

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Романчук Иван Сергеевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 27.08.2026 17:21:23  
Уникальный программный ключ:  
e68634da050325a9234284dd96b4f0f8b288e139

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»  
Тобольский педагогический институт им. Д.И. Менделеева (филиал) ТюмГУ

УТВЕРЖДЕНО  
Заместителем директора  
института  
Борковой Е.В.  
РАЗРАБОТЧИК  
Кутумова А.А.

## **ФИЗИКА**

Рабочая программа дисциплины  
Специальность: 49.02.01 Физическая культура  
Направленность: Преподавание физической культуры по основным  
общеобразовательным программам  
форма обучения очная  
язык реализации: русский

## 1. Планируемые результаты освоения учебного предмета (базовый / углубленный уровень)

Освоение содержания учебного предмета «Физика» обеспечивает достижение обучающимися следующих результатов.

1.1. В результате изучения физики на уровне среднего общего образования у обучающегося будут сформированы следующие **личностные результаты**:

### 1) гражданского воспитания (ПР1)

- сформированность гражданской позиции обучающегося как активного и ответственного члена российского общества;
- принятие традиционных национальных, общечеловеческих гуманистических и демократических ценностей;
- готовность противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам;
- готовность вести совместную деятельность в интересах гражданского общества, участвовать в самоуправлении в образовательной организации;
- умение взаимодействовать с социальными институтами в соответствии с их функциями и назначением;

### 2) патриотического воспитания (ПР2)

- сформированность российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, родной язык и культуру, прошлое и настоящее многонационального народа России;
- ценностное отношение к государственным символам, историческому и природному наследию, памятникам, боевым подвигам и трудовым достижениям народа, традициям народов России, достижениям России в науке, искусстве, спорте, технологиях, труде;
- идейная убежденность, готовность к служению и защите Отечества, ответственность за его судьбу;

### 3) духовно-нравственного воспитания (ПР3)

- осознание духовных ценностей российского народа;
- сформированность нравственного сознания, этического поведения;
- способность принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные нормы и ценности;
- осознание личного вклада в построение устойчивого будущего;
- ответственное отношение к своим родителям, созданию семьи на основе осознанного принятия ценностей семейной жизни в соответствии с традициями народов России;

### 4) эстетического воспитания (ПР4)

- эстетическое отношение к миру, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, труда, общественных отношений;
- способность воспринимать различные виды искусства, традиции и творчество своего и других народов, ощущать эмоциональное воздействие искусства;
- убежденность в значимости для личности и общества отечественного и мирового искусства, этнических культурных традиций и народного творчества, в том числе словесного;
- готовность к самовыражению в разных видах искусства, стремление проявлять качества творческой личности, в том числе при выполнении творческих работ по родному русскому языку;

### 5) физического воспитания (ПР5)

- сформированность здорового и безопасного образа жизни, ответственного отношения к своему здоровью;

- потребность в физическом совершенствовании, занятиях спортивно-оздоровительной деятельностью;

- активное неприятие вредных привычек и иных форм причинения вреда физическому и психическому здоровью;

#### 6) трудового воспитания (ПР6)

- готовность к труду, осознание ценности мастерства, трудолюбие;

- готовность к активной деятельности технологической и социальной направленности, способность инициировать, планировать и самостоятельно выполнять такую деятельность, в том числе в процессе изучения родного русского языка;

- интерес к различным сферам профессиональной деятельности, в том числе на основе применения изучаемого предметного знания и ознакомления с деятельностью филологов, журналистов, писателей, переводчиков, педагогов; умение совершать осознанный выбор будущей профессии и реализовывать собственные жизненные планы;

- готовность и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;

#### 7) экологического воспитания (ПР7)

- сформированность экологической культуры, понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды, осознание глобального характера экологических проблем;

- планирование и осуществление действий в окружающей среде на основе знания целей устойчивого развития человечества;

- активное неприятие действий, приносящих вред окружающей среде;

- умение прогнозировать неблагоприятные экологические последствия предпринимаемых действий, предотвращать их;

- расширение опыта деятельности экологической направленности;

#### 8) ценности научного познания (ПР8)

- сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;

- совершенствование языковой и читательской культуры как средства взаимодействия между людьми и познания мира;

- осознание ценности научной деятельности, готовность осуществлять проектную и исследовательскую деятельность по родному языку индивидуально и в группе.

В процессе достижения личностных результатов освоения обучающимися программы по физике на уровне среднего общего образования у обучающихся совершенствуется эмоциональный интеллект, предполагающий сформированность:

- самосознания, включающего способность понимать своё эмоциональное состояние, видеть направления развития собственной эмоциональной сферы, быть уверенным в себе;

- саморегулирования, включающего самоконтроль, умение принимать ответственность за своё поведение, способность адаптироваться к эмоциональным изменениям и проявлять гибкость, быть открытым новому;

- внутренней мотивации, включающей стремление к достижению цели и успеху, оптимизм, инициативность, умение действовать, исходя из своих возможностей;

- эмпатии, включающей способность понимать эмоциональное состояние других, учитывать его при осуществлении коммуникации; способность к сочувствию и сопереживанию;

- социальных навыков, включающих способность выстраивать отношения с другими людьми, заботиться о них, проявлять к ним интерес и разрешать конфликты, учитывая собственный читательский и жизненный опыт.

1.2. К концу обучения обучающийся получит следующие **предметные результаты** по отдельным темам программы по физике:

**1) в области методов познания окружающего мира (ПР9)**

- формирование у обучающихся уверенности в ценности образования, значимости физических знаний для современного квалифицированного специалиста при осуществлении его профессиональной деятельности;
- формирование естественно-научной грамотности;
- овладение специфической системой физических понятий, терминологией и символикой;
- освоение основных физических теорий, законов, закономерностей;
- овладение основными методами научного познания природы, используемыми в физике (наблюдение, описание, измерение, выдвижение гипотез, проведение эксперимента);
- овладение умениями обрабатывать данные эксперимента, объяснять полученные результаты, устанавливать зависимости между физическими величинами в наблюдаемом явлении, делать выводы;
- формирование умения решать физические задачи разных уровней сложности;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний с использованием различных источников информации и современных информационных технологий; умений формулировать и обосновывать собственную позицию по отношению к физической информации, получаемой из разных источников;
- воспитание чувства гордости за российскую физическую науку.

**2) в области формирования научной картины мира (ПР10)**

- приобретение знаний о фундаментальных физических законах, лежащих в основе современной физической картины мира, принципов действия технических устройств и производственных процессов, о наиболее важных открытиях в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии;
- понимание физической сущности явлений, проявляющихся в рамках производственной деятельности;
- освоение способов использования физических знаний для решения практических и профессиональных задач, объяснения явлений природы, производственных и технологических процессов, принципов действия технических приборов и устройств, обеспечения безопасности производства и охраны природы;
- формирование умений решать учебно-практические задачи физического содержания с учётом профессиональной направленности;
- приобретение опыта познания и самопознания; умений ставить задачи и решать проблемы с учётом профессиональной направленности;
- формирование умений искать, анализировать и обрабатывать физическую информацию с учётом профессиональной направленности;
- подготовка обучающихся к успешному освоению дисциплин и модулей профессионального цикла: формирование у них умений и опыта деятельности, характерных для профессий / должностей служащих или специальностей, получаемых в профессиональных образовательных организациях;
- подготовка к формированию общих компетенций будущего специалиста: самообразования, коммуникации, проявления гражданско- патриотической позиции, сотрудничества, принятия решений в стандартной и нестандартной ситуациях,

проектирования, проведения физических измерений, эффективного и безопасного использования различных технических устройств, соблюдения правил охраны труда при работе с физическими приборами и оборудованием.

- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения;

- смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;

- смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;

### **3) в области применения знаний, умений и навыков к практическим задачам (ПР11)**

- проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты,
- выдвигать гипотезы и строить модели,
- применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ;

- практически использовать физические знания;
- оценивать достоверность естественно-научной информации;
- использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;

- отличать гипотезы от научных теорий;
- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;

- приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;

- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях.

- применять полученные знания для решения физических задач;
- определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле;
- измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей.

К концу обучения обучающийся получит следующие **метапредметные результаты** по отдельным темам программы по физике:

- самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута;

- оценивать возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности, собственной жизни и жизни окружающих людей, основываясь на соображениях этики и морали;

- ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;

- оценивать ресурсы, в том числе: время и другие нематериальные ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели;

- выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач, оптимизируя материальные и нематериальные затраты;

- организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;

- сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью.

2.1. В результате изучения физики на уровне среднего общего образования у обучающегося будут сформированы **познавательные универсальные учебные действия, коммуникативные универсальные учебные действия, регулятивные универсальные учебные действия, совместная деятельность.**

1) У обучающегося будут сформированы следующие базовые логические действия как часть познавательных универсальных учебных действий (УУД1):

- самостоятельно формулировать и актуализировать проблему, рассматривать её всесторонне;

- устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения, в том числе на материале физики;

- определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;

- выявлять закономерности и противоречия рассматриваемых физических явлений и процессов;

- разрабатывать план решения проблемы с учётом анализа имеющихся материальных и нематериальных ресурсов;

- вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям, оценивать риски последствий деятельности;

- координировать и выполнять работу в условиях реального, виртуального и комбинированного взаимодействия при выполнении проектов по физике;

- развивать креативное мышление при решении жизненных проблем, в том числе с использованием знаний законов физики.

2) У обучающегося будут сформированы следующие базовые исследовательские действия как часть познавательных универсальных учебных действий (УУД2):

- владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности в контексте изучения предмета «Физика», навыками разрешения проблем, способностью и готовностью к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;

- осуществлять различные виды деятельности по получению нового знания, в том числе по физике, его интерпретации, преобразованию и применению в различных учебных ситуациях, в том числе при создании учебных и социальных проектов;

- владеть научной терминологией, общенаучными ключевыми понятиями физики и физическими методами познания окружающего мира;

- ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;

- выявлять причинно-следственные связи и актуализировать задачу, выдвигать гипотезу её решения, находить аргументы для доказательства своих утверждений, задавать параметры и критерии решения;

- анализировать полученные в ходе решения задачи результаты, критически

оценивать их достоверность, прогнозировать изменение в новых условиях;

- давать оценку новым ситуациям, оценивать приобретённый опыт;
- осуществлять целенаправленный поиск переноса средств и способов действия в профессиональную среду;
- уметь переносить знания в познавательную и практическую области жизнедеятельности;
- уметь интегрировать знания из разных предметных областей;
- выдвигать новые идеи, предлагать оригинальные подходы и решения; ставить проблемы и задачи, допускающие альтернативные решения.

3) У обучающегося будут сформированы умения работать с информацией как часть познавательных универсальных учебных действий (УУД3):

- владеть навыками получения информации из источников разных типов, самостоятельно осуществлять поиск, анализ, систематизацию и интерпретацию информации различных видов и форм представления;
- создавать тексты в различных форматах и жанрах с учётом назначения информации и целевой аудитории, выбирая оптимальную форму представления и визуализации (текст, презентация, таблица, схема, диаграмма, график и другие);
- оценивать достоверность, легитимность информации, её соответствие правовым и морально-этическим нормам;
- использовать средства информационных и коммуникационных технологий в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;
- владеть навыками распознавания и защиты информации, информационной безопасности личности.

4) У обучающегося будут сформированы умения общения как часть коммуникативных универсальных учебных действий (УУД4):

- осуществлять коммуникации во всех сферах жизни, в том числе на уроке физики и во внеурочной деятельности по предмету;
- распознавать невербальные средства общения, понимать значение социальных знаков, распознавать предпосылки конфликтных ситуаций и смягчать конфликты;
- владеть различными способами общения и взаимодействия; аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;
- развёрнуто, логично и корректно с точки зрения культуры речи излагать свою точку зрения.

5) У обучающегося будут сформированы умения самоорганизации как части регулятивных универсальных учебных действий (УУД5):

- самостоятельно осуществлять познавательную деятельность, выявлять проблемы, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- самостоятельно составлять план решения проблемы с учётом имеющихся ресурсов, собственных возможностей и предпочтений;
- давать оценку новым ситуациям;
- расширять рамки учебного предмета на основе личных предпочтений;
- делать осознанный выбор, аргументировать его, брать ответственность за решение;
- оценивать приобретённый опыт;
- способствовать формированию и проявлению широкой эрудиции в разных областях знаний, постоянно повышать свой образовательный и культурный уровень;
- самостоятельно составлять план действий при анализе и создании текста, вносить необходимые коррективы в ходе его реализации.

6) У обучающегося будут сформированы умения самоконтроля, принятия себя и других как части регулятивных универсальных учебных действий (УУД6):

- давать оценку новым ситуациям, вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;
- владеть навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований;
- использовать приёмы рефлексии для оценки ситуации, выбора верного решения;
- оценивать риски и своевременно принимать решения по их снижению;
- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;
- принимать себя, понимая свои недостатки и достоинства;
- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;
- признавать своё право и право других на ошибку;
- развивать способность понимать мир с позиции другого человека.

7) У обучающегося будут сформированы умения совместной деятельности (УСД 7):

- понимать и использовать преимущества командной и индивидуальной работы на уроке физики и во внеурочной деятельности;
- выбирать тематику и методы совместных действий с учётом общих интересов, и возможностей каждого члена коллектива;
- принимать цели совместной деятельности, организовывать и координировать действия по её достижению: составлять план действий, распределять роли с учётом мнений участников, обсуждать результаты совместной работы;
- оценивать качество своего вклада и каждого участника команды в общий результат по разработанным критериям;
- предлагать новые проекты, оценивать идеи с позиции новизны, оригинальности, практической значимости;
- осуществлять позитивное стратегическое поведение в различных ситуациях, развивать творческие способности и воображение, быть инициативным.

## 2. Структура и содержание учебного предмета

### 2.1. Объем учебного предмета и виды учебной работы

| Вид учебной деятельности                          | Всего<br>(ак.ч.) | Кол-во часов в семестре (ак.ч.) |                    |
|---------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------|
|                                                   |                  | 1 семестр                       | 2 семестр          |
| <b>Учебная нагрузка обучающегося</b>              | <b>72</b>        | <b>32</b>                       | <b>40</b>          |
| Из них:                                           |                  |                                 |                    |
| <b>Учебные занятия (всего):</b>                   | <b>72</b>        | <b>32</b>                       | <b>40</b>          |
| Урок                                              |                  |                                 |                    |
| Лекция                                            |                  |                                 |                    |
| Практическое занятие (Семинар)                    | 72               | 32                              | 40                 |
| Лабораторное / Практическое занятие по подгруппам |                  |                                 |                    |
| <b>Консультации</b>                               |                  |                                 |                    |
| <b>Самостоятельная работа</b>                     |                  |                                 |                    |
| Вид промежуточной аттестации                      |                  | Контроль<br>ная<br>работа       | Зачет с<br>оценкой |

### 2.2. Тематический план и содержание учебного предмета

| Содержание учебного материала                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Вид учебной деятельности<br>(ак.ч.) |        |                                   |                                                         |                        |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|
|                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Урок                                | Лекция | Практическое занятие<br>(Семинар) | Лабораторное /<br>Практическое занятие по<br>подгруппам | Самостоятельная работа |
| <b>Семестр 1</b>                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |        |                                   |                                                         |                        |
| <b>Раздел 1. Механика</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |        |                                   | 18                                                      |                        |
| <b>Тема 1.1. Введение. Физика и методы научного познания</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |        |                                   | 2                                                       |                        |
|                                                              | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |        |                                   |                                                         |                        |
| 1                                                            | Физика — фундаментальная наука о природе. Естественно-научный метод познания, его возможности и границы применимости. Эксперимент и теория в процессе познания природы. Моделирование физических явлений и процессов. Роль эксперимента и теории в процессе познания природы. Физическая величина. Физические законы. Границы применимости физических законов и теорий. Принцип |                                     |        |                                   |                                                         |                        |

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |    |  |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----|--|
|                                                                | соответствия. Понятие о физической картине мира. Погрешности измерений физических величин.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |    |  |
| <b>Тема 1.2. Основы кинематики</b>                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  | 6  |  |
|                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |    |  |
| 1                                                              | Механическое движение и его виды. Материальная точка. Скалярные и векторные физические величины. Относительность механического движения. Система отсчета. Принцип относительности Галилея. Траектория. Путь. Перемещение. Равномерное прямолинейное движение.                                                                                                                                                                |  |  |  |    |  |
| 2                                                              | Скорость. Уравнение движения. Мгновенная и средняя скорости. Ускорение. Прямолинейное движение с постоянным ускорением. Движение с постоянным ускорением свободного падения. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость. Центростремительное ускорение. Кинематика абсолютно твердого тела.                                                                                                                  |  |  |  |    |  |
| <b>Тема 1.3. Основы динамики. Законы сохранения в механике</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  | 10 |  |
|                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |    |  |
| 1                                                              | Основная задача динамики. Сила. Масса. Законы механики Ньютона. Силы в природе. Сила тяжести и сила всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения. Первая космическая скорость. Движение планет и малых тел Солнечной системы. Вес. Невесомость. Силы упругости. Силы трения.                                                                                                                                             |  |  |  |    |  |
| 2                                                              | Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Механическая работа и мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Работа силы тяжести и силы упругости. Применение законов сохранения. Использование законов механики для объяснения Движения небесных тел и для развития космических исследований, границы применимости классической механики |  |  |  |    |  |
| <b>Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика</b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  | 14 |  |
| <b>Тема 2.1. Основы молекулярно-кинетической теории</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  | 4  |  |
|                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |    |  |
| 1                                                              | Основные положения молекулярно-кинетической теории. Размеры и масса молекул и атомов. Броуновское движение. Строение газообразных, жидких и твердых тел.                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |    |  |
| 2                                                              | Идеальный газ. Давление газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Температура и ее измерение. Абсолютный нуль температуры. Термодинамическая шкала температуры. Температура звезд. Скорости движения молекул и их измерение. Уравнение                                                                                                                                                                 |  |  |  |    |  |

|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  |    |  |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|--|----|--|
|                                                                                | состояния идеального газа. Изопрцессы и их графики. Газовые законы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |  |  |    |  |
| <b>Тема 2.2. Основы термодинамики</b>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 6  |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                           |  |  |    |  |
| 1                                                                              | Внутренняя энергия. Работа и теплопередача. Количество теплоты. Уравнение теплового баланса. Первое начало термодинамики. Адиабатный процесс. Второе начало термодинамики. Тепловые двигатели. КПД теплового двигателя. Охрана природы.                                                                                                                                                                                                                                                                          |                           |  |  |    |  |
| <b>Тема 2.3 Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы</b>               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 4  |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                           |  |  |    |  |
| 1                                                                              | Испарение и конденсация. Насыщенный пар и его свойства. Относительная влажность воздуха. Приборы для определения влажности воздуха. Кипение. Зависимость температуры кипения от давления. Характеристика жидкого состояния вещества. Ближний порядок. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные                                                                                                                                                                                                           |                           |  |  |    |  |
| <b>Консультации</b>                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  |    |  |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>Контрольная работа</i> |  |  |    |  |
| <b>Всего за 1 семестр</b>                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 32 |  |
| <b>Семестр 2</b>                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  |    |  |
| <b>Раздел 3. Электродинамика</b>                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 20 |  |
| <b>Тема 3.1. Электрическое поле</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 4  |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                           |  |  |    |  |
| 1                                                                              | Электрические заряды. Элементарный электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей. Проводники в электрическом поле. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля. Електроемкость. Конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора. Применение конденсаторов. |                           |  |  |    |  |
| <b>Тема 3.2. Законы постоянного тока. Электрический ток в различных средах</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                           |  |  | 6  |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                           |  |  |    |  |
| 1                                                                              | Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока. Сила тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для участка цепи. Параллельное и последовательное соединение проводников. Работа и мощность постоянного тока. Тепловое действие тока Закон Джоуля—Ленца. Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи.                                                                                                                                                             |                           |  |  |    |  |

|                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |    |  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|----|--|
| 2                                                           | Электрический ток в металлах, в электролитах, газах, в вакууме. Электролиз. Закон электролиза Фарадея. Виды газовых разрядов. Термоэлектронная эмиссия. Плазма. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимости. Р-п переход. Полупроводниковые приборы. Применение полупроводников.                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |    |  |
| <b>Тема 3.3. Магнитное поле. Электромагнитная индукция.</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  | 10 |  |
|                                                             | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |    |  |
| 1                                                           | Вектор индукции магнитного поля. Взаимодействие токов. Сила Ампера. Применение силы Ампера. Магнитный поток. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Применение силы Лоренца. Магнитные свойства вещества. Солнечная активность и её влияние на Землю. Магнитные бури.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |    |  |
| 2                                                           | Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. ЭДС индукции в движущихся проводниках. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия магнитного поля тока. Электромагнитное поле.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |    |  |
| <b>Раздел 4. Колебания и волны</b>                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  | 6  |  |
| <b>Тема 4.1. Механические колебания и волны</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  | 6  |  |
| <b>Электромагнитные колебания и волны</b>                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |    |  |
|                                                             | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |    |  |
| 1                                                           | Гармонические колебания. Свободные механические колебания. Превращение энергии при колебательном движении. Математический маятник. Пружинный маятник. Вынужденные механические колебания. Резонанс. Поперечные и продольные волны. Характеристики волны. Звуковые волны. Ультразвук и его применение                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |    |  |
| 2                                                           | Свободные электромагнитные колебания. Превращение энергии в колебательном контуре. Период свободных электрических колебаний. Формула Томсона. Затухающие электромагнитные колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Резонанс в электрической цепи. Генератор переменного тока. Трансформаторы. Получение, передача и распределение электроэнергии. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Открытый колебательный контур. Опыты Г.Герца. Изобретение радио А.С. Поповым. Понятие о радиосвязи. Принцип радиосвязи. Применение электромагнитных волн. |  |  |  |    |  |
| <b>Раздел 5. Оптика и квантовая физика</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  | 14 |  |

|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |   |  |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---|--|
| <b>Тема 5.1 Природа света</b>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  | 6 |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |   |  |
| 1                                                                              | Точечный источник света. Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Принцип Гюйгенса. Солнечные и лунные затмения. Полное отражение. Линзы. Построение изображения в линзах. Формула тонкой линзы. Увеличение линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы. Телескопы.двигателя. Охрана природы.                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |   |  |
| 2                                                                              | Интерференция света. Когерентность световых лучей. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Использование интерференции в науке и технике. Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка. Поляризация поперечных волн. Поляризация света. Поляроиды. Дисперсия света. Виды излучений. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения. Спектральный анализ. Спектральные классы звезд. Ультрафиолетовое излучение. Инфракрасное излучение. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства. Шкала электромагнитных излучений. |  |  |  |   |  |
| <b>Тема 5.2 Специальная теория относительности вещества и фазовые переходы</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  | 4 |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |   |  |
| 1                                                                              | Движение со скоростью света. Постулаты теории относительности и следствия из них. Инвариантность модуля скорости света в вакууме. Энергия покоя. Связь массы и энергии свободной частицы. Элементы релятивистской динамики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |   |  |
| <b>Тема 5.3 Квантовая физика</b>                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  | 4 |  |
|                                                                                | <b>Содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |   |  |
| 1                                                                              | Квантовая гипотеза Планка. Тепловое излучение. Корпускулярно-волновой дуализм. Фотоны. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Давление света. Химическое действие света. Опыты П.Н. Лебедева и Н.И. Вавилова. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Применение фотоэффекта                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |   |  |
| 2                                                                              | Развитие взглядов на строение вещества. Модели строения атомного ядра. Ядерная модель атома. Опыты Э.Резерфорда. Модель атома водорода по Н.Бору. Квантовые постулаты Бора. Лазеры. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивные превращения. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Строение атомного ядра. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер. Ядерные реакции. Ядерная энергетика. Энергетический выход ядерных реакций. Искусственная                                                                           |  |  |  |   |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |  |  |    |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--|--|----|--|
| радиоактивность. Деление тяжелых ядер. Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция. Ядерный реактор. Термоядерный синтез. Энергия звезд. Получение радиоактивных изотопов и их применение. Биологическое действие радиоактивных излучений. Элементарные частицы. |                        |  |  |    |  |
| <b>Консультации</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |  |  |    |  |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                                                                                                                                                                                                                         | <i>Зачет с оценкой</i> |  |  |    |  |
| <b>Всего за 2 семестр</b>                                                                                                                                                                                                                                               |                        |  |  | 40 |  |
| <b>Всего</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |                        |  |  | 72 |  |

### 3. Контроль и оценка результатов освоения учебного предмета

Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся осуществляются с применением оценочных материалов по учебному предмету (приложение № 1 - № 2 к рабочей программе учебного предмета), включающих открытую (доступную к опубликованию) и закрытую (не размещаемую в свободном доступе) части.

### 4. Условия реализации учебного предмета

#### 4.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации учебного предмета

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета физики.

Оборудование учебного кабинета:

1. Цифровая лаборатория по физике для учителя;
2. Цифровая лаборатория по физике для ученика;
3. Весы технические с разновесами;
4. Комплект для лабораторного практикума по оптике;
5. Комплект для лабораторного практикума по механике;
6. Комплект для лабораторного молекулярной физике и термодинамики;
7. Комплект для лабораторного электричеству (с генератором);
8. Комплект для изучения возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой энергии, био-, механической и термоэлектрической энергетики);
9. Амперметр лабораторный;
10. Вольтметр лабораторный;
11. Колориметр с набором калориметрических тел;
12. Термометр лабораторный;
13. Комплект для изучения основ механики, пневматики и возобновляемых источников энергии;
14. Барометр-анероид;
15. Блок питания регулируемый;
16. Веб-камера на подвижном штативе;
17. Видеокамера для работы с оптическими приборами;
18. Генератор звуковой;
19. Гигрометр (психрометр);
20. Груз наборный;
21. Динамометр демонстрационный;
22. Комплект посуды демонстрационной с принадлежностями;
23. Манометр жидкостной демонстрационный;
24. Метр демонстрационный;
25. Микроскоп демонстрационный;
26. Насос вакуумный Комовского;

27. Столик подъемный;
28. Штатив демонстрационный физический;
29. Электроплитка;
30. Набор демонстрационный по механическим явлениям;
31. Набор демонстрационный по динамике вращательного движения;
32. Набор демонстрационный по механическим колебаниям;
33. Набор демонстрационный волновых явлений;
34. Ведерко Архимеда;
35. Маятник Максвелла;
36. Набор тел равного объема;
37. Набор тел равной массы;
38. Прибор для демонстрации атмосферного давления;
39. Призма, наклоняющаяся с отвесом;
40. Рычаг демонстрационный;
41. Сосуды сообщающиеся;
42. Стакан отливной демонстрационный;
43. Трубка Ньютона;
44. Шар Паскаля;
45. Набор демонстрационный по молекулярной физике и тепловым явлениям;
46. Набор демонстрационный по газовым законам;
47. Набор капилляров;
48. Трубка для демонстрации конвекции в жидкости;
49. Цилиндры свинцовые со стругом;
50. Шар с кольцом;
51. Высоковольтный источник;
52. Генератор Ван-де-Граафа;
53. Дозиметр;
54. Камертоны на резонансных ящиках;
55. Комплект приборов и принадлежностей для демонстрации свойств электромагнитных волн;
56. Комплект приборов для изучения принципов радиоприема и радиопередачи;
57. Комплект проводов;
58. Магнит дугообразный;
59. Магнит полосовой демонстрационный;
60. Машина электрофорная;
61. Маятник электростатический;
62. Набор по изучению магнитного поля Земли;
63. Набор демонстрационный по магнитному полю кольцевых токов;
64. Набор демонстрационный по полупроводникам;
65. Набор демонстрационный по полупроводникам;
66. Набор демонстрационный по электрическому току в вакууме;
67. Набор демонстрационный по электродинамике;
68. Набор для демонстрации магнитных полей;
69. Набор для демонстрации электрических полей;
70. Трансформатор учебный;
71. Палочка стеклянная;
72. Палочка эбонитовая;
73. Прибор Ленца;
74. Стрелки магнитные на штативах;
75. Султан электростатический;
76. Штативы изолирующие;
77. Электромагнит разборный;

78. Набор демонстрационный по геометрической оптике;
79. Набор демонстрационный по волновой оптике;
80. Спектроскоп двухтрубный;
81. Набор спектральных трубок с источником питания;
82. Установка для изучения фотоэффекта;
83. Набор демонстрационный по постоянной Планка;
84. Комплект наглядных пособий для постоянного использования;
85. Комплект портретов для оформления кабинета;
86. Комплект демонстрационных учебных таблиц.

При наличии необходимого оборудования занятия по физике в некоторых случаях могут проводиться в имеющихся в образовательной организации мастерских или лабораториях.

#### **4.1.1. Основная литература:**

*Список основной литературы*

1) Физика : учебник для обучающихся по специальностям среднего профессионального образования : [12+] / И. И. Молчанов, Н. А. Гуляева, Р. А. Водолаженко, Ж. В. Мекшенева ; под ред. Ж. В. Мекшеневой. – Москва : Университет Синергия, 2024. – 249 с. : ил., табл., схем. – (Среднее профессиональное образование). – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=706850> (дата обращения: 27.08.2025).

2) Романова, В. В. Физика : примеры решения задач : учебное пособие / В. В. Романова. – 3-е изд., испр. – Минск : РИПО, 2024. – 348 с. : ил., табл. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=724540> (дата обращения: 27.08.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-895-211-2. – Текст : электронный.

3) Физика (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм) : учебное пособие / составители И. В. Серюкова [и др.]. — 2-е изд., доп. и перераб. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 196 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/188151> (дата обращения: 27.08.2025).

#### **4.1.2. Дополнительная литература:**

*Список дополнительной литературы*

1) Тарасов, О. М. Физика : учебное пособие / О. М. Тарасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 432 с. — (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-91134-777-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1012153> (дата обращения: 17.06.2024).

2) Пинский, А. А. Физика : учебник / А. А. Пинский, Г. Ю. Граковский ; под общ. ред. Ю. И. Дика, Н. С. Пурышевой. — 4-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 560 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-739-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1968777> (дата обращения: 17.06.2024).

#### **4.1.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» — URL: <https://e.lanbook.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

2. Электронно-библиотечная система Znanium.com — URL: <https://znanium.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

3. IPR BOOKS — URL: <http://www.iprbookshop.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

5. Межвузовская электронная библиотека (МЭБ) — URL: <https://icdlib.nspu.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.

6. Национальная электронная библиотека (НЭБ) – URL: <https://rusneb.ru/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
7. Ивис - – URL: <https://dlib.eastview.com/> Режим доступа: по подписке ТюмГУ.
8. Библиотека ТюмГУ - <https://library.utmn.ru/>

#### **4.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

LibreOffice, платформы: Яндекс. Мессенджер, Яндекс.Телемост.

#### **4.3. Материально-техническое обеспечение реализации учебного предмета:**

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Аудитория для самостоятельной работы оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональные компьютеры.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ****ФИЗИКА****Открытая часть****1. Система оценивания**

**Лекции.** Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам лекции, которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно. Лекции сопровождаются демонстрационными экспериментами физических явлений.

Устный опрос на занятии позволяет выяснить объем знаний студента по определенной теме, разделу, проблеме. При оценивании устного ответа учитывается качество и полнота ответа на контрольные вопросы, степень владения изученным материалом при ответах на дополнительные вопросы.

**Практические (лабораторные) занятия.** При подготовке к семинарским занятиям следует использовать основную литературу из представленного списка, а также руководствоваться приведенными указаниями и рекомендациями. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «Дополнительная» в представленном списке. На семинарских занятиях рекомендуется принимать активное участие в обсуждении проблем, возникающих при решении учебных задач, развивать способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем по тематике семинарских занятий. Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к лабораторному занятию:

- проработка конспекта лекций;
- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы по изучаемому разделу дисциплины;
- решение домашних задач.

При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.

- При возникновении затруднений следует сформулировать конкретные вопросы к преподавателю.

Текущий контроль осуществляется проверкой наличия конспектов лекций, выполнения заданий в ходе лабораторных занятий и самостоятельной работы, а также вопросов для устного контроля знаний.

Зачет проводится в форме ответа на вопросы. Подготовка к зачету должна осуществляться на основе лекционного материала, материала лабораторных занятий, конспектов тем из плана самостоятельной работы с обязательным обращением к основным учебникам по дисциплине. Это исключит ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами, которые в лекциях, как правило, не приводятся.

**2. Паспорт оценочных материалов**

| Темы учебного предмета | Оценочные материалы | Предметные результаты | Критерии оценивания |
|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|

|                                               |                                                               |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | (виды и количество)                                           |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Текущий контроль успеваемости                 |                                                               |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Раздел 1. Механика                            | Опрос.<br>Лабораторные работы.<br>Контрольная работа.<br>Тест | ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7 | <p>5 - Может самостоятельно выполнить работу.<br/>Сделать все соответствующие измерения и анализ полученных данных.<br/>Может сформировать полный отчет по выполненной работе.</p> <p>4 - Может выполнить работу под частичным контролем преподавателя.<br/>Сделать все соответствующие измерения.<br/>Может сформировать отчет по выполненной работе.</p> <p>3 - Может выполнить работу под контролем преподавателя.<br/>Сделать все соответствующие измерения при помощи преподавателя.<br/>Может сформировать неполный отчет по выполненной работе.</p> <p>2 - Результаты не достигли пороговых критериев.</p> |
| Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика | Опрос.<br>Лабораторные работы.<br>Контрольная работа.<br>Тест | ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Раздел 3. Электродинамика                     | Опрос.<br>Лабораторные работы.<br>Контрольная работа.<br>Тест | ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Раздел 4. Колебания и волны                   | Опрос.<br>Лабораторные работы.<br>Контрольная работа.<br>Тест | ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Раздел 5. Оптика и квантовая физика           | Опрос.<br>Лабораторные работы.<br>Контрольная работа.<br>тест | ПР1, ПР2, ПР3, ПР4, ПР7, ПР8, УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                               |                                                               |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Промежуточная аттестация обучающихся          |                                                               |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Контрольная работа – 1 семестр                |                                                               | УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7                               | <p><b>«отлично»</b> (повышенный уровень – готов выполнять работы в условиях учебно-воспитательного процесса с обучающимися):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-показывает знание основных понятий темы, грамотно пользуется терминологией;</li> <li>-проявляет умение анализировать и обобщать информацию, навыки связного писания явлений и процессов;</li> <li>-демонстрирует умение излагать учебный материал в определенной логической последовательности;</li> <li>-показывает умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;</li> </ul>                                     |
| Зачет с оценкой – 2 семестр                   |                                                               | УУД1, УУД2, УУД3 УУД4, УУД5, УУД6, УУД7                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>-демонстрирует сформированность и устойчивость знаний, умений и навыков;</p> <p>-могут быть допущены одна–две неточности при освещении второстепенных вопросов;</p> <p>-свободно отвечает на дополнительные вопросы.</p> <p><b>«хорошо»</b> (базовый уровень – может выполнять работы самостоятельно):</p> <p>-неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</p> <p>-имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, описании явлений и процессов, исправленные после наводящих вопросов;</p> <p>-выявлена недостаточная сформированность знаний, умений и навыков;</p> <p>-отвечает на большинство дополнительных вопросов.</p> <p><b>«удовлетворительно»</b> (пороговый уровень - может выполнять работы под контролем преподавателя):</p> <p>-не раскрыто основное содержание учебного материала;</p> <p>-обнаружено незнание или непонимание части учебного материала;</p> <p>-допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, в описании явлений и процессов, решении задач;</p> <p>-частично отвечает на дополнительные вопросы.</p> |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Типовые оценочные материалы

#### Контрольные вопросы

Контрольные вопросы используются для проведения анализа материала лекций, самостоятельного углубления знаний, а также для самопроверки знаний студентов по отдельным вопросам и/или темам дисциплины. Ответ оценивается «2», «1» или «0». Критерии оценки ответа (табл.) доводятся до сведения обучающихся в начале занятий. Оценка объявляется в конце занятия.

| Балл | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2    | <p>- показывает знание основных понятий темы, грамотно пользуется терминологией;</p> <p>- проявляет умение анализировать и обобщать информацию, навыки связного описания явлений и процессов;</p> <p>- демонстрирует умение излагать учебный материал в определенной логической последовательности;</p> |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- показывает умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;</li> <li>- демонстрирует сформированность и устойчивость знаний, умений и навыков;</li> <li>- могут быть допущены одна–две неточности при освещении второстепенных вопросов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                              |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</li> <li>- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, описании явлений и процессов, исправленные после наводящих вопросов;</li> <li>- выявлена недостаточная сформированность знаний, умений и навыков, студент не может применить теорию в новой ситуации.</li> </ul> |
| 0 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- не раскрыто основное содержание учебного материала;</li> <li>- обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;</li> <li>- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, в описании явлений и процессов, решении задач, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;</li> <li>- не сформированы компетенции, отсутствуют соответствующие знания, умения и навыки.</li> </ul>                                         |

**Вопросы для устного контроля (Раздел 1, Раздел 2):**

1. Измерение физической величины. Значение и размер физической величины.
2. Микрометр. Основные элементы микрометра. Единицы измерения физических величин.
3. Погрешности измерения физических величин. Относительная и абсолютная погрешности измерений.
4. Классификация погрешностей измерений.
5. Погрешность прибора. Классификация погрешностей измерений.
6. Понятия: движение, относительность движения.
7. Система отсчета.
8. Материальная точка.
9. Траектория, пройденный путь, вектор перемещения.
10. Равномерное движение. Скорость.
11. Равноускоренное движение. Ускорение и его составляющие.
12. Движение по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение.
13. Связь линейных и угловых кинематических величин.
14. Классическая механика. Границы ее применимости.
15. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона.
16. Взаимодействие тел.
17. Масса, импульс, сила. Второй закон Ньютона.
18. Принцип суперпозиции сил. Третий закон Ньютона.
19. Силы в природе. Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения.
20. Сила тяжести и вес тела. Невесомость.
21. Сила упругости. Закон Гука.
22. Сила трения.
23. Работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки.
24. Закон сохранения полной механической энергии материальной точки.
25. Момент импульса материальной точки. Момент силы.
26. Законы сохранения импульса и момента импульса материальной точки.
27. Понятие идеального газа.
28. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
29. Основное уравнение МКТ идеального газа.
30. Равновесные и неравновесные состояния; время релаксации.
31. Параметры макроскопической системы, задающие ее равновесное состояние: объем, давление, температура.
32. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
33. Первое начало термодинамики.
34. Теплоемкость идеального газа.
35. Второе начало термодинамики.
36. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

**Вопросы для устного контроля (Раздел 3):**

1. Электрический заряд.
2. Закон сохранения электрического заряда.
3. Закон Кулона.
4. Электростатическое поле.
5. Напряженность электрического поля.
6. Работа поля при перемещении заряда.
7. Потенциал электростатического поля и его связь с напряженностью поля.
8. Электрическая емкость уединенного проводника.
9. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
10. Диэлектрики в электрическом поле.
11. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость.
12. Постоянный электрический ток.
13. Электрический ток, сила и плотность тока.
14. Закон Ома для участка цепи.
15. Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников.
16. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Источники тока. Закон Ома для участка, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи.
17. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
18. Природа тока в металлах. Опыты Мандельштама и Папалекси, Толмена и Стюарта. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Понятие о сверхпроводимости.
19. Электрическая диссоциация. Законы Фарадея.
20. Магнитное поле и электромагнитная индукция.
21. Магнитное поле и его характеристики. Взаимодействие постоянного магнита и тока. Сила Ампера.
22. Взаимодействие параллельных токов. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
23. Закон Био-Савара-Лапласа.
24. Магнитное поле в магнетиках.
25. Парамагнетики, диамагнетики и ферромагнетики.
26. Магнитный поток.
27. Закон электромагнитной индукции Фарадея и правило Ленца.
28. Самоиндукция. Взаимная индукция. ЭДС самоиндукции.
29. Индуктивность проводника и взаимная индукция.
30. Энергия магнитного поля.

**Вопросы для устного контроля (Раздел 5):**

1. Электромагнитная природа света.
2. Законы прямолинейного распространения, отражения и преломления света.
3. Полное внутреннее отражение. Тонкие линзы. Формула линзы. Сферические зеркала. Построение изображений в тонких линзах.
4. Волновая оптика. Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света.
5. Интерференция световых волн. Коherentные источники света и методы их получения.
6. Явление дифракции волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракционные решетки и их применение.
7. Поляризованный и неполяризованный свет. Поляризаторы и анализаторы. Закон Малюса.
8. Тепловое излучение абсолютно черного тела.
9. Законы теплового излучения (закон Стефана-Больцмана закон смещения Вина, формула Релея-Джинса).
10. Гипотеза о квантовании излучения, формула Планка.
11. Двойственная природа света.

12. Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Использование фотоэффекта.
13. Рентгеновское излучение. Рассеяние рентгеновских лучей. Эффект Комптона. Применение рентгеновских лучей.
14. Гипотеза де-Бройля о волновых свойствах вещества. Опыты по дифракции микрочастиц.
15. Двойственность представлений о веществе. Корпускулярно- волновой дуализм.
16. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома.
17. Постулаты Бора, опыты Франка и Герца. Полуклассическая теория атома водорода по Бору.
18. Состав атомных ядер. Нуклоны. Заряд и массовое число ядра. Изотопы.
19. Ядерные силы. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
20.  $\alpha$ -распад,
21.  $\beta$ -распад,
22.  $\gamma$ -излучение.
23. Ядерные реакции. Синтезирование трансурановых элементов.
24. Реакция синтеза.
25. Термоядерные реакции.
26. Солнце как термоядерный реактор.
27. Термоядерный взрыв.
28. Проблема осуществления управляемого термоядерного синтеза.
29. Элементарные частицы.

### 3.2. Задания к лабораторным занятиям

Задания на лабораторных занятиях используются для оценки умений по отдельным темам дисциплины. Отчет оценивается в баллах «3», «2», «1» или «0».

Содержание отчета и критерии оценки ответа доводятся до сведения обучающихся в начале занятий. Оценка объявляется непосредственно после сдачи отчета и проверки по выполненному заданию на текущем или следующем занятии.

| Балл | Критерий оценивания для практических заданий (9 семестр)                                                                                                                                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3    | Может самостоятельно выполнить лабораторную работу.<br>Сделать все соответствующие измерения и анализ полученных данных.<br>Может сформировать полный отчет по выполненной лабораторной работе.              |
| 2    | Может выполнить лабораторную работу под частичным контролем преподавателя.<br>Сделать все соответствующие измерения.<br>Может сформировать отчет по выполненной лабораторной работе.                         |
| 1    | Может выполнить лабораторную работу под контролем преподавателя.<br>Сделать все соответствующие измерения при помощи преподавателя.<br>Может сформировать неполный отчет по выполненной лабораторной работе. |
| 0    | Результаты не достигли пороговых критериев.                                                                                                                                                                  |

#### Задания:

1. Изучить перечень предлагаемых лабораторных работ.
2. Ознакомиться с техникой безопасности при работе в лаборатории общей и экспериментальной физики.
3. Подготовиться к выполнению лабораторной работы (проработка темы, конспект, изучение соответствующего оборудования).
4. Выполнение лабораторной работы (исследование, работа с оборудованием, снятие определенных параметров исследуемых объектов).
5. Оформление отчета и анализ результатов.

### 3.3. Вопросы к зачету

#### Рвздел 1-2

1. Предмет механики. Движение, относительность движения. Система отсчета. Материальная точка. Траектория, пройденный путь, вектор перемещения.
2. Равномерное движение. Скорость. Равноускоренное движение. Ускорение и его составляющие.
3. Движение по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь линейных и угловых кинематических величин.
4. Классическая механика. Границы ее применимости. Инерциальные системы отсчета.
5. Первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил. Третий закон Ньютона.
6. Силы в природе. Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес тела. Невесомость. Сила упругости. Закон Гука. Сила трения.
7. Работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергия материальной точки. Закон сохранения полной механической энергии материальной точки.
8. Второе начало термодинамики. Закон возрастания энтропии при неравновесных процессах. Цикл Карно.
9. Отступления реальных газов от законов идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа.

### **Раздел 3-4**

1. Электрический заряд. Дискретность заряда. Элементарный заряд. Закон сохранения электрического заряда.
2. Взаимодействие неподвижных зарядов. Закон Кулона.
3. Электростатическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей. Поле неподвижного точечного заряда. Теорема Гаусса в электростатике.
4. Проводники в электрическом поле. Электрическая емкость уединенного проводника.
5. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
6. Диэлектрики в электрическом поле. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Поляризованность.
7. Вектор электрической индукции. Электрическое смещение. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость.
8. Электрический ток, сила и плотность тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников.
9. Источники тока. Закон Ома для участка, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи.
10. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
11. Опыты Фарадея. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея и правило Ленца. Самоиндукция. Взаимная индукция. ЭДС самоиндукции.

### **Раздел 5**

#### **Вопросы по оптике**

1. Исторический обзор учения о свете. Электромагнитная природа света.
2. Основные световые и энергетические величины и единицы их измерения. Закон освещённости. Приборы для измерения световых величин (люксметры, фотометры).
3. Сложение световых волн. Принцип суперпозиции. Интерференция.
4. Когерентность. Методы наблюдения интерференции в оптике (метод Юнга, бизеркало и бипризма Френеля, билинза, зеркало Ллойда).
5. Двухлучевая интерференция, возникающая при отражении и прохождении света в тонких плёнках и пластинках.

6. Полосы равной толщины и равного наклона. Кольца Ньютона. Применение интерференции в науке и технике (интерферометры, интерференционные фильтры, просветление оптики).
7. Явление дифракции света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Метод зон Френеля. Зонные и фазовые пластины.
8. Дифракция Френеля на круглом экране, отверстии и на краю полуплоскости.
9. Аберрации оптических систем (сферическая и хроматическая, астигматизм, кома, дисторсия). Методы устранения недостатков оптических систем.
10. Оптические приборы (лупа, микроскоп, телескоп, фотоаппарат, проектор).

### **Вопросы по квантовой физике**

1. Тепловое излучение. Величины характеризующие тепловое излучение. (Энергетическая светимость, спектральная плотность энергетической светимости, поглощательная способность тел). Абсолютно черное тело.
2. Результаты экспериментальных исследований распределения энергии в спектрах теплового излучения.
3. Законы теплового излучения (правило Прево, закон Кирхгофа, закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина).
4. Формулы, описывающие тепловое излучение на основе классических представлений и их противоречие с экспериментом (ультрафиолетовая катастрофа).
5. Гипотеза о квантовании излучения и формула Планка.
6. Формула Планка и законы теплового излучения.
7. Использование фотоэффекта. Фотоэлементы, фото умножители, электронно-оптические преобразователи, применение этих приборов.
8. Давление света. Объяснение давления света с позиций волновой и квантовой природы света. Опыты Лебедева по измерению давления света.
9. Рентгеновское излучение. Тормозное и характеристическое излучение и их спектры.
10. Рассеяние рентгеновских лучей. Эффект Комптона. Элементарная теория эффекта Комптона.
11. Применение рентгеновских лучей.
12. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства микрочастиц.
13. Опыты по дифракции электронов.
14. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
15. Волновая функция. Уравнение Шредингера.
16. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора.
17. Туннельный эффект.
21. Атомная модель Томсона.
22. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Планетарная модель атома.
23. Недостатки планетарной модели. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.
24. Теория Бора для атома водорода и водородоподобных ионов.
25. Объяснение теорией Бора спектральных закономерностей атома водорода.
26. Недостатки теории Бора.
27. Квантование энергии. Момент импульса и проекции момента импульса. Квантовые числа.
28. Контактные явления в полупроводниках, р-п переход. Полупроводниковые приборы.
29. Квантовые явления при низких температурах. Сверхпроводимость. Сверхтекучесть.

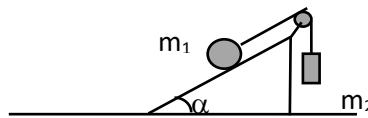
- 30 Экспериментальные методы ядерной физики (счетчики частиц, трековые камеры, масспектрометры, ускорители заряженных частиц).
- 31 Атомное ядро. Состав и характеристики атомных ядер.
- 32 Ядерные силы. Энергия связи ядра.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ**  
**ФИЗИКА**  
**Закрытая часть**

**Контрольная работа «Механика»**

Вариант 1

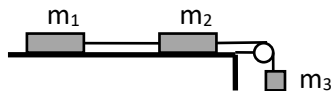
1. Два тела брошены одновременно и горизонтально в противоположные стороны со скоростями 8 м/с и 2 м/с. Через какое время векторы скоростей тел будут взаимно перпендикулярны
2. Определить ускорение грузов, если их масса  $m_1$  и  $m_2$ , коэффициент трения  $m_1$  о наклонную плоскость  $\mu$ , угол наклона равен  $\alpha$ .



3. Определить количество тепла, выделившегося при неупругом столкновении шаров массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 4$  кг. Первый шар до столкновения имела скорость 6 м/с, а второй покоился.
4. На однородный сплошной цилиндр радиуса  $R = 0,5$  м намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой  $m = 6,4$  кг. Груз опускается вниз с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Определить момент инерции вала.
5. Истолкуйте выражение: "Гравитационная сила - потенциальная сила"

Вариант 2

1. Тело брошено горизонтально со скоростью  $v_0 = 15$  м/с. Определить радиус кривизны траектории в точке, где тело окажется через 2 с.
2. Определить силу натяжения нитей между всеми грузами и ускорение грузов, если масса грузов  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  и коэффициент трения между грузами  $m_1$ ,  $m_2$  и столом одинаков и равен  $\mu$ .



3. Определить конечную кинетическую энергию материальной точки массой 2 кг, если на неё действует результирующая сила 10 Н в течение 2 с. Начальная скорость материальной точки равна 2 м/с. Определить работу силы за это время.
4. Маховик с моментом инерции  $J = 150 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  вращается с частотой  $n = 4$  об/с. Определить момент силы торможения и число оборотов до остановки, если маховик останавливается через 1 мин после начала действия момента силы торможения.
5. Истолкуйте выражение: "Сила трения не является потенциальной силой".

Вариант 3

1. Тело брошено под некоторым углом к горизонту со скоростью  $v_0 = 20$  м/с. На какой высоте  $h$  кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии?
2. Два груза массами 10 кг и 15 кг подвешены на нитях, длина которых 2 м, так, что грузы соприкасаются. Меньший по массе груз отклонен на  $60^\circ$  и отпущен. Считая удар неупругим, определить, на какую высоту поднимутся грузы после удара.
3. Определить вес летчика массой 70 кг в верхней точке траектории самолета, описывающего мертвую петлю радиуса 500 м. Скорость самолета в верхней точке 720 км/ч.

4. Момент инерции неподвижного блока  $J = 9 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Через блок перекинута легкая нить, к которой привязаны грузы массами 0,4 кг и 0,8 кг. Определить ускорения грузов, если радиус блока 3 см.

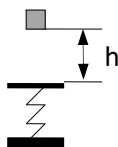
5. К какой группе законов механики - основных или дедуктивных следствий - следует отнести уравнение Бернулли, описывающее ламинарное течение несжимаемой жидкости, и почему?

#### Вариант 4

1. Тело брошено под некоторым углом к горизонту со скоростью  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ . На какой высоте  $h$  кинетическая энергия тела будет равна его потенциальной энергии?

2. Первую половину пути тело перемещалось со скоростью 10 м/с, вторую - со скоростью 15 м/с. Определить среднюю путевую скорость тела на всем пути.

3. Груз массой  $m = 10 \text{ кг}$  падает с высоты  $h = 0,5 \text{ м}$  на платформу, закрепленную пружиной с жесткостью  $k = 3000 \text{ Н/м}$ . Груз после соприкосновения с платформой неподвижен относительно платформы. Массой платформы и пружины пренебречь. Определить наибольшее сжатие пружины  $\Delta x$ .



4. К ободу однородного сплошного диска радиуса  $R = 0,5 \text{ м}$  приложена постоянная касательная сила  $F = 100 \text{ Н}$ . Кроме того, на диск действует момент силы трения равный  $M_{\text{тр.}} = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Определить массу диска  $m$ , если ускорение диска равно  $\beta = 16 \text{ рад/с}^2$ .

5. Обоснуйте 3-ий закон Ньютона исходя из свойств симметрии пространства.

### **Контрольная работа «Молекулярная физика»**

#### **Контрольная работа №1**

##### Вариант 1

1. Какая масса воздуха  $m$  выйдет из комнаты объёмом  $V = 60 \text{ м}^3$  при повышении температуры от  $T_1 = 280 \text{ К}$  до  $T_2 = 300 \text{ К}$  при нормальном давлении?

2. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление газа увеличилось на 25%. Во сколько раз при этом изменился объём?

3. Какой ёмкости нужен баллон для содержания в нём 50 моль газа, если при максимальной температуре 360 К давление не должно превышать 6 МПа?

##### Вариант 2

1. Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой площадью сечения  $2,5 \text{ см}^2$ . До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, 12 Н? Первоначальное давление воздуха в бутылке и наружное давление одинаковы и равны 100 кПа, а начальная температура равна  $-30^\circ\text{C}$ .

2. Закрытый цилиндрический сосуд высотой  $h$  разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в  $n$  раз больше, чем в другой. На сколько передвинется поршень, если снять стопор?

3. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода ( $\text{H}_2$ ) и углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). Какой из газов и во сколько раз производит большее давление на стенки баллона?

#### **Контрольная работа №2**

##### Вариант 1

1. Оценить диаметр молекулы ртути ( $\rho = 13,6 \text{ г/см}^3$ ,  $A = 201$ )

2. Определить плотность смеси газов, состоящая из 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 280 К. Давление смеси  $10^5$  Па.
3. Насколько изменится внутренняя энергия одного моля гелия в процессе изобарического расширения, если ему сообщили  $Q = 10^3$  Дж тепла? Чему равна работа, совершенная гелием?
4. Определить КПД тепловой машины, рабочим телом которой является 1 моль одноатомного идеального газа, в цикле состоящего из адиабатического расширения 1-2, изотермического сжатия 2-3 и изохорического процесса 3-1. Работа, совершенная над газом в изотермическом процессе, равна  $A$ . Разность максимальной и минимальной температур в цикле равна  $\Delta T$ .
5. Сосуд, разделен перегородкой. В одной части находится идеальный газ, в другой вакуум. Как изменится температура газа, если убрать перегородку? Сосуд теплоизолированный.

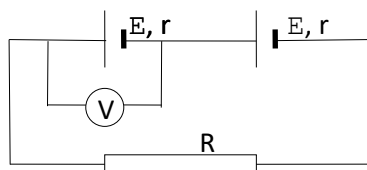
### Вариант 2

1. Оценить размер молекулы воды ( $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>,  $A = 18$ ).
2. В сосуде находится смесь из 1 моля неона и 2 молей водорода. При  $T_1 = 300$  К водород молекулярный и давление в сосуде  $p_1 = 10^5$  Па. При  $T_2 = 3000$  К давление возросло до  $p_2 = 1,5 \cdot 10^6$  Па. Какая часть молекул водорода диссоциировала?
3. Тепловая машина работает по циклу, состоящего из изотермического расширения 1-2, изохоры 2-3 и адиабатического сжатия 3-1. Рабочим телом является 1 моль одноатомного идеального газа, а разность максимальной и минимальной температур в цикле равна  $\Delta T$ . КПД цикла равен  $\eta$ . Найти работу в изотермическом процессе.
4. Найти молярную теплоемкость идеального газа, расширяющегося по закону  $p = \alpha V$ , где  $\alpha$  - постоянная.
5. Качественно обоснуйте то обстоятельство, что КПД даже идеальной машины меньше единицы.

## Контрольная работа «Электромагнетизм»

### Вариант 1

1. Плоскость заряжена с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = \text{Кл/м}^2$ . Определить силу, действующую на заряд  $q = 10^{-7}$  Кл, находящийся над поверхностью.
2. Найти ток через резистор  $R = 10$  Ом и показание идеального вольтметра, если  $E = 12$  В,  $r = 3$  Ом.

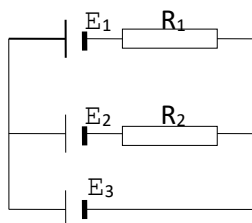


3. Определить индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной  $\ell = 10$  см и по которой течет ток  $I = 2$  А.
4. В однородном магнитном поле с индукцией 0,5 Тл равномерно вращается проволочная рамка с частотой  $n = 10$  об/с. Площадь рамки  $100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения рамки перпендикулярна силовым линиям индукции магнитного поля. Определить максимальную ЭДС, индуцированную в рамке.
5. Электрон влетает со скоростью  $v$  в пространство между обкладками конденсатора перпендикулярно силовым линиям напряженности поля. Поверхностная плотность заряда на обкладках  $\sigma$ . Определить угол по отношению к силовым линиям, под которым электрон вылетит из конденсатора. Краевым эффектом на границе обкладок конденсатора пренебречь.

### Вариант 2

1. Нить заряжена с линейной плотностью заряда  $\lambda = 10^{-8}$  Кл/м. Определить силу, действующую на точечный заряд  $q = 10^{-7}$  Кл, находящийся на расстоянии  $r = 1$  м от нити.

2. Три источника питания с ЭДС  $E_1 = 11$  В,  $E_2 = 4$  В,  $E_3 = 6$  В и два реостата  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом соединены как показано на рисунке. Определить токи в реостатах.



3. Определить индукцию магнитного поля на оси проволочного кольца на расстоянии  $h = 3$  см от центра кольца. По кольцу течет электрический ток  $I = 1$  А, радиус кольца  $R = 4$  см.

4. В скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля влетает заряженная частица перпендикулярно силовым линиям полей со скоростью  $v = 10^3$  м/с. Определить напряженность электрического поля, если индукция магнитного поля  $B = 1$  Тл, а траекторией частицы является прямая линия.

5. Прямоугольная проволочная рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле с частотой 10 об/с. Амплитудное значение ЭДС в рамке 1 В. Определить максимальный поток магнитной индукции через рамку.

### Контрольная работа «Оптика»

#### Вариант 1

1. Стол может быть освещен настольной лампой с силой света 100 кд или лампой, подвешенной на потолке с силой света 300 кд. Какая лампа создает большую освещенность стола, если от ламп свет падает перпендикулярно столу. Расстояние ламп до стола соответственно 0,5 м и 2 м.

2. Кольца Ньютона от источника монохроматического света наблюдаются в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны соответственно 4,00 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы равен 6,4 м. Найти порядковый номер колеи и длину волны света.

3. Определить угловую дисперсию дифракционной решетки для света длиной волны 580 нм в спектре первого порядка. Постоянная решетки  $2,5 \cdot 10^{-6}$  м.

4. Сколько максимумов дает дифракционная решетка с постоянной, равно  $10^{-5}$  м в красном свете ( $\lambda = 680$  нм).

#### Вариант 2

1. Источник света создает полный световой поток 1254 люмен. Определить освещенность круга радиусом 1 м. Какова сила света источника?

2. Белый свет падает параллельным пучком на стеклянный клин с углом  $20''$  перпендикулярно плоскости грани. Какое расстояние между красной и фиолетовой полосами одного и того же максимума?

3. Какую постоянную имеет решетка, если линия с длиной волны  $\lambda = 546,1$  нм наблюдается под углом  $19,1^\circ$  в спектре первого порядка.

4. Сможет ли разрешить дифракционная решетка дублет ( $\Delta\lambda = 0,2$  нм) в желтой части спектра ( $\lambda = 600$  нм), если постоянная решетки равна  $2 \cdot 10^{-6}$  м, а ширина решетки 3 см?

### Контрольная работа «Квантовая физика»

#### Вариант 1

1. Поток энергии излучается из смотрового окошка плавильной печи и равен 34 Вт. Площадь окошка 6 см<sup>2</sup>. Определить температуру печи.

2. На цинковую пластину падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 220$  нм. Определить максимальную скорость фотоэлектронов. Работа выхода  $A = 6,4 \cdot 10^{-19}$  Дж.
3. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм ?
4. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц выбрасывается при превращении ядра урана  $U_{92}^{233}$  в висмут  $Bi_{83}^{209}$  ?

#### Вариант 2

1. На поверхность лития падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 310$  нм. Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов не менее 1,7 В. Определить работу выхода электрона.
2. Электрон движется по окружности радиуса  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8 \cdot 10^{-3}$  Тл. Определить длину волны де Бройля.
3. На какую длину волны  $\lambda_{\max}$  приходится максимум излучательной способности абсолютно черного тела, если его энергетическая светимость  $R^* = 250$  кВт/м<sup>2</sup>  
{ $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$  м·К,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>)}
4. Определить пределы, в которых находится энергия фотонов видимой части спектра.

**ТЕСТ ПО МЕХАНИКЕ**

**1. Стенка движется со скоростью  $V$ . Навстречу ей со скоростью  $u$  движется шарик. С какой скоростью отскочит шарик в результате абсолютно упругого столкновения со стенкой:**

- 1.1.  $2u + V$
- 1.2.  $u + 2V$
- 1.3.  $2u + 2V$
- 1.4.  $u + V$

**2. Человек переходит с одного конца лодки длины  $L$  на другой. На сколько сместится лодка относительно берега, если масса лодки равна массе человека:**

- 2.1.  $L$
- 2.2.  $L/2$
- 2.3.  $L/3$
- 2.4.  $L/4$

**3. Космический корабль движется со скоростью  $V$ . Скорость истечения газов относительно корабля -  $u$ . Расход топлива -  $\mu$ . Какова сила тяги двигателя?**

- 3.1.  $\mu(u+V)$
- 3.2.  $\mu(u-V)$
- 3.3.  $\mu u$
- 3.4.  $\mu(dV/dt)$

**4. Какое тело скатится с горки быстрее: полая сфера или шар.**

- 4.1. Полая сфера
- 4.2. Шар
- 4.3. Одинаково
- 4.4. Зависит от толщины стенки сферы

**5. Какое из утверждений ниже является ложным:**

- 5.1. Гравитационное поле внутри полой сферы равно нулю.
- 5.2. Две сферы притягиваются друг к другу так, как если бы их массы были сосредоточены в центре сфер.
- 5.3. Если внутри однородного шара имеется сферическая полость, центр которой не совпадает с центром шара, то гравитационное поле внутри такой полости будет однородным.
- 5.4. Напряжённость гравитационного поля внутри сплошного шара квадратично зависит от расстояния до его центра.

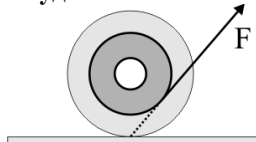
**6. Какое из приведённых ниже уравнений вращательного движения тела записано неверно ( $M$ -момент силы,  $N$ -момент импульса,  $I$ -момент инерции,  $E$ -вращательная энергия):**

- 6.1.  $M = I(d\omega/dt)$
- 6.2.  $dN/dt = M$
- 6.3.  $N = I\omega$
- 6.4.  $M = I(d^2\omega/dt^2)$
- 6.5.  $E = I\omega^2/2$

**7. Каков момент инерции кольца массы  $m$  и радиуса  $R$  относительно оси, лежащей в плоскости кольца и проходящей через его диаметр:**

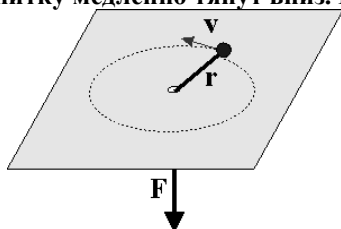
- 7.1.  $mR^2$
- 7.2.  $2mR^2$
- 7.3.  $mR^2/2$
- 7.4.  $mR^2/4$

**8. Куда покатится катушка, если потянуть за нитку, как показано на рисунке ниже:**



- 8.1. Вправо
- 8.2. Влево
- 8.3. Будет вращаться на месте
- 8.4. Возникнут колебания.

**9. Небольшое тело привязано к нитке, продетой через отверстие в гладком горизонтальном столе, как показано на рисунке ниже. Тело вращается со скоростью  $v$  на расстоянии  $r$  от отверстия и одновременно нитку медленно тянут вниз. Как зависит скорость тела  $v$  от радиуса  $r$ :**



- 9.1.  $v \sim 1/r$
- 9.2.  $v \sim 1/r^2$
- 9.3.  $v \sim r^{1/2}$
- 9.4.  $v$  не зависит от  $r$

**10. Небольшой лёгкий шарик упруго ударяется о массивный неподвижный шар и отскакивает под углом  $90^\circ$  к направлению своего первоначального движения. Под каким углом к направлению начального движения лёгкого шарика будет двигаться массивный шар, если трения между шарами в момент удара нет?**

- 10.1.  $0^\circ$   
 10.2.  $90^\circ$   
 10.3.  $45^\circ$   
 10.4. Тяжёлый шар не будет двигаться

**11. Какое из приведённых ниже утверждений не является Законом Кеплера:**

- 11.1. Каждая планета движется по эллипсу, в одном из фокусов которого расположено Солнце.  
 11.2. Ускорение каждой из планет обратно пропорционально её расстоянию до Солнца.  
 11.3. Радиус-вектор планеты в равные промежутки времени описывает равные площади.  
 11.4. Квадраты времён обращений планет относятся как кубы больших осей эллиптических орбит, по которым они движутся вокруг Солнца.

**12. Какое из утверждений ниже неправильное:**

- 12.1. Кинетическая энергия системы материальных точек равна сумме кинетической энергии поступательного движения их общего центра масс и кинетической энергии их относительного движения в системе отсчёта, связанной с центром масс.  
 12.2. Работа гравитационных сил не зависит от пути перехода системы из начального состояния в конечное - она определяется исключительно самими конфигурациями начального и конечного состояния.  
 12.3. Момент инерции тела относительно какой-либо оси равен моменту инерции его относительно параллельной оси, проходящей через центр масс, плюс  $ma^2$ , где  $a$  - расстояние между осями.  
 12.4. Два события, происходящие одновременно в двух разных точках неподвижной системы отсчёта, будут происходить одновременно и в системе отсчёта, движущейся относительно первой, с какой бы скоростью она не двигалась.

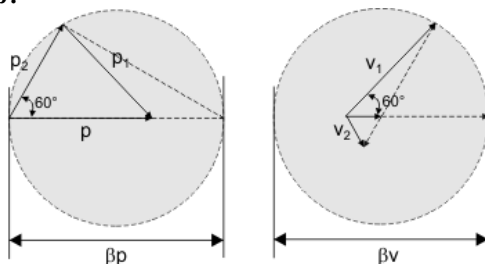
**13. Какая из формул НЕ работает для ультрарелятивистской частицы ( $E$  - полная энергия частицы,  $p$  - импульс частицы,  $m$  - масса покоя):**

- 13.1.  $E = mc^2 + mv^2/2$   
 13.2.  $E^2 = (mc^2)^2 + p^2c^2$   
 13.3.  $E = mc^2/(1-v^2/c^2)^{1/2}$   
 13.4.  $p = mv/(1-v^2/c^2)^{1/2}$

**14. Обруч радиуса  $R$  и массой  $m$ , раскрученный до угловой скорости  $\omega_0$ , поставили на землю. Требуется найти скорость обруча  $v$ , с которой он покатится, когда проскальзывание прекратится. Какое из уравнений позволяет это сделать?**

- 14.1.  $I\omega_0^2/2 = I\omega^2/2 + mv^2/2$   
 14.2.  $I\omega_0 = I\omega + mvR$   
 14.3.  $I\omega_0^2/2 = mv^2/2$   
 14.4.  $I\omega_0 = mvR$

**15. Шар массой  $m_1$ , летящий со скоростью  $v$ , упруго ударяется о покоящийся шар, масса которого  $m_2=3m_1$ . Найти скорости шаров после удара, если в момент столкновения угол между линией, соединяющей центры шаров, и скоростью налетающего шара до удара равен  $60^\circ$ . Эту задачу удобно решать одним из двух графических способов, изображённых на рисунке выше. Чему в этих графических схемах равен параметр  $\beta$ ?**



- 15.1.  $\beta = 2m_1/(m_1+m_2)$   
 15.2.  $\beta = m_2/(m_1+m_2)$   
 15.3.  $\beta = 2m_2/(m_1+m_2)$   
 15.4.  $\beta = m_2/m_1$

**16. Два одинаковых гладких шара испытывают упругий нецентральный удар. Один из шаров до соударения покоился. Определите угол разлёта шаров:**

- 16.1. Это зависит от прицельного параметра  
 16.2.  $45^\circ$   
 16.3.  $90^\circ$   
 16.4.  $180^\circ$

**17. Лазерный луч полностью сфокусирован на пылинке. Мощность лазера подобрана таким образом, что в единицу времени на пылинку падает  $N$  фотонов. В каком случае ускорение пылинки будет максимальным:**

- 17.1. Красный свет лазера полностью поглощается пылинкой

- 17.2. Красный свет лазера полностью отражается пылинкой  
 17.3. Зелёный свет лазера полностью поглощается пылинкой  
 17.4. Зелёный свет лазера полностью отражается пылинкой

**18. В каком из изложенных ниже методов определения добротности резонатора  $Q$  допущена ошибка?**

- 18.1. Добротность показывает во сколько раз запасённая в контуре энергия превосходит среднюю величину энергии, теряемой контуром за время, в течение которого фаза колебаний меняется на 1 радиан  
 18.2.  $Q = \omega_0/\Delta\omega$ , где  $\Delta\omega$  – полная ширина резонансной кривой на уровне, равном половине амплитуды резонансных колебаний.  
 18.3. Амплитуда резонансных колебаний высокодобротного резонатора в  $Q$  раз больше амплитуды колебаний на низких частотах (квазистатика).  
 18.4. Добротность  $Q = \pi/\gamma$ , где  $\gamma = \ln(x_n/x_{n+1})$  – логарифмический декремент затухания.

**19. К чему приводят сила трения, действующая в точке опоры механического волчка**

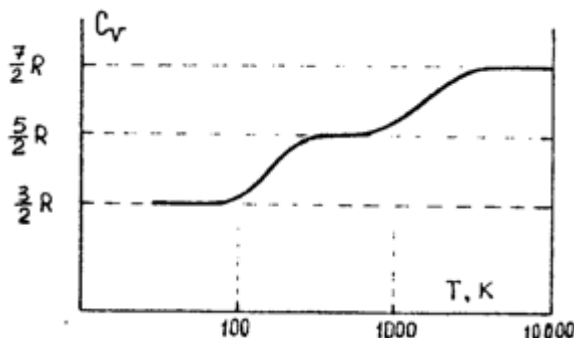
- 19.1. Прецессии оси волчка  
 19.2. Нутации оси волчка  
 19.3. Поднятию оси волчка  
 19.4. Параметрическому движению волчка

**20. При гармонических колебаниях возвращающая сила**

- 20.1. Прямо пропорциональна смещению.  
 20.2. Обратно пропорциональна смещению.  
 20.3. Пропорциональна квадрату смещения.  
 20.4. Не зависит от смещения.

### ТЕСТ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

**1.1. На рисунке показана зависимость теплоёмкости некоторого газа при постоянном объёме от температуры (по данным Дж.Орира). Какой это газ?**

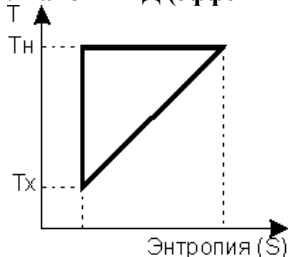


- 1.1. Водород ( $H_2$ )  
 1.2. Гелий ( $He$ )  
 1.3. Метан ( $CH_4$ )  
 1.4. Пары воды ( $H_2O$ )

**2. Каково изменение энтропии  $\Delta S$  моля идеального газа при его адиабатическом расширении в пустоту от объёма  $V_1$  до объёма  $V_2$ ?**

- 2.1.  $\Delta S = 0$   
 2.2.  $\Delta S = R \cdot \ln(V_2/V_1)$   
 2.3.  $\Delta S = R \cdot \ln(V_1/V_2)$   
 2.4.  $\Delta S = R \cdot V_2/V_1$

**3. Каков КПД (эффективность) тепловой машины, работающей по циклу, изображённому на рисунке?**



- 3.1.  $(T_n - T_x)/T_n$   
 3.2.  $(T_n - T_x)/T_x$   
 3.3.  $(T_n - T_x)/2T_n$   
 3.4.  $(T_n - T_x)/2T_x$

**4. Политропическим называется процесс, происходящий при постоянной(ом)**

- 4.1. Температуре  
 4.2. Давлении  
 4.3. Объёме  
 4.4. Теплоёмкости

**5. Указать формулировку третьего начала термодинамики (теорема Нернста)**

- 5.1. Тепло, полученное системой, идёт на приращение её внутренней энергии и на производство внешней работы.  
 5.2. Вне зависимости от начального состояния изолированной системы в конце концов в ней установится термодинамическое равновесие, при котором все части системы будут иметь одинаковую температуру.  
 5.3. Приращение энтропии при абсолютном нуле температуры стремится к конечному пределу, не зависящему от

того, в каком равновесном состоянии находится система

5.4. Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счёт охлаждения теплового резервуара.

6. Функция состояния, приращение которой в квазистатическом процессе при постоянном давлении даёт количество тепла, полученного системой:

6.1. Энтропия

6.2. Энтальпия

6.3. Свободная энергия

6.4. Термодинамический потенциал Гиббса

7. Теплоёмкость идеального одноатомного газа при постоянном давлении равна:

7.1.  $R/2$

7.2.  $R$

7.3.  $3R/2$

7.4.  $5R/2$

8. Какое из уравнение ниже неприменимо для произвольной термодинамической системы в квазистатическом процессе ( $U$  – внутренняя энергия,  $S$  – энтропия):

8.1.  $C_p = T(\partial S/\partial T)_v$

8.2.  $dU = TdS - PdV$

8.3.  $C_p = (\partial U/\partial T)_p + P(\partial V/\partial T)_p$

8.4.  $(\partial U/\partial V)_T = 0$

9. Теплоизолированный сосуд разделён перегородкой на 2 равные части, в которых содержится по  $\frac{1}{2}$  моля разных идеальных газов. Как изменится общая энтропия газов в сосуде, если убрать перегородку, допустив необратимое перемешивание газов?

9.1. Увеличится на  $R \cdot \ln 2$

9.2. Увеличится в 2 раза

9.3. Останется неизменной

9.4. Изменение энтропии в этом процессе неопределенно.

10. Энтропия некоторой термодинамической системы при температуре  $T_0$  равна  $S_0$ . При приближении к абсолютному нулю ( $T \rightarrow 0$ ) приращение энтропии  $S(T) - S_0(T_0)$  стремится:

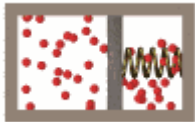
10.1. К нулю

10.2. К некоторому конечному пределу

10.3. Это зависит от конечного состояния, в котором окажется система при абсолютном нуле

10.4. К бесконечности

11. Рассмотрим поршень на пружине, помещённый в газ. Под действием некомпенсированных ударов молекул поршень будет совершать хаотические движения относительно положения равновесия. Какова средняя потенциальная энергия  $\Pi$  поршня, если  $\alpha$  – жёсткость пружины,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура,  $m$  – масса молекулы,  $M$  – масса поршня,  $\hbar$  – постоянная Планка.



11.1.  $\Pi = mkT/M$

11.2.  $\Pi = 3kT/2$

11.3.  $\Pi = kT/2$

11.4.  $\Pi = \frac{1}{2}\hbar \cdot (\alpha/M)^{1/2}$

12. Какая термодинамическая функция остаётся неизменной при дросселировании газа в опыте Джоуля-Томсона?

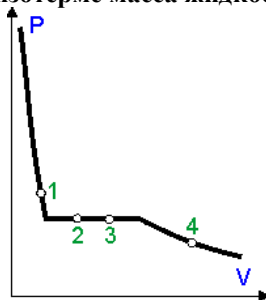
12.1. Энтропия

12.2. Энтальпия

12.3. Свободная энергия

12.4. Термодинамический потенциал Гиббса

13. На рисунке изображена изотерма пара воды, подвергающегося конденсации. В какой из точек на этой изотерме масса жидкости в 2 раза больше массы пара?



13.1. Точка 1

13.2. Точка 2

13.3. Точка 3

13.4. Точка 4

14. Чему равно избыточное давление внутри мыльного пузыря радиуса  $R$ , если поверхностное натяжение мыльного раствора –  $\sigma$ ?

14.1.  $\sigma/R$

- 14.2.  $2\sigma/R$   
 14.3.  $4\sigma/R$   
 14.4.  $4\pi\sigma R^2$

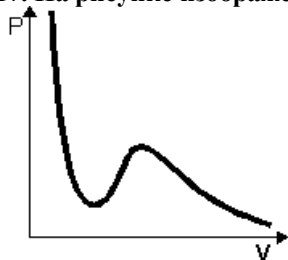
15. Коэффициент полезного действия (эффективность) тепловой машины, работающей по циклу Карно равен

- 15.1.  $T_{\text{хол}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$   
 15.2.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{хол}}$   
 15.3.  $T_{\text{нагр}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$   
 15.4.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{нагр}}$

16. Каким из уравнений ниже описывается изменение давления насыщенного пара от температуры ( $a, b$  – константы газа Ван-дер-Ваальса,  $q$  – удельная теплота испарения,  $v_1, v_2$  – удельные объёмы воды и пара)?

- 16.1.  $\Delta P = C_p \Delta T / (2a/RT - b)$   
 16.2.  $\Delta P = q \Delta T / T(v_1 - v_2)$   
 16.3.  $\Delta P = R \Delta T / (V - b)$   
 16.4.  $\Delta P = R \Delta T / V$

17. На рисунке изображена:



- 17.1. Изотерма газа Ван-дер-Ваальса  
 17.2. Изотерма идеального двухатомного газа  
 17.3. Кривая испарения  
 17.4. Кривая инверсии дифференциального эффекта Джоуля-Томсона  
 17.5. Изотерма реального газа

18. Какое из распределений ниже является распределением Гаусса:

- 18.1.  $W(n) = \langle n \rangle^n e^{-\langle n \rangle} / n!$   
 18.2.  $W(n) = \{1/\sqrt{2\pi D}\} e^{-(n-\langle n \rangle)^2/2D}$   
 18.3.  $W(n) = \{N!/n!(N-n)!\} W^n (1-W)^{N-n}$   
 18.4.  $\langle n_i \rangle = 1/\{e^{(\epsilon_i - \mu)/kT} + 1\}$

19. Кривая 0 соответствует распределению Максвелла молекул воздуха по модулю скорости при  $T=300$  К. Какая из кривых соответствует распределению Максвелла этих же молекул при  $T=600$  К?



- 19.1. Кривая 1 (фиолетовая)  
 19.2. Кривая 2 (зелёная)  
 19.3. Кривая 3 (синяя)  
 19.4. Кривая 4 (красная)

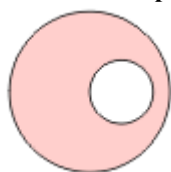
20. На надгробии Л.Больцмана написано:  $S = k \log W$ . Что в этой формуле обозначает  $W$ ?

$S = k \cdot \log W$

- 20.1. Общее число микросостояний, реализующих данное макросостояние термодинамической системы.  
 20.2. Общее число макросостояний, реализующих данное микросостояние термодинамической системы.  
 20.3.  $W$  – суммарная кинетическая энергия частиц термодинамической системы.  
 20.4.  $W = mgh/kT$

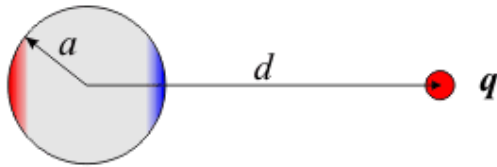
### ТЕСТ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ

1. В шаре, равномерно заряженном электричеством, сделана сферическая полость, центр которой смещён относительно центра шара. Как будет направлено поле внутри полости?



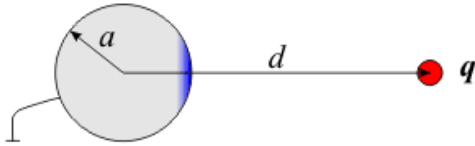
- 1.1. Поле направлено радиально из центра шара.  
 1.2. Поле направлено радиально из центра полости.  
 1.3. Поле в полости равно нулю.  
 1.4. Поле в полости однородное и направлено вдоль прямой, соединяющей центры шара полости.

2. Точечный заряд  $q$  поднесли к уединённому металлическому шару на расстояние  $d$  от его центра. Радиус шара –  $a$ . Чему равен электрический потенциал шара в поле точечного заряда?



- 2.1.  $q/(d-a)$   
 2.2.  $q/a$   
 2.3.  $q/d$   
 2.4. Потенциал равен нулю.

3. Точечный заряд  $q$  поднесли к заземлённому металлическому шару на расстояние  $d$  от его центра. Радиус шара –  $a$ . Чему равна величина заряда, наведённого на шаре?



- 3.1.  $-q$   
 3.2.  $-(a/d)q$   
 3.3.  $-(d/a)q$   
 3.4.  $-(d/a)^2q$

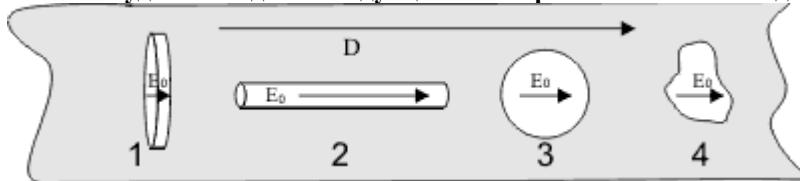
4. Как зависит сила притяжения точечного заряда  $q$  к металлическому шару. Расстояние от заряда до центра сферы равно  $d$ .

- 4.1.  $F \sim q/d^2$   
 4.2.  $F \sim q/d^3$   
 4.3.  $F \sim q/d^4$   
 4.4.  $F \sim q/d^5$

5. Чему равна сила притяжения точечного заряда  $q$  к металлической плоскости, расположенной на расстоянии  $h$  от заряда.

- 5.1.  $q^2/h^2$   
 5.2.  $q^2/(2h)^2$   
 5.3.  $q^2/(4h)^2$   
 5.4. Сила равна нулю.

6. В диэлектрике, помещённом в электрическое поле, сделали небольшую полость и поместили туда электромметр. В каком случае регистрируемая электрометром напряжённость электрического поля  $E_0$  в полости будет совпадать с индукцией электрического поля  $D$  в диэлектрике?



- 6.1. Если полость имеет вид тонкого диска.  
 6.2. Если полость имеет вид узкого канала.  
 6.3. Если полость имеет шарообразную форму.  
 6.4. При любой форме полости.

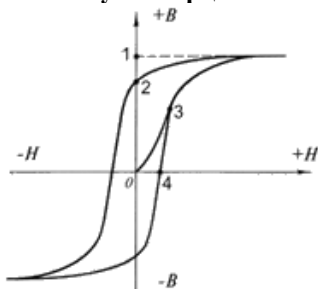
7. Имеется тонкий диск с замороженной электрической поляризацией  $P_0$ , которая направлена перпендикулярно поверхности диска. Чему равна напряжённость электрического поля  $E$  внутри диска?

- 7.1.  $E = 0$   
 7.2.  $E = 2\pi P_0$   
 7.3.  $E = 4\pi P_0$   
 7.4.  $E = -4\pi P_0$

8. Имеется тонкий стержень с замороженной электрической поляризацией  $P_0$ , которая направлена вдоль стержня. Чему равна индукция электрического поля  $D$  внутри стержня ВБЛИЗИ ЕГО ТОРЦА?

- 8.1.  $D = 0$   
 8.2.  $D = 2\pi P_0$   
 8.3.  $D = -2\pi P_0$   
 8.4.  $D = 4\pi P_0$

9. На рисунке ниже изображена петля гистерезиса для ферромагнитного материала. Какая из точек соответствует коэрцитивной силе?



- 9.1. Точка 1.  
 9.2. Точка 2.  
 9.3. Точка 3.  
 9.4. Точка 4.

**10. По бесконечному тонкому и прямому проводнику течёт ток  $I$ . Чему равна напряжённость магнитного поля на расстоянии  $r$  от проводника?**

10.1.  $(4\pi/c) \cdot I/r$

10.2.  $(2/c) \cdot I/r$

10.3.  $(2\pi/c) \cdot I/r$

10.4.  $(2/c) \cdot Ir$

**11. Какое из граничных условий уравнений Максвелла записано НЕВЕРНО?**

11.1.  $E_{2n} - E_{1n} = 4\pi\sigma$

11.2.  $B_{1n} = B_{2n}$

11.3.  $E_{1t} = E_{2t}$

11.4.  $[\mathbf{nH}_2] - [\mathbf{nH}_1] = (4\pi/c) \cdot \mathbf{i}$

**12. Вдоль цилиндрического стержня течёт ток с постоянной плотностью. Как зависит индукция магнитного поля внутри стержня от расстояния до его оси  $r$ ?**

12.1.  $B = \text{const}$

12.2.  $B = 0$

12.3.  $B \sim r^2$

12.4.  $B \sim r$

**13. Чему равен поток вектора магнитной индукции через замкнутую поверхность?**

13.1.  $\oint(\mathbf{BdS}) = 0$

13.2.  $\oint(\mathbf{BdS}) = (4\pi/c) \cdot I$

13.3.  $\oint(\mathbf{BdS}) = (2\pi/c) \cdot I$

13.4.  $\oint(\mathbf{BdS}) = 4\pi q$

**14. Бесконечная тонкая пластина изготовлена из однородного магнита, направление намагниченности  $\mathbf{J}$  которого направлено перпендикулярно плоскости пластины. Чему равна напряжённость магнитного поля  $\mathbf{H}$  внутри пластины?**

14.1.  $\mathbf{H} = 4\pi\mathbf{J}$

14.2.  $\mathbf{H} = -4\pi\mathbf{J}$

14.3.  $\mathbf{H} = (2\pi/c) \cdot \mathbf{J}$

14.4.  $\mathbf{H} = 0$

**15. Бесконечная тонкая пластина изготовлена из однородного магнита, направление намагниченности  $\mathbf{J}$  которого лежит в плоскости пластины. Найти индукцию магнитного поля внутри пластины.**

15.1.  $\mathbf{B} = 4\pi\mathbf{J}$

15.2.  $\mathbf{B} = -4\pi\mathbf{J}$

15.3.  $\mathbf{B} = (2\pi/c) \cdot \mathbf{J}$

15.4.  $\mathbf{B} = 0$

**16. Бесконечная тонкая пластина изготовлена из ферромагнетика с магнитной проницаемостью  $\mu$ . Пластина помещена в однородное магнитное поле  $\mathbf{H}_0$ , направленное перпендикулярно её поверхности. Чему равна напряжённость магнитного поля  $\mathbf{H}$  внутри пластины?**

16.1.  $\mathbf{H} = \mathbf{H}_0$

16.2.  $\mathbf{H} = 0$

16.3.  $\mathbf{H} = \mathbf{H}_0/\mu$

16.4.  $\mathbf{H} = \mu\mathbf{H}_0$

**17. Бесконечный тонкий стержень изготовлен из ферромагнетика с магнитной проницаемостью  $\mu$ . Стержень помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $\mathbf{B}_0$ , направленной вдоль его длины. Чему равна индукция магнитного поля  $\mathbf{B}$  внутри стержня?**

17.1.  $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0$

17.2.  $\mathbf{B} = 0$

17.3.  $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0/\mu$

17.4.  $\mathbf{B} = \mu\mathbf{B}_0$

**18. Имеется тонкий длинный постоянный магнит, намагниченность  $\mathbf{J}$  которого направлена вдоль его оси. Чему равна индукция магнитного поля вблизи его торца?**

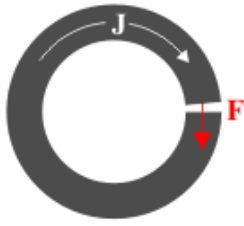
18.1.  $\mathbf{B} = 4\pi\mathbf{J}$

18.2.  $\mathbf{B} = 2\pi\mathbf{J}$

18.3.  $\mathbf{B} = (2\pi/c) \cdot \mathbf{J}$

18.4.  $\mathbf{B} = 0$

**19. Постоянный магнит с намагниченностью  $\mathbf{J}$  согнут в кольцо так, что между полюсами остался узкий зазор. Чему равна сила  $F$ , действующая на торцы магнита в зазоре? Площадь поперечного сечения магнита -  $\sigma$ .**



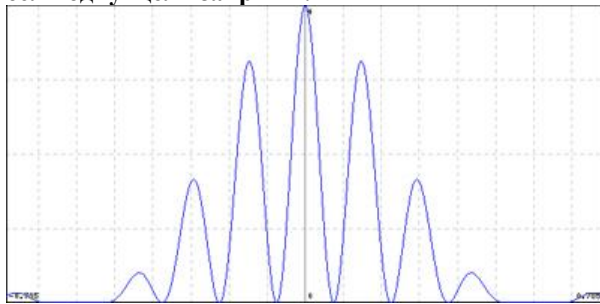
- 19.1.  $4\pi \cdot J^2 \sigma$
- 19.2.  $2J^2 \sigma$
- 19.3.  $2\pi \cdot J^2 \sigma$
- 19.4.  $(2\pi/c) \cdot J \sigma$

18. **Диамагнетизм связан с**

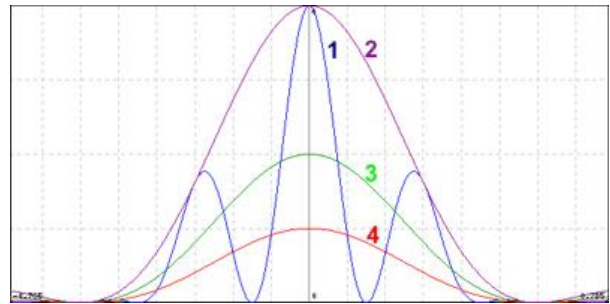
- 20.1. Наличием обменного взаимодействия между элементарными магнитными моментами атомов.
- 20.2. Прецессией внутриатомных электронов в магнитном поле.
- 20.3. Ориентацией магнитных моментов атомов по полю.
- 20.4. Ориентацией магнитных моментов атомов против поля.

### ТЕСТ ПО ОПТИКЕ

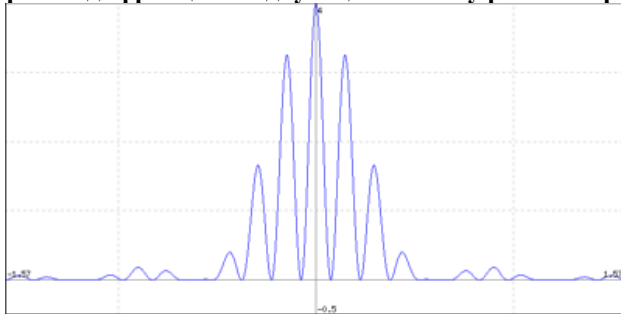
1. На верхнем рисунке изображено распределение интенсивности монохроматического света на удалённом экране при его дифракции на 2-х щелях в опыте Юнга. Каково будет распределение интенсивности света, если одну щель закрыть?



- 1.1. Кривая 1 (синяя)
- 1.2. Кривая 2 (фиолетовая)
- 1.3. Кривая 3 (зелёная)
- 1.4. Кривая 4 (красная)

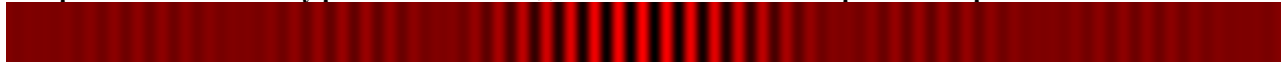


2. На рисунке изображено распределение интенсивности монохроматического света на удалённом экране при его дифракции на двух щелях. Чему равна ширина щелей, если расстояние между ними – 4 мкм?



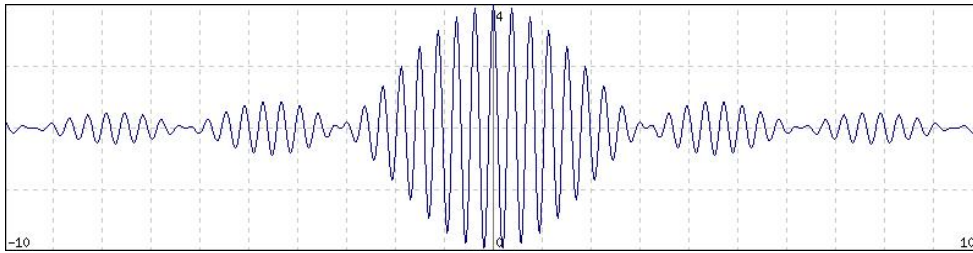
- 2.1. 4 мкм
- 2.2. 2 мкм
- 2.3. 1 мкм
- 2.4. 0,5 мкм

3. На рисунке показаны полосы, получаемые на экране при двухлучевой интерференции частично когерентного света. Чему равно отношение длины волны света к ширине спектральной полосы  $\lambda/\Delta\lambda$ ?



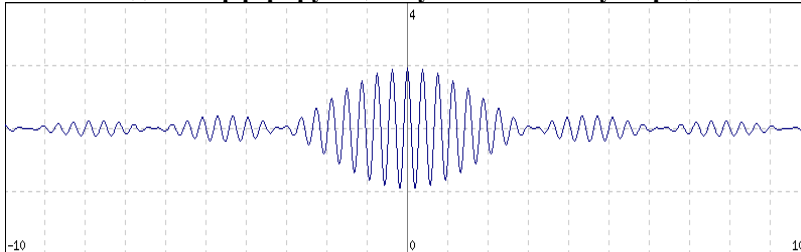
- 3.1.  $\lambda/\Delta\lambda=4$
- 3.2.  $\lambda/\Delta\lambda=8$
- 3.3.  $\lambda/\Delta\lambda=16$
- 3.4.  $\lambda/\Delta\lambda=32$

4. На рисунке изображена зависимость интенсивности интерференционной картины частично когерентного света от разности хода двух интерферирующих лучей. Ширина рисунка соответствует разности хода лучей, изменяющейся от -10 мкм до +10 мкм. Чему равна длина когерентности света?



- 4.1. 0,4 мкм  
4.2. 0,8 мкм  
4.3. 3,1 мкм  
4.4. 6,3 мкм

5. На рисунке изображена зависимость интенсивности света на выходе двулучевого интерферометра от разности хода интерферирующих лучей. Какое из утверждений ниже справедливо?



- 5.1. Источник излучения точечный и монохроматический.  
5.2. Источник точечный, но не монохроматический (его излучение имеет некоторую спектральную ширину).  
5.3. Источник монохроматический, но не точечный.  
5.4. Источник и не точечный, и не монохроматический.

6. Длина волны света – 600 нм. Ширина спектральной полосы – 10 нм. Чему равна длина когерентности света?

- 6.1. 60 нм  
6.2. 36 мкм  
6.3. 360 нм  
6.4. 6 мкм

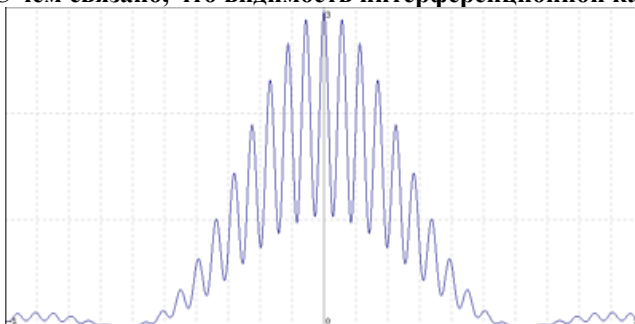
7. Какой источник света обладает наибольшей яркостью?

- 7.1. Лазер мощностью 1 мВт  
7.2. Спираль лампы накаливания мощностью 100 Вт  
7.3. Энергосберегающая лампа дневного света мощностью 30 Вт  
7.4. Ясное дневное небо

8. В опыте Юнга по интерференции света размер источника –  $b$ , расстояние от источника до щелей –  $L$ , размер каждой щели –  $d$ , расстояние от щелей до экрана –  $a$ , длина волны света –  $\lambda$ . При каком расстоянии  $D$  между щелями может наблюдаться интерференция?

- 8.1.  $D < a\lambda/L$   
8.2.  $D < \lambda L/a$   
8.3.  $D < \lambda L/b$   
8.4.  $D < a\lambda/d$

9. На рисунке изображена зависимость интенсивности света на экране в интерференционном опыте Юнга. С чем связано, что видимость интерференционной картины в центре экрана отлична от единицы?



- 9.1. Немонохроматичность света  
9.2. Протяжённость источника света  
9.3. Щели, на которых происходит интерференция, не точечные.  
9.4. Расстояние от щелей до экрана больше длины когерентности.

10. Между точечным источником и точкой наблюдения устанавливают непрозрачный экран, в котором сделано отверстие радиусом в  $\sqrt{2}$  раза меньше радиуса первой зоны Френеля. Как изменится интенсивность света в центре экрана?

- 10.1. Увеличится в  $\sqrt{2}$  раз.  
10.2. Увеличится в 2 раза.  
10.3. Останется неизменной.  
10.4. Уменьшится в 2 раза.

11. Как изменится интенсивность в точке наблюдения, если между точечным источником и экраном поставить непрозрачный диск, закрывающий 1,5 зоны Френеля?

- 11.1. Увеличится в  $\sqrt{2}$  раз.  
11.2. Увеличится в 2 раза.

11.3. Останется неизменной.

11.4. Уменьшится в 2 раза.

**12. Как изменится интенсивность света в центре экрана, если между точечным источником и экраном установливают диск с отверстием, как показано на рисунке? Источник, центр диска и центр экрана лежат на одной прямой. Радиус отверстия равен радиусу 1-ой зоны Френеля, а внешний радиус диска – 2-й зоны Френеля.**



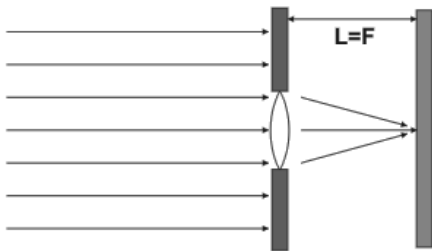
12.1. Увеличится в 4 раза.

12.2. Увеличится в 2 раза.

12.3. Останется неизменной.

12.4. Уменьшится в 2 раза.

**13. На непрозрачную бесконечную пластину перпендикулярно её поверхности падает плоская монохроматическая световая волна. В пластине сделано отверстие размером в одну первую зону Френеля. За пластиной на некотором расстоянии  $L$  параллельно расположен экран. Как изменится АМПЛИТУДА световой волны в центре экрана, если отверстие в пластине закрыть тонкой линзой с фокусным расстоянием  $F$ , равным расстоянию  $L$  от пластины до экрана?**



13.1. Увеличится в 2 раза.

13.2. Увеличится в  $\pi/2$  раз

13.3. Увеличится в  $\sqrt{2}$  раз.

13.4. Останется неизменной.

**14. Как изменится интенсивность света в фокусе линзы, если её диаметр увеличить в 2 раза?**

14.1. Не изменится

14.2. Увеличится в 4 раза

14.3. Увеличится в 8 раз

14.4. Увеличится в 16 раз

**15. Если свет круговой поляризации пропустить через двулучепреломляющую пластинку  $\lambda/4$ , то на выходе будет свет**

15.1. Круговой поляризации

15.2. Линейной поляризации

15.3. Деполяризованный

15.4. Свет полностью поглотится

**16. Чтобы деполяризовать частично монохроматический свет круговой поляризации его нужно**

16.1. Пропустить через пластинку  $\lambda/4$

16.2. Пропустить через толстый двулучепреломляющий кристалл

16.3. Пропустить через поляризатор

16.4. Пропустить через матовую пластинку

**17. Луч света падает на стеклянную пластинку. При угле падения, равному углу Брюстера**

17.1. Преломлённый луч исчезает и остаётся только отражённый

17.2. Преломлённый луч полностью поляризован

17.3. Преломлённый и отражённый лучи перпендикулярны друг другу

17.4. Если в падающем луче вектор электрического поля перпендикулярен плоскости падения, то для такого луча коэффициент отражения равен нулю.

**18. Как изменится ширина полос в опыте Юнга, если одновременно уменьшить в 2 раза расстояние между щелями и увеличить в 2 раза расстояние до экрана.**

18.1. Не изменится

18.2. Увеличится в 2 раза

18.3. Увеличится в 4 раза

18.4. Уменьшится в 4 раза

**19. Дифракцию на двух щелях получили с помощью монохроматического красного света. Как изменится интерференционная картина, если воспользоваться монохроматическим фиолетовым светом?**

19.1. Период интерференционных полос уменьшится

19.2. Период интерференционных полос увеличится

19.3. Период интерференционных полос не изменится

19.4. Изменится количество наблюдаемых полос

**20. В чём состоит недостаток осевой голограммы Габора в отличие от голограммы с боковым (наклонным) опорным пучком?**

- 20.1. Имеются два изображения предмета, которые видны одновременно на фоне паразитной опорной волны
- 20.2. Изображение предмета перевёрнутое
- 20.3. Низкая яркость восстановленного изображения
- 20.4. Зависимость размера изображения от размера голограммы.

**ТЕСТ ПО АТОМНОЙ, ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ И ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**

**1. Эффект Зеемана в сильном магнитном поле будет:**

- 1.1. Сильным
- 1.2. Аномальным
- 1.3. Простым
- 1.4. Сложным

**2. На сколько компонент расщепится в слабом магнитном поле мультиплет с заданным полным моментом  $J$ :**

- 2.1. Не расщепится
- 2.2.  $J+1$
- 2.3.  $2J+1$
- 2.4.  $J$

**3. Эффект Комптона описывает рассеяние**

- 3.1. Фотонов на свободных электронах
- 3.2. Электронов на атомах
- 3.3. Фотонов на ядрах
- 3.4. Фотонов на электронах внутренних оболочек

**4. Фотоэффект состоит в**

- 4.1. Упругом рассеянии фотонов свободными электронами
- 4.2. Поглощении фотона атомом с испусканием электрона
- 4.3. Поглощении фотона атомным ядром
- 4.4. Поглощении фотонов свободными электронами

**5. Какие из перечисленных ниже эффектов могут быть объяснены как с волновой, так и с корпускулярной точки зрения:**

- 5.1. Фотоэффект
- 5.2. Эффект Комптона
- 5.3. Давление света
- 5.4. Интерференция и дифракция света

**6. В опыте Штерна-Герлаха можно использовать пучок**

- 6.1. Электронов
- 6.2. Альфа-частиц
- 6.3. Нейтронов
- 6.4. Фотонов

**7. На сколько подуровней расщепится 3P-уровень Na в сильном магнитном поле:**

- 7.1. На 2 подуровня
- 7.2. На 3 подуровня
- 7.3. На 4 подуровня
- 7.4. На 5 подуровней

**8. Тонкая структура спектральных линий (например дублет Na) объясняется:**

- 8.1. Массой ядра
- 8.2. Спин-орбитальным взаимодействием
- 8.3. Взаимодействием магнитного момента электрона со слабым полем ядра
- 8.4. Взаимодействием электрона с флуктуациями электромагнитного поля.

**9. На сколько компонент расщепится при проведении опыта Штерна-Герлаха пучок атомов водорода:**

- 9.1. Не расщепится
- 9.2. На 2 компоненты
- 9.3. На 3 компоненты
- 9.4. На 5 компонент

**10. Абсолютно чёрная пластинка освещается светом круговой поляризации и испытывает некоторый вращающий момент. Какую пластинку нужно взять, чтобы вращающий момент удвоился:**

- 10.1. Пластинку  $\lambda/4$
- 10.2. Пластинку  $\lambda/2$
- 10.3. Поляризационную пластинку
- 10.4. Прозрачную пластинку

**11. Сколько линий будет наблюдаться в эксперименте Зеемана при расщеплении спектральной линии  ${}^1D_2 \rightarrow {}^1P_1$  в слабом магнитном поле:**

- 11.1. Не будет расщепления
- 11.2. 3 линии
- 11.3. 9 линий
- 11.4. 15 линий

**12. «В любом квантовом состоянии может находиться только один электрон» согласно**

- 12.1. Правилу отбора
- 12.2. Теореме Ферма
- 12.3. Соотношению неопределённостей Гейзенберга
- 12.4. Принципу Паули

**13. В каких из приведенных ниже состояний мультиплетность атома равна 3:**

- 13.1.  $1^3P_1$
- 13.2.  $3^1S_0$
- 13.3.  $2^1D_3$
- 13.4.  $4^2F_{5/2}$

**14. На сколько подуровней расщепится  $3P_{3/2}$ -уровень Na в слабом магнитном поле:**

- 14.1. На 2 подуровня
- 14.2. На 3 подуровня
- 14.3. На 4 подуровня
- 14.4. На 5 подуровней

**15. Уравнение Шредингера для стационарных состояний:**

15.1. 
$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi$$

15.2. 
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U\Psi = E_0 \Psi$$

15.3. 
$$\hat{E}\Psi = \hat{H}\Psi$$

15.4. 
$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \Psi = \hat{H}\Psi$$

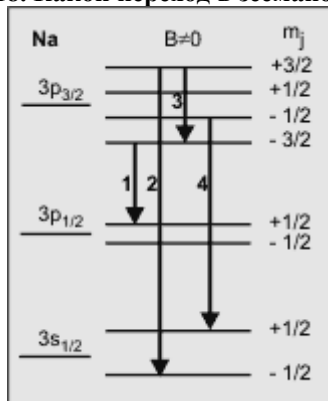
**16. Эффект Зеемана может наблюдаться если:**

- 16.1. Источник света помещён в однородное магнитное поле
- 16.2. Спектральные линии имеют тонкую структуру
- 16.3. Пучок света пропускают через однородное магнитное поле
- 16.4. Пучок атомов пропускают через однородное магнитное поле

**17. Какой переход запрещён правилами отбора:**

- 17.1.  $2p_{3/2} \rightarrow 1s_{1/2}$
- 17.2.  $4d_{5/2} \rightarrow 3p_{3/2}$
- 17.3.  $3d_{3/2} \rightarrow 1p_{1/2}$
- 17.4.  $4d_{5/2} \rightarrow 3p_{1/2}$

**18. Какой переход в зеемановском расщеплении дублета натрия является разрешённым:**



- 18.1. Переход 1
- 18.2. Переход 2
- 18.3. Переход 3
- 18.4. Переход 4

**19. Какая из перечисленных ниже реакций распада невозможна по закону сохранения лептонного заряда**

19.1.  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$

19.2.  $\pi^+ \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$

19.3.  $\mu^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$

19.4.  $\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma$

**20. Какая из перечисленных ниже элементарных частиц является бозоном:**

20.1. Барион

20.2. Лептон

20.3. Кварк

20.4. Мезон