

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Теория колебаний

**Код модуля**  
1155939(1)

**Модуль**  
Теория колебаний

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Вилицова Елена Анатольевна	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
2	Зырянова Наталья Павловна	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	департамент фундаментальной и прикладной физики
3	Тебеньков Александр Владимирович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

**Авторы:**

- Вилисова Елена Анатольевна, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
- Зырянова Наталья Павловна, Доцент, департамент фундаментальной и прикладной физики
- Тебеньков Александр Владимирович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Теория колебаний**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	2
		Реферат	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Теория колебаний**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования З-1 - Демонстрировать понимание основных закономерностей, законов, теорий математики, их взаимосвязь с другими дисциплинами З-2 - Интерпретировать основные теоретические положения фундаментальных разделов естественных наук, необходимые для освоения	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лекции Практические/семинарские занятия Реферат

	<p>компетенций по профилю деятельности</p> <p>П-1 - Демонстрировать навыки применения простейших математических теорий и моделей для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Демонстрировать навыки использования основных естественнонаучных законов, теорий и принципов в важнейших практических приложениях</p> <p>У-1 - Определять пути решения задач профессиональной деятельности, опираясь на знания основных закономерностей, законов, теории математики</p> <p>У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы</p>	
<p>ПК-1 -Способен использовать знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния</p>	<p>З-1 - Знать основные методы теоретических и экспериментальных физических исследований</p> <p>П-1 - Предлагать использование методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p>	<p>Домашняя работа № 1</p> <p>Домашняя работа № 2</p> <p>Зачет</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Реферат</p>
<p>ПК-2 -Способен создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов физического, математического и алгоритмического моделирования, применимых для формализации и решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Домашняя работа № 1</p> <p>Домашняя работа № 2</p> <p>Зачет</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Реферат</p>

границ применимости моделей	<p>П-1 - Предлагать и разрабатывать методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении поставленных задач в области профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p>	
-----------------------------	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа 1</i>	8,8	50
<i>контрольная работа 2</i>	8,18	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа 1</i>	8,5	40
<i>домашняя работа 2</i>	8,15	40
<i>реферат</i>	8,12	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		

<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.

Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

## **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Малые свободные колебания. Фазовый портрет.
2. Линейные и нелинейные колебательные системы
3. Вынужденные колебания. Силовой резонанс.
4. Параметрические колебания. Параметрический резонанс.
5. Автоколебания.

Примерные задания



**Задача 8.1.** Считая, что в описанных ниже системах нелинейность является слабой, представьте их уравнения движения в форме осциллятора с нелинейностью степени  $n$

$$\ddot{x} + \omega_0^2(x + \mu x^n) = 0$$

Определите в каждом случае константы  $\mu$  и  $n$ .

- Массивное колесо с моментом инерции  $I$  может вращаться вокруг оси, проходящей через центр колеса (рис. 8.1). На ободе колеса укреплен груз массы  $m$  на расстоянии  $R$  от оси.



- Сосуд объемом  $2V_0$  разделен подвижным поршнем площади  $S$  на две равные части (рис. 8.2). Начальное давление газа  $p_0$ . При колебаниях поршня процесс в газе считать адиабатическим. Масса поршня равна  $m$ .

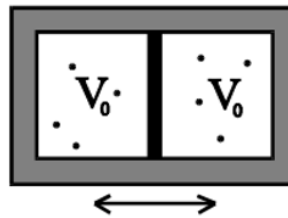


Рис.8.2

- Резиновый жгут натянут с силой  $F$ . Посередине жгута прикреплен шарик массы  $m$  (рис. 8.3). Шарик может совершать лишь поперечные колебания. Жгут подчиняется закону Гука, его длина в ненапрянутом состоянии  $l_0$ , коэффициент жесткости  $k$ . Колебания происходят в невесомости.

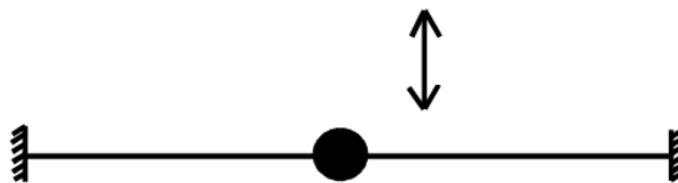


Рис.8.3

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа № 1

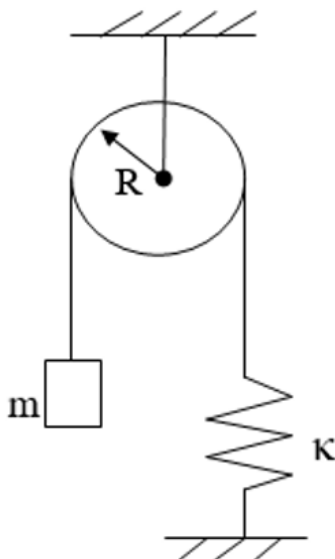
Примерный перечень тем

1. Классификация фазовых портретов и особых точек колебательных систем.
2. Свободные линейные и нелинейные колебания.

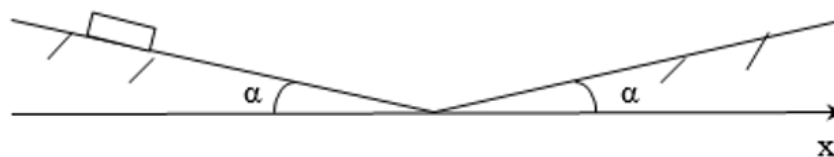
Примерные задания

1. Перечислить общие свойства всех фазовых траекторий.
2. Нарисовать фазовый портрет вблизи особой точки типа "седло".
3. Дать определение особой точки типа "центр".
4. Дать определение изоклины.
5. Записать формулы для логарифмического декремента затуханий и добротности колебательной системы.

1. Найти частоту малых колебаний системы, показанной на рисунке. Известны радиус блока  $R$ , его момент инерции  $I$  относительно оси вращения, масса тела  $m$ , жесткость пружины  $k$ . Массы нити и пружины пренебрежимо малы, нить по блоку не скользит, трения в оси блока нет.



2. Две гладкие наклонные плоскости образуют каждая угол  $\alpha = 20^\circ$  с горизонтом (см. рис.) Небольшое тело совершает периодическое колебательное движение, соскальзывая с одной наклонной плоскости, поднимаясь по другой и двигаясь в обратном направлении. Построить фазовый портрет такой колебательной системы (изобразить 3 фазовые траектории в масштабе на плоскости). Трением пренебречь.



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Вынужденные колебания
2. Параметрические колебания
3. Автоколебания

Примерные задания

1. Перечислить режимы вынужденных колебаний.
2. Сопоставить силовой и параметрический резонанс.

3. Нарисовать амплитудно-частотную характеристику вынужденных колебаний жестко-нелинейной консервативной системы.
4. Перечислить характерные черты автоколебательных систем томсоновского типа.
5. Нарисовать диаграммы областей параметрического резонанса для консервативных и неконсервативных систем.

1. В колебательной системе с собственной частотой  $\omega_0 = 40$  рад/с и с коэффициентом затухания  $\gamma = 8$  1/с совершаются вынужденные колебания. Найти разность фаз  $\varphi_0$  между смещением  $y(t)$  и вынуждающей силой  $F(t)$  при резонансе смещения.
2. Осциллятор совершает вынужденные гармонические колебания. Была построена амплитудно-частотная характеристика скорости  $\dot{y}$  данного осциллятора. Из этой характеристики найдено, что при частотах вынуждающей гармонической силы  $\omega_1$  и  $\omega_2$  амплитуда скорости осциллятора равна половине максимального значения. Найти частоту  $\omega'_{рез.с}$  соответствующую резонансу скорости.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Свободные линейные и нелинейные колебания. Построение фазовых портретов.
2. Вынужденные колебания.

Примерные задания

**Задача 2.1.** Небольшой грузик массы  $m$  прикреплен к концу легкой пружины, вращающейся в невесомости вокруг другого ее конца с угловой скоростью  $\omega$ , и совершает малые радиальные колебания около положения равновесия (рис. 2.10). Длина недеформированной пружины  $l_0$ . Покажите, что в рамках модели линейной пружины с коэффициентом жесткости  $k$  такое поведение системы можно описать лишь при не очень больших значениях частоты вращения. Найдите критическую частоту  $\omega_c$ , при которой линейная модель полностью теряет смысл. Покажите, что учет нелинейности пружины позволяет дать описание поведения системы и при  $\omega \geq \omega_c$ . Считайте, что зависимость упругой силы от деформации имеет вид  $F = kx + cx^3$ , где  $k$  и  $c$  — положительные коэффициенты. (Указание. Определите положение равновесия системы графическим методом.)

**Задача 5.10.** На рис. 5.10 изображена петля сепаратрисы некоторой консервативной системы. Изобразите вид сепаратрисы при включении небольшой диссипации. (Указание. Восстановите вид функции  $U(x)$  и выясните характер движения и его модификацию при включении диссипации для каждой из ветвей сепаратрисы).

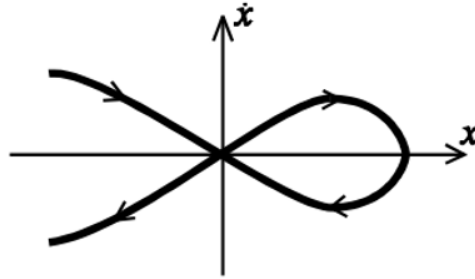


Рис.5.10

3. Осциллятор с собственной частотой  $\omega_0 = 100$  рад/с и добротностью  $Q = 10^4$  испытывает резонансное воздействие вынуждающей гармонической силой. Рассчитать время установления вынужденных колебаний (считая его равным времени релаксации).

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Параметрические колебания
2. Автоколебания

Примерные задания

**Задача 11.2.** Простое механическое устройство, способное генерировать автоколебания [Н.Л. Кайдановский, С.Э. Хайкин, 1933], представляет собой груз массы  $m$ , находящийся на ленте транспортера, которая движется равномерно со скоростью  $V$ . Тело прикреплено к стене пружиной с жесткостью  $k$  (см. рис. 1.8). Сила трения между грузом и лентой зависит от относительной скорости движения  $v$  по закону

$$F(v) = F_1 + \frac{F_2}{1 + v^2/u^2},$$

где  $F_{1,2}$ ,  $u$  — параметры. Покажите, что при определенной скорости ленты  $V$  уравнение движения груза может быть приведено к уравнению Рэлея (11.7). Оцените амплитуду колебаний, при которой справедливо уравнение Рэлея.

**Задача 11.3.** Если провести по струне скрипки смычком, то она зазвучит. Почему? (Указание. Необходимо учесть зависимость силы трения от скорости).

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.5. Реферат

Примерный перечень тем

1. Принципы демпфирования колебаний
2. Теория регистрирующих приборов
3. Разрывные (релаксационные) автоколебания
4. Флаттер крыла самолета
5. Параметрические усилители

6. Вынужденные колебания в распределенных системах. Понятие о фильтрах
7. Применение резонанса в радиотехнике
8. Лазер как распределенная автоколебательная система
9. Звуковые колебания. Акустические спектры

Примерные задания

Задания к теме 2:

1. Сведения о регистрирующих приборах.
2. Квазистатические приборы.
3. Резонансные приборы.
4. Баллистические приборы.
5. Приборы, работающие по принципу сейсмографа.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. Свободные незатухающие колебания. Вывод уравнения линейного гармонического осциллятора. Его решение. Фазовый портрет линейного гармонического осциллятора.
2. Фазовая плоскость, фазовая траектория, фазовый портрет колебательной системы. Особая точка на фазовой плоскости. Классификация особых точек. Типы фазовых портретов для систем с одной степенью свободы.
3. Колебательные системы с «отрицательным трением». Примеры. Возможные фазовые портреты таких систем.
4. Метод возмущений на примере колебательных систем с нелинейной возвращающей силой. Возникновение высших гармоник. Неизохронные системы.
5. Вынужденные колебания в линейных системах. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики. Явление резонанса. Лоренцевый контур.
6. Вынужденные колебания в нелинейных системах. Амплитудно-частотная характеристика для консервативных и неконсервативных систем. Скачки амплитуды. Явление гистерезиса.
7. Параметрические колебания. Параметрический резонанс. Маятник переменной длины. Условия параметрического возбуждения. Уравнение Матье.
8. Амплитудно-частотная характеристика параметрического резонанса. Сопоставить силовое и параметрическое возбуждение колебательной системы, силовой и параметрический резонанс.
9. Механические автоколебательные системы. Условие самовозбуждения колебаний. Фазовый портрет автоколебаний.
10. Электрические автоколебательные системы. Генератор электромагнитных колебаний. Уравнение Ван-дер-Поля и его решение. Условие самовозбуждения. Фазовый портрет.

11. Колебательные системы со многими степенями свободы. Парциальные системы и парциальные частоты. Нормальные колебания и нормальные частоты. Частотное уравнение.

12. Колебательная система с N степенями свободы. Связанные колебания в нагруженной струне. Распределённые колебательные системы. Волновое уравнение. Дисперсионное соотношение.

13. Хаотические колебания. Атракторы. Странный аттрактор. Фрактальные множества, фракталы.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-1	У-1	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Реферат