

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Тульский государственный университет

Кафедра физика

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ЕН факультета  
\_\_\_\_\_ Д.М. Левин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2005 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**"Механика"**

Специальность:  
010701 - Физика

Форма обучения (очная)

Тула, 2005

Рабочая программа составлена доцентом каф. физики Семиным В.А.,  
обсуждена на заседании кафедры физики естественнонаучного факультета,  
протокол № 7 от "24" марта 2005 г.

Зав. кафедрой физики

Д.М.Левин

Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании кафедры  
физики естественнонаучного факультета.

протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г.

Зав. кафедрой физики

Д.М.Левин

## I. Цели и задачи изучения дисциплины

Механика является одной из крупных частей курса общей физики. Цель курса: обучение студентов-физиков знаниям и умениям, обеспечивающим базовый уровень фундаментальных знаний для последующего изучения различных разделов теоретической физики, прежде всего теоретической механики, и специальных дисциплин, а также необходимым в практической деятельности.

## II. Содержание дисциплины

### 1. Введение.

1.1. Физика как наука. Методы физики: теория и эксперимент. Физические величины и их измерение. Эталоны. Математика как язык физики.

1.2. Математическое введение в физику .

Векторная алгебра. Скаляры, векторы. Произведения векторов -- скалярное и векторное. Двойное векторное и смешанное произведения. Производная и дифференциал. Геометрический и физический смысл производной. Производная сложной и неявно заданной функций. Понятие частной производной. Примеры. Интегрирование, как задача обратная дифференцированию. Неопределенный интеграл. Первообразная. Методы интегрирования. Определенный интеграл. Задачи, приводящие к вычислению определенного интеграла. Интегральная сумма. Основная теорема. Геометрический смысл. Теорема о среднем.

### 2. Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела.

2.1. **Пространство и время.** Размерность физического пространства. Многомерное пространство. Стрела времени. Движение. Относительность движения. Системы координат и системы отсчета. Синхронизация часов. Абстракции (модели) в физике. Частица (материальная точка) и абсолютно твердое тело. **Кинематика материальной точки.** Радиус - вектор. Траектория частицы. Кривизна траектории. Перемещение и путь. Скорость частицы.

2.2. Ускорение частицы. Нормальное и тангенциальное ускорения. Обратная задача кинематики (вычисление скорости и радиус-вектора по заданному ускорению). Криволинейные системы координат. Пример - полярные координаты. **Кинематика абсолютно твердого тела.** Различные виды движения. Основные: поступательное и вращательное вокруг неподвижной оси. Угловые величины: угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение.

2.3. Связь угловых и линейных величин. Преобразование скоростей и ускорений при переходе от одной системы отсчета к другой. Центробежное и кориолисово ускорение.

### 3. Динамика материальной точки . (Законы Ньютона и их следствия) .

3.1. Закон инерции (1-й закон Ньютона). Инерциальные системы отсчета (ИСО). Классический принцип относительности как основной постулат классической механики. **Преобразования Галилея.** Их следствия. Закон движения (2-й закон Ньютона). Масса как инвариант. Импульс. Законы изменения и сохранения импульса.

3.2. Сила. Виды сил: гравитационная, кулоновская, упругая, силы трения (сухого и вязкого), вес, нормальная реакция опоры. Фундаментальные взаимодействия. Закон взаимодействия (3-й закон Ньютона). Пределы применимости классической механики.

3.3. **Неинерциальные системы отсчета.** Силы инерции при поступательном и вращательном движении системы отсчета (центробежная и кориолисова). Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчета.

3.4. Работа и энергия. Кинетическая энергия частицы. Закон изменения кинетической энергии. Консервативные силы. Потенциальная энергия.

3.5. Силовые потенциальные поля. Частица в силовом поле. Потенциальные кривые. Консервативная сила как градиент потенциальной энергии. Механическая энергия частицы. Неконсервативные и диссипативные силы. Законы изменения и сохранения энергии частицы.

3.6. Момент импульса и закон его изменения. Момент силы. Центральные силы.

### 4. Динамика системы частиц. **Законы сохранения.**

4.1. Системы частиц. Внутренние и внешние силы. Замкнутые и открытые системы. Импульс системы. Законы изменения и сохранения полного импульса системы. Центр масс системы. Закон движения центра масс.

4.2. Движение тел переменной массы. Уравнение Мещерского. Реактивная сила. Скорость истечения продуктов сгорания. Движение ракеты в поле внешних сил и в отсутствии их.

4.3. Потенциальная энергии системы частиц. Собственная и внешняя потенциальные энергии. Кинетическая энергия системы частиц. Механическая энергия системы частиц. Законы изменения и сохранения механической энергии. Момент импульса системы. Законы изменения и сохранения момента импульса.

### 5. Система отсчета, связанная с центром масс (Ц -- система).

Ц-система. Импульс системы частиц в Ц-системе. Переход из лабораторной системы отсчета (Л-системы) в Ц-систему. Система двух частиц. Приведенная масса. Связь между энергиями в Л- и Ц-системах. Кинетическая энергия двух частиц в Ц-системе. Механическая энергия системы частиц в Ц-системе. Собственный момент импульса. Связь между моментами импульса в Л- и Ц-системах. Суммарный момент внешних сил. Уравнение моментов в Ц-системе.

### 6. Динамика абсолютно твердого тела.

6.1. Степени свободы. Основные уравнения динамики твердого тела. Равнодействующая сила. Статика. Условия равновесия системы частиц и твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Вычисление моментов инерции простейших тел. Теорема Штейнера. Уравнение динамики вращения вокруг закрепленной оси. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела. Работа момента силы.

6.2. Плоское движение твердого тела. Уравнения плоского движения. Кинетическая энергия тела. Вращательное движение тела вокруг свободной оси. Понятие о тензоре инерции. Главные оси и главные моменты инерции. Кинетическая энергия тела в этом случае.

6.3. Элементарная теория гироскопа. Прецессия. Гироскопический момент. Гироскоп во вращающейся системе отсчета. Гироскопическая система ориентации.

## 7. Столкновения.

7.1. Динамика парных столкновений. Три типа столкновений. Абсолютно неупругий удар. Сохранение импульса и изменение энергии (в Л-- и Ц--системах). Абсолютно упругий удар. Лобовое столкновение. Частный случай нелобового столкновения. Векторные диаграммы импульсов. Неупругое столкновение в Ц--системе. Порог реакции.

7.2. Понятие о сечении столкновений. Рассеяние частиц на абсолютно твердом шаре.

## 8. Гравитационное поле.

8.1. Напряженность и потенциал гравитационного поля. Силовые линии. Безвихревой характер гравитационного поля. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса и ее применение для вычисления поля однородного шара.

8.2. Потенциальная кривая для гравитационного поля шара. Космические скорости (1-я, 2-я и 3-я).

8.3 Движение частицы в поле центральных сил. Задача Кеплера (без вывода).

## 9. Механические колебания.

9.1. **Колебательное движение.** Гармонические колебания и их кинематические характеристики. Понятие о разложении Фурье. Динамика гармонических колебаний. Пружинный маятник. Физический и математический маятники. Частица в потенциальной яме (малые колебания). Энергия гармонического осциллятора. Средние значения кинетической и потенциальной энергий.

9.2. Затухающие колебания и их характеристики. Логарифмический декремент затухания. Комплексное представление гармонических и затухающих колебаний. Вынужденные колебания. Установление вынужденных колебаний. Установившийся режим.

9.3. Сложение гармонических колебаний. Сложение колебаний одного направления (метод векторных диаграмм). Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Эллиптическая, круговая и линейная поляризация. Фигуры Лиссажу. Резонанс смещений и скоростей. Полуширина резонанса. Добротность. Автоколебания. Параметрический резонанс. Негармонические колебания.

9.4. Колебания связанных систем. Нормальные колебания. Обобщенные координаты. Понятие о лагранжевом методе (уравнения Лагранжа--Эйлера). Примеры связанных систем (симпатические маятники).

## 10. Механика жидкостей и газов.

10.1. Описание движения жидкости и газа. Поле скоростей. Линии и трубки тока. Стационарное и нестационарное течения. Ламинарное и турбулентное течения. Вихри. Уравнение непрерывности (неразрывности).

10.2. Движение идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Давление в текущей невязкой жидкости. Уравнение Бернулли. Гидро- и аэростатика. Распределение давлений в покоящейся жидкости. Закон Паскаля. Выталкивающая сила.

10.3. Роль внутреннего трения (вязкости). Кинематическая и динамическая вязкости. Число Рейнольдса. Уравнение Навье-Стокса. Формула Пуазейля. Силы сопротивления движущемуся телу при ламинарном и турбулентном обтекании.

## 11. Деформации и напряжения в твердых телах.

11.1. Напряжения (нормальные и касательные) и деформации. Виды деформаций (растяжение-сжатие, всестороннее сжатие, изгиб, кручение). Модули упругости для разных видов деформаций. Закон Гука. Энергия упругой деформации.

11.2. Понятие о тензорах напряжений и деформаций. Связь между ними. Скорости распространения упругих возмущений в стержне и в упругой среде.

## 12. Волны в сплошной среде и элементы акустики.

Образование и распространение бегущих волн. Основные понятия: волновой фронт и волновая поверхность, длина волны и волновой вектор, фазовая и групповая скорости волны. Волновая функция и волновое уравнение. Элементы акустики. Скорость распространения волны в газах (без вывода). Распространение волны в струне. Плотность потока энергии в волне. Вектор Умова.

## 13. Основы специальной теории относительности (СТО).

13.1. Постулаты Эйнштейна. Относительность длин и времен. Преобразования Лоренца. (Вывод из постулатов СТО). Кинематические следствия преобразований Лоренца. Лоренцево сокращение длин. Релятивистское замедление времени. Парадокс близнецов.

13.2. Релятивистская теорема сложения скоростей. Релятивистский эффект Доплера. Космологическое красное смещение. Принцип эквивалентности. Гравитационное красное смещение. Гравитационное замедление времени. Понятие об общей теории относительности (ОТО).

13.3. Метрика пространства-времени. Метрический тензор. Эвклидово и неэвклидовы пространства. Интервал и его инвариантность. 4-мир Минковского. 4-радиус-вектор. 4-скорость и 4-ускорение. 4-импульс. Закон движения релятивистской частицы. 4-сила.

13.4. Энергия релятивистской частицы. Кинетическая энергия и энергия покоя. Связь энергии покоя и массы. Связь импульса и энергии в релятивистском случае. Безмассовые частицы. Релятивистские инварианты. Законы сохранения в системе релятивистских частиц. Сохранение энергии и несохранение массы.

### III. Распределение часов по семестрам и видам занятий.

Объем часов, отводимых учебным планом на освоение учебно-программного материала по дисциплине - 235 часа или 6,53 кредита, в том числе:

Семестр	Занятия с преподавателем					Выполнение курсовых заданий	Др. сам. внеауд. раб.	Вид отчетности	
	Аудиторные				Индивидуальные				
	Лекции	Практ. занятия	Лабор. занятия	Итого					
1	72	54	-	126	-	ККР	Курсов. проект	99	Зач., Экз.
Итого по дисц.:	72	54	-	126	-	10	-	99	Экз., зач.

### IV. Темы, выносимые на лекции

№№ лекций	Разделы, подразделы, пункты содержания дисциплины, выносимые на лекции	Примечание
1	1.1, 1.2	
2	2.1	
3	2.2	
4	2.3	
5	3.1	
6	3.2	
7	3.3	
8	3.4	

9	3.5	
10	4.1	
11	4.2	
12	4.3	
13	5	
14	6.1	
15	6.2	
16	6.3	
17	7.1	
18	7.2	
19	7.2	
20	8.1	
21	8.2	
22	8.3	
23	9.1	
24	9.2	
25	9.3	
26	9.4	
27	10.1	
28	10.2	
29	10.3	
30	11.1	
31	11.2	
32	12	
33	13.1	
34	13.2	
35	13.3	
36	13.4	

V. Индивидуальные занятия с преподавателем.

Учебным планом не предусмотрены.

VI. Практические (семинарские) занятия.

№	Тема занятия	Объем в часах
1	Прямая задача кинематики.	2
2	Обратная задача кинематики.	2
3	Криволинейное движение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Радиус кривизны.	2
4	Относительность движения в кинематике.	2
5	Прямая и обратная задачи кинематики при	2



	вращательном движении.	
6	Связь линейных и угловых величин.	2
7	Динамика частицы и поступательного движения твердого тела (уравнения движения).	2
8	Движение тел с переменной массой.	2
9	Силы инерции: переносная, центробежная, кориолисова.	2
10	Вычисление моментов инерции симметричных тел.	2
11	Теорема Штейнера. Теорема для моментов инерции плоских тел.	2
12	Уравнение динамики вращательного движения твердого тела.	2
13	Закон сохранения импульса.	2
14	Закон сохранения энергии.	2
15	Закон сохранения момента импульса. Волчок.	2
16	Центр масс. Использование Ц-системы в законах сохранения. Потенциальные кривые.	2
17	Столкновения	2
18	Собственные колебания системы. Физический, математический и пружинный маятник.	2
19	Затухающие колебания	2
20	Вынужденные колебания. Резонанс.	2
21	Уравнение Лагранжа-Эйлера в колебаниях.	2
22	Звуковые волны в упругой среде. Вектор Умова-Пойнтинга.	2
23	Гидростатика. Гидродинамика. Уравнение Бернулли.	2
24	Деформация твердых тел.	2
25	Преобразование Лоренца, замедление времени, сокращение поперечных размеров, преобразование скоростей при переходе из одной ИСО в другую.	4
26	4-х вектор энергии-импульса. Неупругое столкновение релятивистских частиц.	2
		итого 54

VII. Лабораторные занятия: наименование лабораторных работ и объем в часах.

Учебным планом не предусмотрены.

VIII. Курсовые (домашние) задания: содержание заданий, объем работы, форма представления результатов, объем в часах.

Контрольно-курсовая работа

№	Тема задания	Объем в часах
1	Кинематика - 3 задачи	2
2	Динамика - 4 задачи	2
3	Законы сохранения - 4 задачи	2
4	Колебания - 4 задачи	2
5	Специальная теория относительности - 2 задачи	1
6	Вычисление момента инерции сложного тела- 1 задача	1
		итого 10

Самостоятельное изучение отдельных тем или разделов дисциплины

№	Тема задания	Объем в часах
1	Связь между энергиями в Л- и Ц-системах. Кинетическая энергия двух частиц в Ц-системе. Механическая энергия системы частиц в Ц-системе. Собственный момент импульса. Связь между моментами импульса в Л- и Ц-системах.	10
2	Понятие о тензоре инерции. Главные оси и главные моменты инерции. Кинетическая энергия тела в этом случае.	10
3	Лобовое столкновение. Частный случай нелобового столкновения. Векторные диаграммы импульсов. Неупругое столкновение в Ц--системе. Порог реакции.	10
4	Рассеяние частиц на абсолютно твердом шаре.	8
5	Теорема Гаусса и ее применение для вычисления поля однородного шара.	10
6	Полуширина резонанса. Добротность. Автоколебания. Параметрический резонанс. Негармонические колебания.	8
7	Примеры связанных систем (симпатические маятники).	9
8	Роль внутреннего трения (вязкости). Кинематическая и динамическая вязкости. Число Рейнольдса. Уравнение Навье-Стокса. Формула Пуазейля. Силы сопротивления движущемуся телу при ламинарном и турбулентном обтекании.	12
9	Понятие о тензорах напряжений и деформаций. Связь между ними. Скорости распространение упругих возмущений в стержне и в упругой среде.	10

10	Элементы акустики. Скорость распространения волны в газах (без вывода). Распространение волны в струне. Плотность потока энергии в волне. Вектор Умова.	12
		итого 99

IX. Порядок проведения текущих и промежуточных аттестаций. Шкалы оценок.

Дисциплина состоит из одной части, имеющей отчетность: теоретический курс 1 семестра и контрольно-курсовой работой, общим объемом 235 часов или 6,53 кредита, завершающийся зачетом и экзаменом.

Дисциплина оценивается по 100-бальной системе со следующими диапазонами баллов, соответствующими традиционным оценкам:

Зачет	Не зачтено	Зачтено		
Академическая оценка (по 4-бальной системе)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Бальная оценка (по 100-бальной системе)	От 0 до 39 включительно	От 40 до 60 включительно	От 61 до 80 включительно	От 81 до 100 включительно

Бальная оценка по дисциплине определяется как сумма баллов, набранных студентом в результате работы в семестре (текущая успеваемость) и на экзамене (зачете). Максимальное количество баллов, которое может набрать студент по текущей успеваемости – 60 баллов, а на экзамене или зачете – 40 баллов.

Общий балл по текущей успеваемости складывается из следующих составляющих:

- посещаемость (активность работы на практических занятиях) – 10 баллов;
- текущая аттестация – 50 баллов
- экзаменационная оценка (оценка на зачете) – до 40 баллов.

Допуск к экзамену или зачету производится после выполнения всех предусмотренных учебным планом и настоящей программой работ.

## Х. Библиографический список рекомендуемой литературы.

### Основной

1. Иродов И.Е. Основные законы механики.- изд.3-е. -М.: Высш. шк.,1985.- 248 с.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности.- изд.2-е.- М.:Высш.шк.,1986.- 320 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики, Т.1. Механика.- 2-е изд. - М.:Наука,1979. - 519 с.

### Дополнительный

4. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. - М.: Наука, 1965.- 384 с.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. - изд. 2-е. - М.: Наука, ФМ, 1988. - 416 с.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1-2.- М.: Мир, 1965.- 335 с.
7. Тейлор Э., Уилер Дж. Физика пространства-времени. - М.: Мир, 1971.- 319 с.
8. Орир Дж. Физика, в 2-х томах. Т.1. - М.: Мир, 1981.- 336 с.
9. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика (Берклевский курс физики).- М.: Наука, 1971.- 479 с.
10. Савельев И.В. Курс физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика. - М.: Наука,1989.- 352 с.
11. Ю.А.Пекар, Л.С.Лежнева, Ю.Н.Колмаков, В.А. Семин. Механика и теория относительности. Задачи и методы их решения: Учеб. пособие. Тул.гос.ун-т. Тула, 2003