее давление равно нормальному атмосферному. На какую высоту поднимется поршень, если воде сообщить количество тепла  $Q = 20,0$  кДж?

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Кожух станкового пулемета заполнен  $m = 4$  кг воды при температуре  $t_1 = 0$ °С. Скорость стрельбы  $n = 10$  выстрелов в секунду. Заряд пороха в патроне  $m_1 = 3,2 \cdot 10^{-3}$  кг. За какое время выкипит половина воды в кожухе при непрерывной стрельбе? Считать, что на нагревание ствола идет 30% теплоты, выделенной при сгорании топлива. Какова начальная скорость пули, если масса пули  $m_0 = 9,6 \cdot 10^{-3}$  кг, а КПД пулемета 30%?

2. Дистиллированную воду можно охладить до температуры  $-10$ °С, и она не замерзает. Но если в эту переохлажденную воду бросить кристаллик льда, то она сразу же начинает замерзать. Какая часть воды замерзнет? Потерями теплоты пренебречь.

3. В калориметр с водой объемом 1 л опустили мокрый снег. Масса снега 250 г, начальная температура воды 20°С. После плавления снега температура воды в калориметре стала равной 5°С. Сколько воды содержалось в снеге?

4. Для опытного определения удельной теплоты парообразования воды сухой пар, температура которого 100°С, пропустили через воду, налитую в медный калориметр. Масса воды 400 г, масса калориметра 200 г. После этого масса воды в калориметре возросла до 421 г, а температура воды повысилась от 10°С до 40°С. Какое значение теплоты парообразования было получено?

Занятие № 10

Тема: **Фазовые переходы между жидкостью и твердым телом**

**Задачи для решения в аудитории**

1. В медном сосуде массой 400 г находится вода массой 500 г при температуре 40°С. В воду бросили кусок льда при температуре  $-10$ °С. Когда установилось тепловое равновесие, остался нерасплавленный лед массой 75 г. определить начальную массу льда.

2. Кусок льда массой 700 г поместили в калориметр с водой. Масса воды 2,5 кг, начальная температура 5°С. Когда установилось тепловое равновесие, оказалось, что масса льда увеличилась на 64 г. Определить начальную температуру льда.

3. При изготовлении льда в домашнем холодильнике потребовалось 5 минут для того, чтобы охладить воду от 4 до 0°С, и еще 1 час 40 минут для того, чтобы она превратилась в лед, температура которого 0°С? Чему равна удельная теплота плавления льда?

**Задачи для самостоятельного решения**

1. В углублении, сделанном во льду вливают свинец. Сколько было взято свинца, если он остыл до температуры  $0^{\circ}\text{C}$  и при этом растопил лед массой 270 г? Начальная температура льда  $0^{\circ}\text{C}$ , свинца  $400^{\circ}\text{C}$ .

2. В термос с водой поместили лед при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ . Масса воды 400г, масса льда 100 г, начальная температура воды  $20^{\circ}\text{C}$ . Определите окончательную температуру в термосе.

3. При соблюдении некоторых предосторожностей воду можно переохладить, т.е. охладить ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Пробирку, содержащую 12 г переохлажденной воды с температурой  $-5^{\circ}\text{C}$ , встряхивают. При этом часть воды замерзает. Какова масса образовавшегося льда?

Занятие № 11

Тема: **Теория электропроводности**

**Задачи для решения в аудитории**

4. Металлический проводник движется с ускорением  $a=100 \text{ м/с}^2$ . Используя модель свободных электронов, определить напряженность  $E$  электрического поля в проводнике.

5. Металлический стержень движется вдоль своей оси со скоростью  $v=200 \text{ м/с}$ . Определить заряд  $Q$ , который протечет через гальванометр, подключаемый к концам стержня, при резком его торможении, если длина  $l$  стержня равна 10 м, а сопротивление  $R$  всей цепи (включая цепь гальванометра) равно 10 Ом.

6. Удельная проводимость  $\gamma$  металла равна  $10 \text{ МСм/м}$ . Вычислить среднюю длину  $\langle l \rangle$  свободного пробега электронов в металле, если концентрация  $n$  свободных электронов равна  $10^{28} \text{ м}^{-3}$ . Среднюю скорость хаотического движения электронов принять равной  $1 \text{ Мм/с}$ .

7. Исходя из классической теории электропроводности металлов, определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon \rangle$  электронов в металле, если отношение  $\lambda/\gamma$  теплопроводности к удельной проводимости равно  $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2/\text{К}$ .

**Задачи для самостоятельного решения**

1. Исходя из модели свободных электронов, определить число  $z$  соударений, которые испытывает электрон за время  $t=1 \text{ с}$ , находясь в металле, если концентрация  $n$  свободных электронов равна  $10^{29} \text{ м}^{-3}$ . Удельную проводимость  $\gamma$  металла принять равной  $10 \text{ МСм/м}$ .

2. Определить объемную плотность тепловой мощности  $\omega$  в металлическом проводнике, если плотность тока  $j=10 \text{ А/мм}^2$ . Напряженность  $E$  электрического поля в проводнике равна  $1 \text{ мВ/м}$ .

3. Медный диск радиусом  $R=0,5 \text{ м}$  равномерно вращается ( $\omega = 10^4 \text{ рад/с}$ ) относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить разность потенциала  $U$  между центром диска и его крайними точками.

Занятие № 12

Тема: **Ток в газах.**

**Задачи для решения в аудитории**

1. Энергия ионизации атома водорода  $E_i=2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ . Определить потенциал ионизации  $U_i$  водорода.

2. Какой наименьшей скоростью  $v_{min}$  должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом азота, если потенциал ионизации  $U_i$  азота равен  $14,5 \text{ В}$ ?

3. Посередине между электродами ионизационной камеры пролетела  $\alpha$  - частица, двигаясь параллельно электродам, и образовала вала на своем пути цепочку ионов. Спустя какое время после про та  $\alpha$  - частицы ионы дойдут до электродов, если расстояние  $d$  между электродами равно  $4 \text{ см}$ , разность потенциалов  $U=5 \text{ кВ}$  и подвижность ионов обоих знаков в среднем  $b=2 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ ?

4. Азот ионизируется рентгеновским излучением. Определить проводимость  $G$  азота, если в каждом кубическом сантиметре газа находится в условиях равновесия  $n_0 = 10^7$  пар ионов. Подвижность положительных ионов  $b_+ = 1,27 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$  и отрицательных  $b_- = 1,81 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .

5. В ионизационной камере, расстояние  $d$  между плоскими электродами которой равно 5 см, проходит ток насыщения плотностью  $j = 16 \text{ мкА/м}^2$ . Определить число пар ионов, образующихся в каждом кубическом сантиметре пространства камеры в 1 с.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Воздух между плоскими электродами ионизационной камеры ионизируется рентгеновским излучением. Сила тока  $I$ , текущего через камеру, равна 1,2 мкА. Площадь  $S$  каждого электрода равна  $300 \text{ см}^2$ , расстояние между ними  $d = 2 \text{ см}$ , разность потенциалов  $U = 100 \text{ В}$ . Найти концентрацию  $n$  пар ионов между пластинами, если ток далек от насыщения. Подвижность положительных ионов  $b_+ = 1,4 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$  и отрицательных  $b_- = 1,9 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ . Заряд каждого иона равен элементарному заряду.

2. Найти силу тока насыщения между пластинами конденсатора, если под действием ионизатора в каждом кубическом сантиметре пространства между пластинами конденсатора каждую секунду образуется  $n_0 = 10^8$  пар ионов, каждый из которых несет один элементарный заряд. Расстояние  $d$  между пластинами конденсатора равно 1 см, площадь  $S$  пластины равна  $100 \text{ см}^2$ .

3. Какова должна быть температура  $T$  атомарного водорода чтобы средняя кинетическая энергия поступательного движения атомов была достаточна для ионизации путем соударений? Потенциал ионизации  $U_i$  атомарного водорода равен 13,6 В.

4. Объем  $V$  газа, заключенного между электродами ионизационной камеры, равен 0,5 л. Газ ионизируется рентгеновским излучением. Сила тока насыщения  $I_{\text{нас}} = 4 \text{ нА}$ . Сколько пар ионов образуется в 1 с в  $1 \text{ см}^3$  газа? Заряд каждого иона равен элементарному заряду.

Занятие № 13

#### Тема: Ток в жидкостях

##### Задачи для решения в аудитории

1. Две электролитические ванны соединены последовательно. В первой ванне выделилось  $m_1 = 3,9 \text{ г}$  цинка, во второй за то же время  $m_2 = 2,24 \text{ г}$  железа. Цинк двухвалентен. Определить валентность железа.

2. Определить толщину  $h$  слоя меди, выделившейся за время  $t = 5 \text{ ч}$  при электролизе медного купороса, если плотность тока  $= 80 \text{ А/м}^2$ .

3. Определить количество вещества  $\nu$  и число атомов  $N$  двухвалентного металла, отложившегося на катоде электролитической ванны, если через раствор в течение времени  $t = 5 \text{ мин}$  шел ток силой  $I = 2 \text{ А}$ .

##### Задачи для самостоятельного решения

1. В электролитической ванне через раствор прошел заряд  $Q = 193 \text{ кКл}$ . При этом на катоде выделился металл количеством вещества  $\nu = 1 \text{ моль}$ . Определить валентность  $Z$  металла.

2. Для выделения на катоде  $M$  граммов вещества необходимо, чтобы через электролит прошел заряд  $q = nF$ . Например, для того чтобы на катоде выделилось 23 г натрия, через электролит должен пройти заряд  $NA = 6,02 \cdot 10^{23}$  однократно ионизированных атомов, равный  $9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл}$ .

3. Определить скорость  $u$  (мкм/ч), с которой растет слой никеля на плоской поверхности металла при электролизе, если плотность тока  $j$ , протекающего через электролит, равна  $30 \text{ А/м}$ . Никель считать двухвалентным.

Занятие № 14

#### Тема: Законы Фарадея

### Задачи для решения в аудитории

1. При силе тока  $I=5$  А за время  $t=10$  мин в электролитической ванне выделилось  $m=1,02$  г двухвалентного металла. Определить его относительную атомную массу  $A_r$ .
2. Сила тока, проходящего через электролитическую ванну с раствором медного купороса, равномерно возрастает в течение времени  $\Delta t=20$  с от  $I_0=0$  до  $I=2$  А. Найти массу  $m$  меди, выделившейся за это время на катоде ванны.
3. При электролизе в течение одного часа шёл ток. Сила тока 5 А. Чему равна температура выделившегося атомарного водорода, если при давлении  $10^4$  Па его объём составил 1,5 л. Электрохимический эквивалент водорода  $k = 1,0 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл. КПД установки  $\eta = 70\%$ ?

### Задачи для самостоятельного решения

1. Электролитическая ванна с раствором медного купороса присоединена к батарее аккумуляторов с ЭДС  $E = 4$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,1$  Ом. Определить массу  $m$  меди, выделившейся при электролизе за время  $t=10$  мин, если ЭДС поляризации  $E_n = 1,5$  В и сопротивление  $R$  раствора равно  $0,5$  Ом. Медь двухвалентна.
2. Сколько атомов двухвалентного металла выделится 1 см<sup>2</sup> поверхности электрода за время  $t = 5$  мин при плотности  $j = 10$  А/м<sup>2</sup>?
3. При никелировании изделия в течение 1 ч на катоде образовался слой никеля толщиной  $l = 0,01$  мм. Определите плотность тока  $j$ , если плотность никеля  $\rho = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, атомная масса  $A = 0,0587$  кг/моль, валентность  $n = 2$ .

Занятие № 15

Тема: Ток в полупроводниках

### Задачи для решения в аудитории

1. Концентрация электронов проводимости в германии при комнатной температуре  $n = 3 \cdot 10^{19}$  м<sup>-3</sup>. Плотность германия 5400 кг/м<sup>3</sup>, молярная масса германия 0,073 кг/моль. Каково отношение числа электронов проводимости к общему числу атомов?
2. Найдите сопротивление полупроводникового диода в прямом и обратном направлениях тока, если при напряжении на диоде 0,5 В сила тока равна 5 мА, а при напряжении 10 В сила тока равна 0,1 мА.
3. Найдите сопротивление полупроводникового диода в прямом и обратном направлениях тока, если при напряжении на диоде 0,5 В сила тока равна 5 мА, а при напряжении 10 В сила тока равна 0,1 мА.

### Задачи для самостоятельного решения

1. По тонкой кремниевой пластинке шириной  $l = 3,2$  мм и толщиной  $d = 250$  мкм течет ток  $I = 5,2$  мА. Кремний содержит примеси фосфора и является полупроводником n-типа. Число электронов в единице объема во много раз превышает концентрацию носителей заряда в чистом кремнии. Для данного образца концентрация электронов составляет  $n_e = 1,5 \cdot 10^{23}$  м<sup>-3</sup>. Определите среднюю дрейфовую скорость электронов.
2. В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 12 мА, в цепи базы 600 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.
3. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление фоторезистора?

Занятие № 16

Тема: Термоэлектронные явления

### **Задачи для решения в аудитории**

1. Термопара медь - константан с сопротивлением  $R_1 = 5$  Ом присоединена к гальванометру, сопротивление  $R_2$  которого равно 100 Ом. Один спай термопары погружен в тающий лед, другой - в горячую жидкость. Сила тока  $I$  в цепи равна 37 мкА. Постоянная термопары  $\kappa = 43$  мкВ/К. Определить температуру  $t$  жидкости.

2. К концам цепи, состоящей из последовательного включения термистора и резистора сопротивлением 1 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была 5 мА. Когда термистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 10 мА. Во сколько раз изменилось в результате нагрева сопротивление термистора.

3. Во сколько раз катод из торированного вольфрама при температуре 1800К дает большую удельную эмиссию, чем катод из чистого вольфрама при той же температуре? Эмиссионная постоянная для чистого вольфрама  $0,6 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$ , для торированного вольфрама  $0,3 \cdot 10^7 \text{ A}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$ .

### **Задачи для самостоятельного решения**

1. Сила тока  $I$  в цепи, состоящей из термопары с сопротивлением  $R_1 = 4$  Ом и гальванометра с сопротивлением  $R_3 = 80$  Ом, равна 26 мкА при разности температур  $\Delta t$  спаев, равной 50 °С. Определить постоянную  $k$  термопары.

2. Во сколько раз изменится удельная термоэлектронная эмиссия вольфрама, находящегося при температуре 2400 К, если повысить температуру вольфрама на 100К?

3. При какой температуре торированный вольфрам будет давать такую же удельную эмиссию, какую дает чистый вольфрам при температуре 2500? Эмиссионная постоянная для чистого вольфрама  $0,6 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$ , для торированного вольфрама  $0,3 \cdot 10^7 \text{ A}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^2)$ .

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа включает в себя:

1. Изучение и конспектирование некоторых вопросов курса.
2. Написание рефератов.
3. Подготовку к зачетам по отдельным разделам курса (см. п. 8 Контроль над освоением студентом дисциплины).
4. Подготовку и выполнение контрольных работ (см. п. 8 Контроль над освоением студентом дисциплины).

## *Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение и конспектирование*

### *3 Семестр*

- 1 Проявление сил инерции на Земле  
В конспекте необходимо рассказать о маятнике Фуко, отклонении падающего тела от вертикали, различии в ускорении свободного падения на полюсе и на экваторе. Объяснить почему в северном полушарии у рек правый берег более крутой чем левый, а южном наоборот.
- 2 Закон тяготения.  
В конспекте необходимо рассказать о истории открытия закона всемирного тяготения.
- 3 Гравитационная постоянная. Экспериментальное определение.  
В конспекте необходимо рассказать о гравитационной постоянной и экспериментальных методах ее определения.
- 4 Достижения современной науки и техники в космонавтике.  
В конспекте необходимо рассказать о основных этапах освоения космического пространства в хронологическом порядке.
- 5 Звуковой и голосовой аппарат человека.  
В конспекте необходимо привести схему и описать строение слухового аппарата и голосового аппарата.
- 6 Проявление и использование эффекта Доплера.  
В конспекте необходимо описать эффект Доплера, привести формулы для расчета частот при сближении и удалении источника и приемника звуковых колебаний. Привести примеры проявления и использования этого явления.
- 7 Закон Архимеда. Условие плавания тел.  
В конспекте необходимо рассказать об истории открытия закона Архимеда. Рассмотреть следствия из закона Архимеда. Показать примеры применения в быту и технике.
- 8 Гидравлические машины.  
В конспекте необходимо рассказать о гидростатическом парадоксе и его объяснении. Рассмотреть принцип работы гидравлических машин. Привести примеры их использования на транспорте, в медицинской технике, на производстве.
- 9 Атмосферное давление. Барометры. Манометры.  
В конспекте необходимо рассказать о земной атмосфере, обосновать существование атмосферного давления. Привести примеры явлений, которые доказывают существование атмосферного давления. Рассказать об устройстве приборах для измерения давления, в том числе и атмосферного давления. Привести примеры устройств, использующих давление атмосферы.
- 10 Давление в движущихся потоках.  
В конспекте необходимо рассказать о законе Бернулли и о следствиях из этого закона. Привести примеры, демонстрирующие изменение давления в движущихся потоках. Продемонстрировать как это можно использовать в спорте и на транспорте.

### *4 Семестр*

#### 11 Способы измерения температуры

В конспекте необходимо описать три температурные шкалы: шкала Цельсия, шкала Кельвина, шкала Фаренгейта. Для каждой шкалы описать принципы ее построения, указать реперные точки, единицы измерения температуры, а также правила перевода температуры из единиц одной шкалы в единицы двух других шкал.

Также необходимо описать различные методы измерения температуры и устройство соответствующих измерительных приборов: жидкостные, механические, электрические, оптические и др. термометры (выбрать любые три вида термометров).

#### 12 Фазовые переходы первого рода (парообразование, конденсация, плавление и кристаллизация)

В конспекте необходимо для каждого фазового перехода дать определение; описать процесс фазового перехода с точки зрения молекулярно-кинетической теории; описать



условия, при которых происходит фазовый переход; записать формулу для определения количества теплоты, выделяющегося или поглощающегося при фазовом переходе; на конкретных примерах пояснить значение данного фазового перехода в природе, жизни человека и технике.

### 13 Влажность воздуха

В конспекте необходимо дать определения абсолютной и относительной влажности воздуха; точки росы; описать устройство и принцип действия психрометра, волосного и конденсационного гигрометров; на конкретных примерах пояснить роль влажности воздуха в природе, жизни человека и технике.

### 14 Электрический ток в электролитах

В конспекте необходимо дать определение электролита; определить носители тока в электролитах; дать развернутое пояснение, откуда в электролите появляются носители тока (явление электролитической диссоциации); дать определение и подробно описать процесс электролиза, сделав поясняющий рисунок; сформулировать законы электролиза Фарадея; перечислить области применения электролиза.

### 15 Электрический ток в газах

В конспекте необходимо отразить при каких условиях газы проводят электрический ток; дать определение несамостоятельного газового разряда; кратко описать условия и процесс протекания несамостоятельного газового разряда; дать определение самостоятельного газового разряда; определить условия протекания в газе самостоятельного газового разряда; перечислить виды самостоятельных газовых разрядов; на конкретных примерах пояснить, где газовые разряды встречаются в природе и применяются в жизни человека и технике.

Конспекты, составленные студентами по перечисленным вопросам, проверяются преподавателем.

Критерии оценивания конспекта. Выставляемая оценка (балл) за конспект от 2 до 5: от «неудовлетворительно» до «отлично». При оценке учитывается: 1. Объем конспекта должен быть меньше объема изучаемого текста в 4-6 раз. 2. Информация должна быть актуальна, точна и полезна, не избыточна, но достаточна. 3. Краткость, сжатость, целесообразность каждого записываемого слова. 4. Содержательность конспекта, отражение основных положений, ясность, лаконичность изложения мыслей. 5. Наличие схем, графиков, таблиц для выделения особо значимой информации. 6. Грамотность изложения. 7. Срок сдачи конспекта.

**Оценка «5»** - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление;

**Оценка «4»** - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе;

**Оценка «3»** - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление;

**Оценка «2»** - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление.

### *Темы рефератов*

1. Выдающиеся открытия в физике 20 века.
2. Связь физики с другими науками.
3. Об истории открытия «Теории относительности»
4. Парадокс близнецов – миф или реальность.
5. Опыт Физо и «Специальная теория относительности»
6. От преобразований Галилея к преобразованиям Лоренца
7. Современная теория гравитации.
8. Особенности описания жидкого состояния.
9. Особенности описания кристаллического состояния.
10. Термоэлектронные явления и их практическое применение.

11. Последние открытия в физике 21 века.
12. Электронная проводимость металлов. Сверхпроводимость.
13. Открытие и применение высокотемпературной сверхпроводимости.
14. Акустические свойства полупроводников.
15. Биполярные транзисторы.
16. Полупроводниковые датчики температур.
17. Ультразвук (получение, свойства, применение).
18. Физика и музыка.
19. Ультра и инфразвук, их роль в жизни животных и технике.
20. Эффект Доплера, его использование в природе, применение в технике и медицине.
21. Особенности строения и физические возможности воспроизведения и восприятия звука человеком.

#### Методические рекомендации студентам по написанию и оформлению реферата

Реферат должен быть оформлен в текстовом редакторе MSWORD, шрифт TimesNewRoman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5. Объем работы 15-20 страниц.

Реферат должен включать титульный лист, с указанием автора и темы, содержание, введение, основную часть, заключение и список литературы.

Во введении студент обозначает актуальность темы, обосновывает выбор темы, определяет цель своего исследования.

В основной части работы студент раскрывает содержание темы с точки зрения как классических, так и современных, признанных научной общественностью теории, приводит примеры проявления рассматриваемых физических явлений и процессов в живой и неживой природе, а также высказывает собственное мнение по рассматриваемой проблеме.

В заключении студент подводит итог исследования, аргументировано обосновывает достижение цели исследования.

Список литературы включает те источники информации, которыми автор пользовался при написании работы (5-7 источников). В качестве источников информации не должны выступать только учебники и учебные пособия, автор должен использовать при написании реферата также научные статьи и/или монографии. Допускается использование Internet-ресурсов, однако, их не должно быть больше 30% от всех источников.

Студент сдает реферат преподавателю не позднее, чем за 1 месяц до зачета.

#### **Критерии оценивания реферата:**

Студенту выставляется оценка «зачтено» если реферат соответствует вышеперечисленным требованиям или «незачтено» (если реферат требованиям не соответствует).

## **6. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **6.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ**

Текущий контроль знаний студентов проводится в по изученному разделу включает в себя:

#### **1) Написание проверочной работы по изученному разделу.**

Ниже приводится перечень вопросов для подготовки к проверочной работе

#### Основы механики

- Неинерциальные системы отсчета.
- Силы инерции. Центробежная сила и сила Кориолиса.
- Поле тяготения.
- Напряженность и потенциал гравитационного поля
- Законы Кеплера.
- Первая, вторая и третья космические скорости.

- Механические волны. Виды механических волн и их свойства.
- Длина волны. Скорость распространения волн.
- Звуковые волны.
- Объективные и субъективные характеристики звука.
- Интенсивность звука.
- Эффект Доплера.
- Жидкое состояние вещества.
- Свойства жидкости: вязкость, поверхностное натяжение.
- Явление смачивания и несмачивания.
- Давление под искривленной поверхностью.
- Капиллярные явления.
- Идеальная жидкость. Давление жидкости.
- Основные законы гидростатики.
- Основы гидродинамики. Закон Бернулли.

#### Основы молекулярной физики и термодинамики

- Температура. Способы измерения температуры.
- Основы работы тепловых двигателей.
- Цикл Карно. Коэффициент полезного действия теплового двигателя.
- Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
- Изотерма Эндрюса для реального газа.
- Критическое состояние вещества.
- Твердое состояние вещества и его свойства.
- Понятие фазы, фазового равновесия и фазового перехода.
- Фазовые переходы первого рода.
- Фазовые диаграммы. Тройная точка.
- Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

#### Основы электродинамики

- Теория электропроводности
- Постоянный электрический ток. Сила тока, напряжение, ЭДС, сопротивление проводника. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца.
- Ток в газах.
- Ток в жидкостях.
- Ток в полупроводниках.
- Термоэлектронные явления.

#### **Критерии оценивания проверочной работы:**

Работа оценивается по двухбалльной системе: «зачтено» – «незачтено». Отметка «зачтено» выставляется в случае, если студент правильно выполнил более чем 50% предложенных задач и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

#### ***2) Проверка преподавателем конспекта вопросов, выносимых в данном разделе на самостоятельное изучение***

Критерии оценивания конспекта. Выставляемая оценка (балл) за конспект от 2 до 5: от «неудовлетворительно» до «отлично». При оценке учитывается: 1. Объем конспекта должен быть меньше объема изучаемого текста в 4-6 раз. 2. Информация должна быть актуальна, точна и полезна, не избыточна, но достаточна. 3. Краткость, сжатость, целесообразность каждого записываемого слова. 4. Содержательность конспекта, отражение основных положений, ясность, лаконичность изложения мыслей. 5. Наличие схем, графиков, таблиц для выделения особо значимой информации. 6. Грамотность изложения. 7. Срок сдачи конспекта.

**Оценка «5»** - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление;

**Оценка «4»** - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе;

**Оценка «3»** - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление;

**Оценка «2»** - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление.

### **3) Выполнение контрольных работ**

Контрольные работы в 3 и 4 семестре проводится в форме аудиторной контрольной работы.

#### **Критерии оценивания контрольных работ:**

Работа оценивается по двухбалльной системе: «зачтено» – «незачтено». Отметка «зачтено» выставляется в случае, если студент правильно выполнил более чем 50% предложенных задач и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

Зачет по данному разделу студент получает только при выполнении всех пунктов указанных требований.

### **Варианты контрольной работы**

#### **3 семестр**

##### **Вариант 1**

1. Пластмассовый брусок плавает в воде. Как изменится глубина погружения бруска в воду, если поверх воды налить слой масла, полностью покрывающий брусок?

2. Тело брошено вертикально вверх. Вернется ли оно в ту же точку при падении на Землю? Обосновать.

3. Скорость упругих волн 4 м/с. Расстояние между двумя колеблющимися частицами среды с разностью фаз  $\pi/4$  равно 5 см. Определить: а) частоту, б) период колебаний, в) длину волны.

4. Аквариум имеет форму куба со стороной  $a = 60$  см. До какой высоты  $h$  следует налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно? Атмосферное давление не учитывать.

#### **4 семестр**

##### **Вариант 1**

1. Рабочее вещество совершает цикл Карно. Изобразить цикл в переменных  $(p, V)$  и  $(S, T)$ . Температура нагревателя втрое выше температуры холодильника. Какую часть энергии, полученной веществом за цикл от нагревателя, оно отдаёт холодильнику?

2. Часы с латунным маятником идут правильно при температуре 273 К. На сколько отстанут часы за сутки, если температура повысится до 293 К? Коэффициент линейного расширения латуни равен  $19 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

3. Определить плотность водяного пара в критическом состоянии, если ван-дер-ваальсова постоянная « $b$ » для него равна  $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

4. Никелирование металлического изделия с площадью поверхности  $120 \text{ см}^2$  продолжалось 5 ч при силе тока 0,3 А. Определите толщину  $h$  слоя никеля (валентность равна 3, плотность  $8800 \text{ кг/м}^3$ ).

Контрольная работа оценивается по двухбалльной системе: «зачтено» – «незачтено». Отметка «зачтено» выставляется в случае, если студент правильно выполнил более чем на 50% предложенных задач и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

## **6.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **3 семестр**

#### **Критерии для получения зачета**

Оценка «зачтено» выставляется если студент:

1. Посетил все лекционные занятия. В случае пропуска лекции студент должен показать преподавателю конспект лекции и ответить на вопросы по теме лекции.
2. Законспектировал вопросы курса, выносимые на самостоятельное изучение, и может ответить на вопросы по законспектированному материалу.
3. Написал контрольную работу на положительную оценку.

**Зачет выставляется студенту при выполнении всех пунктов Требований.**

### **4 семестр**

#### **Критерии для получения зачета**

Оценка «зачтено» выставляется если студент:

1. Посетил все лекционные занятия. В случае пропуска лекции студент должен показать преподавателю конспект лекции и ответить на вопросы по теме лекции.
2. Законспектировал вопросы курса, выносимые на самостоятельное изучение, и может ответить на вопросы по законспектированному материалу.
3. Написал контрольную работу на положительную оценку.

**Зачет выставляется студенту при выполнении всех пунктов Требований.**

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **7.1. Основная литература**

1. Физика: учебник и практикум для вузов/ В.А.Ильин, Е.Ю.Бахтина, Н.Б.Виноградова, П.И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/450506> (дата обращения: 18.03.2020).
2. Кузнецов, С. И. Курс лекций по физике. Классическая и релятивистская механика : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов, Л. И. Семкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 183 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-7056-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/451398> (дата обращения: 18.03.2020).
3. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 369 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1755-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/425491> (дата обращения: 18.03.2020).
4. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Склярова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/451204> (дата обращения: 18.03.2020).

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Савельев И.В. Курс физики (в 3-х томах). – М.: Наука, 2018.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2018.
3. Александров Н.В., Яшкин А.Я. Курс общей физики. Механика. - М.: «Просвещение», 1978.
4. Архангельский М.М. Курс физики, механика. - М.: «Просвещение», 1975.

5. Кикоин А.К., И.К. Кикоин И.К. Молекулярная физика. М., «Наука»,1976.
6. Калашников С.Г. Электричество. М., 1970.
7. Костко О.К. Физика для строительных и архитектурных вузов: Учебное пособие. Серия: Высшее образование Издательство: Феникс, 2004г.
8. Гулиа, *Н. В.* Удивительная физика / Н. В. Гулиа. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 442 с. — (Открытая наука). — ISBN 978-5-534-12880-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://bibli-online.ru/bcode/448494> (дата обращения: 18.03.2020).
9. Яворский Б.М., Детлаф А.А Курс физики, - М.,2001.

#### Список учебно-методических разработок для студента

1. Методические рекомендации к практическим занятиям (см. приложение)

#### 7.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <https://lectoriy.mipt.ru/> -курс лекций по физике Физтеха. Лекторий МФТИ.
2. [https://www.youtube.com/watch?v=U3I\\_FuliqsA](https://www.youtube.com/watch?v=U3I_FuliqsA) – курс видеолекций по механике.

### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Аудитория для проведения лекционных занятий 426 уч. к. 2 со следующим оборудованием:

- доска с размерами не менее 3000х1300 мм;
- проектор;
- экран;
- удерживающие устройства для фиксации плакатов.

Аудитория для проведения практических занятий 423 уч. к. 2 со следующим оборудованием:

- доска с размерами не менее 3000х1300 мм

### 9. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Пакет офисных программ Microsoft Office. (Microsoft Word— текстовый процессор, Microsoft Excel — табличный процессор, Microsoft PowerPoint - программа подготовки презентаций, Microsoft Access— приложение для управления базами данных)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022