

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

## **4 Семестр**

### **Раздел 1 Уравнения движения, законы сохранения, одномерное движение, движение в центральном поле**

#### **1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя**

### **Комплект заданий для контрольной работы по дисциплине Теоретическая механика**

Ниже приведен перечень оценочных материалов, используемых при проведении текущего контроля успеваемости студентов.

#### **Контрольная работа №1. Вариант 1.**

1. Написать функцию Лагранжа для двойного плоского маятника.  
Упростить результат в случае, когда одна из масс существенно больше другой.
2. Точка с массой  $m$  движется по поверхности параболоида вращения с вертикальной осью симметрии в поле тяжести.  
(а) Выбрать подходящие обобщенные координаты и написать функцию Лагранжа  
(б) Какие интегралы движения?
3. Какой вид имеют функция Лагранжа и уравнения движения частицы в неинерциальной системе отсчета, которая вращается с постоянной угловой скоростью  $\Omega$  относительно инерциальной системы отсчета
4. При движении в поле  $U(\vec{r}, t)$  сохраняются:  
 $p_x$  и  $M_z$ , (в)  $M_x$  и  $M_y$ . Какие в этих случаях есть ещё интегралы движения?

(Выполняется в течение 80 минут.)

#### **Контрольная работа №1. Вариант 2.**

1. Заряженная частица движется в постоянном и однородном электрическом поле.  
(а) Написать функцию Лагранжа в декартовых и цилиндрических координатах.  
(б) Какие есть интегралы движения?
2. Написать функцию Лагранжа и уравнения движения частицы, находящейся в однородном поле тяжести и свободно скользящей вдоль окружности, которая вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикального диаметра.
3. Какой вид имеют функция Лагранжа и уравнения движения частицы в системе отсчета, которая движется с переменной скоростью  $\vec{V}(t)$  относительно инерциальной системы отсчета.
4. При движении в поле  $U(\vec{r}, t)$  сохраняются:

(а)  $p_x$  и  $p_y$ , (б)  $M_x$  и  $M_y$ . Какие в этих случаях есть ещё интегралы движения?

(Выполняется в течение 80 минут.)

## Тема 2. Движение в центральном поле

### Контрольная работа №2. Вариант 1.

1. При каких значениях момента импульса  $M$  возможно финитное движение в поле

$$U(r) = -(\alpha/r)\exp(-\kappa r), \text{ где константы } \alpha > 0 \text{ и } \kappa > 0.$$

2. Для движения материальной точки массы  $m$  в центральном поле  $U(r) = -\alpha/r^2$  ( $\alpha > 0$ ) при условии  $M^2/2m - \alpha > 0$  найти уравнение траектории  $r(\phi)$ .

Какой вид имеет эта траектория, если  $\alpha = 0$ ?

3. Для движения материальной точки массы  $m$  в центральном поле  $U(r) = br^2$  ( $b > 0$ ) найти период её движения. Каков период радиальных колебаний?

(Выполняется в течение 60 минут)

### Контрольная работа №2. Вариант 2.

1. При каких значениях момента импульса  $M$  возможно финитное движение в поле  $U(r) = -U_0\exp(-\kappa^2 r^2)$ , где константы  $U_0 > 0$  и  $\kappa > 0$ .

2. Для движения материальной точки в центральном поле  $U(r)$  найти точки поворота и объяснить их физический смысл, если  $U(r) = a/r^2 - b/r$ , где константы  $a > 0$ ,  $b > 0$ .

3. Доказать, что траектория движения материальной точки массы  $m$  в центральном поле  $U(r) = br^2$  ( $b > 0$ ) является замкнутой.

Выполняется в течение 60 минут.

## Методика оценки результатов выполнения контрольной работы

При оценке результатов выполнения контрольной работы, учитывается, прежде всего, количество правильно решенных задач. В задачах решенных неправильно может учитываться ход решения.

Критерии оценки, представлены в следующей таблице:

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Пересчет в соответствии с текущим контролем	Максимальный балл – минимальный балл
KP-1 – KP-2	Контрольные работы №1-2	выставляется студенту если 90-100% задач выполнено правильно	23-25	25 – 15

		выставляется студенту если 80-89% задач выполнено правильно	<b>17-22</b>	
		выставляется студенту если 60-79% задач выполнено правильно	<b>15-17</b>	
		при ответе студента менее чем на 60% задач задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе		<b>&lt;15</b>

## **Раздел 2 Рассеяние частиц, малые колебания, гамильтонова механика**

### **2.1 Контроль по итогам (КИ) - 15 Неделя**

#### **Комплект заданий для контрольной работы по дисциплине Теоретическая механика**

Ниже приведен перечень оценочных материалов, используемых при проведении текущего контроля успеваемости студентов.

#### **Тема3. Малые колебания. Рассеяние**

##### **Контрольная работа №3. Вариант 1.**

1. Рассмотреть малые колебания около положения равновесия двойного плоского маятника. Найти собственные частоты и нормальные колебания.
2. На первоначально покоящийся гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega$  действует переменная сила  $f(t) = \frac{f_0}{1 + t^2 / \tau^2}$ .  
(а) Какую энергию будет иметь осциллятор после окончания действия силы?  
(б) Рассмотреть предельные случаи адиабатического и внезапного возмущений.  
(в) Какой вид имеет буквенный критерий этих двух предельных случаев?
3. Найти сечение падения на центр в поле притяжения  $-\alpha / r^3$ .
4. Найти дифференциальное сечение рассеяния частиц в поле отталкивания  $U(r) = \alpha / r^2$ . Вычислить дифференциальное сечение рассеяния на малые углы и сравнить с точным выражением.

(Выполняется в течение 80 минут.)

##### **Контрольная работа №3. Вариант 2.**

1. Рассмотреть малые колебания около положения равновесия частицы, находящейся в однородном поле тяжести и свободно скользящей вдоль окружности, которая вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикального диаметра. Как меняются эти колебания при увеличении угловой скорости вращения?
2. На первоначально покоящийся гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega$  действует переменная сила  $f(t) = \exp(-|t|/\tau)$ .  
(а) Какую энергию будет иметь осциллятор после окончания действия силы?  
(б) Рассмотреть предельные случаи адиабатического и внезапного возмущений.  
(в) Какой вид имеет буквенный критерий этих двух предельных случаев?
3. Найти дифференциальное сечение рассеяния на малые углы в поле отталкивания  $U(r) = \alpha / r^s$ ,  $s > 0$ .
4. Для движения материальной точки массы  $m$  в центральном поле  $U(r) = -\alpha/r^2$  ( $\alpha > 0$ )

при условии  $M^2/2m - \alpha < 0$  и  $E < 0$  найти время падения на центр от точки поворота.

(Выполняется в течение 80 минут.)

#### Тема4. Уравнения Гамильтона

##### Контрольная работа №4. Вариант 1.

1. Вычислить скобки Пуассона для компонент момента импульса частицы.
2. Получить выражение для функции Гамильтона и написать уравнения Гамильтона по заданной функции Лагранжа
$$L = m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2)/2 + a(x\dot{y} - y\dot{x}), \quad a = const.$$
3. Проинтегрировать уравнения Гамильтона, если  $H = p^2q/4 + q$ , а начальные условия имеют вид  $q(t=0) = 1, p(t=0) = 0$ .
4. Найти полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби для свободной частицы.

(Выполняется в течение 80 минут.)

##### Контрольная работа №4. Вариант 2.

1. Вычислить скобки Пуассона для компонент момента импульса и компонент импульса частицы  $\{M_j P_k\}$ .
2. Получить выражение для функции Гамильтона и написать уравнения Гамильтона по заданной функции Лагранжа
$$L = \dot{x}^2/2 - \omega^2x^2/2 + \beta x\dot{x}^2, \quad \beta = const.$$

3. Проинтегрировать уравнения Гамильтона, если  $H = (1 + p_x^2 + p_y^2)^{1/2} + x$ , а начальные условия имеют вид  $x(t=0) = y(t=0) = p_x(t=0) = 0, p_y(t=0) = 1$ .
4. Найти полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби для частицы в поле однородной силы.

(Выполняется в течение 80 минут.)

#### Методика оценки результатов выполнения контрольной работы

При оценке результатов выполнения контрольной работы, учитывается, прежде всего, количество правильно решенных задач. В задачах решенных неправильно может учитываться ход решения.

Критерии оценки, представлены в следующей таблице:

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Пересчет в соответствии	Максимальный балл –
-----	-------------------------	----------	-------------------------	---------------------

			<b>и с текущим контролем</b>	<b>минимальный балл</b>
KP-3 – KP-4	Контрольные работы №1-2	выставляется студенту если 90-100% задач выполнено правильно	<b>23-25</b>	<b>25 – 15</b>
		выставляется студенту если 80-89% задач выполнено правильно	<b>17-22</b>	
		выставляется студенту если 60-79% задач выполнено правильно	<b>15-17</b>	
		при ответе студента менее чем на 60% задач задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течении семестра или на зачетной неделе	<b>&lt;15</b>	

## **4 Семестр**

### **Экзамен**

#### **Промежуточный контроль по дисциплине**

В связи с тем, что практические задачи курса «Теоретическая механика» достаточно подробно изучены и оценены в рамках текущего контроля, на контроль выносятся только теоретические вопросы. В билет включается два теоретических вопроса.

#### **ВОПРОСЫ**

1. Функция Лагранжа механической системы и принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона).
2. Уравнения Лагранжа.
3. Принцип относительности Галилея.  
Функция Лагранжа свободной материальной точки.
4. Функция Лагранжа системы взаимодействующих частиц.  
Функция Лагранжа в декартовых и обобщённых координатах.
5. Однородность времени и закон сохранения энергии.
6. Однородность пространства и закон сохранения импульса.
7. Центр инерции замкнутой механической системы.
8. Изотропность пространства и закон сохранения момента импульса.
9. Общие свойства одномерного движения.
10. Интегрирование уравнения одномерного движения.  
Период финитного движения.
11. Движение двух взаимодействующих частиц.  
Приведение к задаче о движении в центральном поле.
12. Общие закономерности движения в центральном поле:  
интегралы движения и интегрирование уравнений движения,
13. Движение в центральном поле:  
финитное и инфинитное движение, падение на центр.
14. Движение в ньтоновском поле притяжения (задача Кеплера):  
уравнение траектории и классификация орбит,
15. Задача Кеплера: период движения по эллиптической орбите.
16. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.
17. Специфический интеграл движения в кулоновском поле.
18. Кинематика упругого столкновения двух частиц.  
Связь углов рассеяния в лабораторной системе и в системе центра инерции сталкивающихся частиц.
19. Дифференциальное сечение рассеяния частиц.
20. Формула Резерфорда.
21. Малые одномерные колебания.
22. Вынужденные колебания под действием произвольной силы.
23. Вынужденные колебания под действием гармонической силы.  
Резонанс.
24. Малые колебания системы со многими степенями свободы.  
Собственные частоты и нормальные координаты.
25. Уравнения Гамильтона (канонические уравнения).

- Функция Гамильтона.
26. Уравнения Гамильтона и принцип наименьшего действия.
  27. Скобки Пуассона и их свойства.
  28. Скобки Пуассона и интегралы движения,
  29. Теорема Пуассона.
  30. Канонические преобразования.  
Производящие функции и формулы канонических преобразований.
  31. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований.
  32. Фазовое пространство и фазовые траектории.
  33. Инвариантность фазового объема относительно канонических преобразований.  
Теорема Лиувилля.
  34. Действие как функция координат и времени.
  35. Уравнение Гамильтона-Якоби.
  36. Полный интеграл уравнения Гамильтона-Якоби и решение уравнений движения

## Билеты

### БИЛЕТ № 1

1. Формула Резерфорда.
2. Скобки Пуассона и их свойства.

### БИЛЕТ № 2

1. Движение двух взаимодействующих частиц. Приведение к задаче о движении в центральном поле.
2. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований.

### БИЛЕТ № 3

1. Дифференциальное сечение рассеяния частиц.
2. Уравнение Гамильтона-Якоби.

### БИЛЕТ № 4

1. Кинематика упругого столкновения двух частиц. Связь углов рассеяния в лабораторной системе и в системе центра инерции сталкивающихся частиц.
2. Действие как функция координат и времени.

### БИЛЕТ № 5

1. Общие свойства одномерного движения. Интегрирование уравнения одномерного движения. Период финитного движения.
2. Фазовое пространство и фазовые траектории.

## **БИЛЕТ № 7**

1. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.
2. Канонические преобразования и производящие функции.

## **БИЛЕТ № 8**

1. Дифференциальные сечения рассеяния налетающей и покоявшейся частицы в лабораторной системе.
2. Уравнения Гамильтона (канонические уравнения). Функция Гамильтона.

## **БИЛЕТ № 9**

1. Общие закономерности движения в центральном поле. Интегралы движения. Интегрирование уравнений движения.
2. Малые одномерные колебания. Возбуждение осциллятора силой, действующей в конечное время.

## **БИЛЕТ № 10**

1. Однородность пространства и закон сохранения импульса.
2. Малые колебания системы со многими степенями свободы. Собственные частоты и нормальные координаты.

## **БИЛЕТ № 11**

1. Центр инерции замкнутой механической системы.
2. Формула Резерфорда. Рассеяние тождественных частиц.

## **БИЛЕТ № 12**

1. Изотропность пространства и закон сохранения момента импульса.
2. Вынужденные одномерные колебания под действием произвольной силы.

## **БИЛЕТ № 13**

1. Однородность времени и закон сохранения энергии.
2. Вынужденные одномерные колебания под действием гармонической силы. Резонанс.

## **БИЛЕТ № 14**

1. Функция Лагранжа свободной материальной точки. Функция Лагранжа системы взаимодействующих частиц.
2. Движение в ньютоновском поле притяжения. Уравнение траектории и классификация орбит.

## **БИЛЕТ № 15**

1. Принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона). Уравнения Лагранжа.
2. Скобки Пуассона и интегралы движения. Теорема Пуассона.

## **БИЛЕТ № 16**

1. Общие закономерности движения в центральном поле. Финитное и инфинитное движение. Падение на центр.
2. Инвариантность фазового объема относительно канонических преобразований. Теорема Лиувилля.

## **БИЛЕТ № 17**

- 1.Рассеяние в кулоновском поле. Дифференциальные сечения рассеяния налетающей и покившейся частицы в лабораторной системе.
2. Фазовое пространство и фазовые траектории.

## **БИЛЕТ № 18**

1. Движение в ньтоновском поле притяжения (задача Кеплера). Период движения по эллиптической орбите.
2. Уравнение Гамильтона-Якоби.

## **БИЛЕТ № 19**

1. Специфический интеграл движения в кулоновском поле.
2. Полный интеграл уравнения Гамильтона -Якоби и решение уравнений движения.

## **БИЛЕТ № 20**

1. Функция Лагранжа системы взаимодействующих частиц в декартовых и обобщённых координатах.
2. Малые колебания системы со многими степенями свободы. Собственные частоты и нормальные координаты.

## **БИЛЕТ № 21**

1. Однородность времени и закон сохранения энергии.
2. Уравнения Гамильтона и принцип наименьшего действия.

## **БИЛЕТ № 22**

1. Общие закономерности движения в центральном поле. Законы сохранения и интегрирование уравнений движения.
2. Теорема Пуассона.

## **БИЛЕТ № 23**

1. Движение в центральном поле. Падение на центр.
2. Действие как функция координат и времени.

## **БИЛЕТ № 24**

1. Специфический интеграл движения в кулоновском поле.
2. Скобки Пуассона и интегралы движения.

## **БИЛЕТ № 25**

1. Изотропность пространства и закон сохранения момента импульса.
2. Решение задач механики методом Гамильтона-Якоби.

## **БИЛЕТ № 26**

1. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной материальной точки.
2. Инвариантность скобок Пуассона относительно канонических преобразований.

### **Методика оценки результатов сдачи контроля**

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ, с учётом характера будущей практической деятельности выпускника.

**«ОТЛИЧНО»** (45-50 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопрос билета, четко формулирует ответ.

**«ХОРОШО»** (35-44 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценный ответ на вопрос билета.

**«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (30-34 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

**«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»** (ниже 30 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос билета даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D

3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	E
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.