

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО РГАУ)**

**Факультет «Механизация и технический сервис»  
Кафедра «Механика и технические системы»**

# **Решения задач размещены на сайте [zadachi24.ru](http://zadachi24.ru)**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ  
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

студентам 2\* и 2 курсов  
направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия  
профилей «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК»,  
«Электрооборудование и электротехнологии», «Инженерные системы  
водоснабжения и водоотведения в сельском хозяйстве»

Составители: доцент С.В. Горюнов, доцент В.А. Семенов.

УДК 53 (076.75)

Теоретическая механика. Методические указания по изучению дисциплины и задания для контрольной работы/ Рос.гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. С.В. Горюнов, В.А. Семенов. Балашиха, 2017.

Предназначены для студентов 2\* и 2 курсов направления подготовки бакалавров 35.03.06 Агроинженерия.

Утверждены методической комиссией факультета «Механизации и технического сервиса».

Рецензенты: доцент В.Н. Лычкин;  
доцент А.С. Сметнев.

## Раздел 1. ОБЩИЕМЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Теоретическая механика» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной образовательной программы. Методические указания по данной дисциплине составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1172 от «20» октября 2015 года, и рабочими учебными планами, утвержденными Ученым советом РГАЗУ.

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения учебной дисциплины является приобретение студентом необходимого объема фундаментальных знаний в области механического взаимодействия, равновесия и движения материальных тел, на базе которых строится большинство специальных дисциплин инженерно-технического образования.

Задачи курса:

- изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов механики;
- изучение методов применения законов механики к решению конкретных задач по исследованию различных видов движения материальных объектов;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области курса теоретическая механика, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений;
- рассмотрение особенностей приложения методов механики к частным инженерным задачам с учетом будущей специальности.

«Теоретическая механика» - естественнонаучная дисциплина, на которой базируются технические дисциплины «Соппротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования».

### 1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Теоретическая механика» направлен на формирование общекультурных и профессиональных компетенций.

Выпускник должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями (ОПК)**:

- способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-2);
- способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена (ОПК-4);

- способностью проводить и оценивать результаты измерений (ОПК-6).

Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК)**, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа бакалавриата:

**проектная деятельность:**

- способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования (ПК-4).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

– основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твёрдого тела и механической системы;

– методы механики, которые применяются в прикладных дисциплинах;

**уметь:**

– прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач техники;

– самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, квалифицированно применяя при этом аналитические и численные методы исследования и используя возможности современных компьютеров и информационных технологий.

**владеть:**

- навыками расчета элементов на устойчивость.

### 1.3. Библиографический список

#### *Основной*

1. Белов, М.И. Теоретическая механика : учеб.пособие для вузов / М.И.Белов, Б.В.Пылаев. - М. : МСХА, 2011. - 295с.
2. Поляхов, Н.Н. Теоретическая механика : учеб.для бакалавров / Н.Н.Поляхов, С.А.Зегжда, М.П.Юшков;под ред. П.Е.Товстика. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012.
3. Эрдеди, А.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов : учеб.пособие для ссузов. - 8-е изд.,стер. - М. : Академия, 2007.

#### *Дополнительный*

1. Цывильский, В.Л. Теоретическая механика : учеб.для вузов / В.Л.Цывильский. - 3-е изд.,перераб.и доп. - М. : Высш.шк., 2008. - 368с.
2. Чуркин, В.М. Теоретическая механика в решениях задач из сборника И.В.Мещерского : Кинематика / В.М.Чуркин. - М. : Либроком, 2010.
3. Олофинская, В.П. Теоретическая механика : курс лекций:учеб.пособие для ссузов / В.П.Олофинская. - 3-е изд.,испр. - М. : Форум, 2010.
4. Сафонова, Г.Г. Техническая механика : учеб.для ссузов / Г.Г.Сафонова,Т.Ю.Артюховская,Д.А.Ермаков. - М. : ИНФРА-М, 2012. - 319с.

### 1.3. Распределение учебного времени по модулям (разделам) и темам дисциплины

Распределение учебного времени в часах по срокам обучения и видам учебной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение учебного времени в часах по срокам обучения и видам учебной работы

№ п.п	Наименование модуля (раздела) дисциплины	Всего	В том числе		
			лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1. Статика.</b>		<b>45</b>	<b>2,5(2)</b>	<b>3,5 (2)</b>	<b>39(41)</b>
1.1	Тема 1. Основные понятия и аксиомы статики.	15	0,5(0,5)	1(0,5)	13,5(14)
1.2	Тема 2. Произвольная плоская система сил.	15	1(1)	1,5(1)	12,5(13)
1.3	Тема 3. Произвольная пространственная система сил.	15	1(0,5)	1(0,5)	13(14)
<b>Модуль 2. Кинематика.</b>		<b>45</b>	<b>2,5(2)</b>	<b>3,5(2)</b>	<b>39(41)</b>
2.1	Тема 1. Кинематика точки.	20	1(1)	1,5(1)	17,5(18)
2.2	Тема 2. Кинематика твердого тела.	15	1 (0,5)	1,5(1)	12,5(13,5)
2.3	Тема 3. Сложное движение.	10	0,5 (0,5)	0,5(0)	9(9,5)
<b>Модуль 3. Динамика материальной точки.</b>		<b>45</b>	<b>2(1,5)</b>	<b>2(1)</b>	<b>42(42,5)</b>
3.1	Тема 1. Законы и аксиомы динамики материальной точки.	20	1(1)	1(0,5)	18(18,5)
3.2	Тема 2. Элементы теории колебания материальной точки.	10	0,5(0)	0,5(0)	9(10)
3.3	Тема 3. Динамика системы материальных точек.	15	0,5(0,5)	0,5(0,5)	14(14)
<b>Модуль 4. Динамика твердого тела.</b>		<b>45</b>	<b>1(0,5)</b>	<b>1(1)</b>	<b>43(43,5)</b>
4.1	Тема 1. Динамика поступательного и вращательного движения твердого тела.	20	0,5(0,5)	0,5(0,5)	19(19)
4.2	Тема 2. Основные положения аналитической механики.	15	0,3(0)	0,3(0)	14,4(15)
4.3	Тема 3. Элементарная теория удара.	10	0,2(0)	0,2(0,5)	9,6(9,5)
<b>Итого</b>		<b>180</b>	<b>8(6)</b>	<b>10(6)</b>	<b>162(168)</b>

Примечание: В скобках указаны часы для студентов с сокращенным сроком обучения.

## **Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ**

### **2.1. Модуль 1. Статика**

#### **2.1.1. Содержание модуля 1.**

##### **Тема 1. Основные понятия и аксиомы статики.**

Введение. Основные понятия статики: абсолютно твердое тело, материальная точка, механические силы и их свойства, эквивалентные и уравновешенные системы сил, равнодействующая, силы внешние и внутренние. Две задачи статики. Аксиомы статики. Связь и реакции связей. Аксиома об освобождении от связей.

Система сходящихся сил. Теорема о трех силах. Геометрический способ сложения сил. Равнодействующая сходящихся сил. Условие равновесия системы сходящихся сил в геометрической форме. Проекция силы на оси координат. Аналитический способ сложения сил. Аналитические условия равновесия твердого тела под действием системы сходящихся сил.

##### **Тема 2. Произвольная плоская система сил.**

Момент силы относительно центра (точки) как вектор. Алгебраическая величина момента силы. Понятие о паре сил. Момент пары сил как вектор. Условия эквивалентности пар. Условия равновесия системы пар сил на плоскости. Теоремы о парах. Метод Пуансо. Главный вектор и главный момент. Уравнения равновесия тела, находящегося под воздействием плоской системы сил. Три формы уравнений равновесия. Теорема Вариньона.

Теорема о приведении произвольной плоской системы сил к данному центру, главный вектор и главный момент системы сил. Случаи приведения плоской системы сил к одной паре и к равнодействующей. Статически определимые и неопределимые задачи.

Плоские фермы. Методы расчета. Метод вырезания узлов. Метод Риттера. Понятие о линиях влияния опорных реакций и усилий. Равновесие сочлененных тел. Условие равновесия рычага. Условие устойчивости тела на опрокидывание. Кинематический способ определения реакций (принцип возможных перемещений).

Трение скольжения. Основные законы. Способы определения коэффициента трения. Угол трения. Конус трения. Учет сил трения при решении задач на равновесие. Соппротивление при качении.

##### **Тема 3. Произвольная пространственная система сил.**

Момент силы относительно оси; зависимость между моментами силы относительно центра и оси, проходящей через этот центр, формулы для вычисления моментов силы относительно координатных осей. Теоремы о парах. Сложение произвольно расположенных сил в пространстве. Главный

вектор и главный момент. Аналитическое определение главного вектора и главного момента. Уравнения равновесия произвольной пространственной системы сил. Возможные случаи приведения системы. Зависимость главного момента от выбора центра приведения. Инварианты системы. Теоремы Вариньона о моментах равнодействующей для пространственной системы сил.

Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Сложение параллельных сил. Центр параллельных сил. Центр тяжести. Определение положения центра тяжести однородных тел. Центры тяжести простейших фигур. Способы определения положения центров тяжести.

### **2.1.2. Методические указания по изучению модуля 1.**

Ознакомиться с содержанием модуля «Статика». Прежде всего, усвоить основные аксиомы и следствия из них. Изучить основные законы и определения. Рассмотреть основные виды опор и направление их реакций. Научиться строить расчетные схемы и составлять уравнения равновесия. Научиться определять положение центра тяжести простых фигур и сложных составных сечений. По окончании изучения тем модуля проверить полученные знания, ответив на предложенные ниже, контрольные вопросы.

### **2.1.3. Вопросы для самоконтроля.**

1. Какое тело называют абсолютно твердым? 2. Какие системы сил называются уравновешенными? 3. Что такое равнодействующая заданной системы сил? 4. Какие тела называются связями для данного тела? Что такое заданные силы, реакции связей, давление на связь? 5. Какие силы называются сходящимися? Как складываются сходящиеся силы: графически; аналитически? 6. Что называется парой сил? Как подсчитать момент пары? 7. В чем состоит условие эквивалентности двух пар? 8. Чему равен момент силы относительно точки? Как изобразить его в виде вектора-момента? Чем этот вектор отличается от вектора-момента пары? 9. Как записать условия равновесия произвольной системы сил на плоскости и в пространстве? 10. В каких случаях плоская система сил приводится: к паре сил; к равнодействующей? 11. Какие задачи называются статически определяемыми? Какие статически неопределимыми? 12. Что такое центр параллельных сил? Как найти координаты центра параллельных сил? 13. Что называется трением скольжения при покое? Каковы законы трения скольжения? 14. Что такое угол трения и как связан он с коэффициентом трения? 15. Чему равно максимальное значение момента трения качения? Что такое коэффициент трения качения?

### **2.1.4. Задания для самостоятельной работы.**

Для самостоятельной работы в межсессионный период студенту предлагается выполнить решения тестовых заданий, составленных в соответствии с содержанием тем модуля. Результаты выполнения заданий для самостоятельной работы должны быть представлены преподавателю с использованием платформы дистанционного обучения до начала

экзаменационной сессии и будут учитываться в рейтинговой оценке знаний студентов по данной дисциплине.

Таблица 2 – Тестовые задания к модулю 1.

№	Задание	Варианты ответов
1	Что называется, силой?	1. Давление одного тела на другое; 2. Величина взаимодействия между телами; 3. Мера взаимосвязи между телами (объектами); 4. Мера воздействия одного тела на другое.
2	В каком случае момент силы относительно оси не равен нулю?	1. Когда вектор силы лежит на оси; 2. Когда вектор силы параллелен оси; 3. Когда плечо силы равно нулю; 4. Когда линия действия силы пересекает ось.
3	Что является плечом силы при определении момента силы относительно точки?	1. Расстояние от начала выбранной системы координат до точки приложения силы; 2. Длина вектора силы; 3. Кратчайшее расстояние от точки, относительно которой определяется момент, до точки приложения вектора силы; 4. Длина перпендикуляра, опущенного из точки, относительно которой определяется момент силы, на линию действия силы; 5. Расстояние от начала выбранной системы координат до точки, относительно которой определяется момент силы.
4	Какие ограничения на связанное тело накладывает идеально гладкий шаровой шарнир?	1. Вращательное перемещение тела в любой плоскости; 2. Вращение относительно оси, проходящей через центр шарнира; 3. Линейное перемещение тела в любом направлении; 4. Движение тела невозможно.
5	Чем нельзя определить действие силы на тело?	1. Числовым значением (модулем); 2. Направлением; 3. Геометрическим размером; 4. Точкой приложения.
6	Какая система сил называется уравновешенной?	1. Две силы, направленные по одной прямой в разные стороны; 2. Система сил, под действием которых свободное тело может находиться в покое; 3. Две силы, направленные под углом $90^\circ$ друг к другу; 4. Несколько сил, сумма которых равна нулю.



7	Что называют моментом силы относительно точки (центра)?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Произведение модуля этой силы на время ее действия;</li> <li>2. Произведение силы на кратчайшее расстояние до этой точки (центра);</li> <li>3. Отношение силы, действующей на тело, к промежутку времени, в течение которого эта сила действует;</li> <li>4. Произведение силы на квадрат расстояния до точки (центра).</li> </ol>
8	Что называется, парой сил?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Две силы, лежащие на одной прямой, равные между собой, но противоположные по направлению;</li> <li>2. Две силы, лежащие на параллельных прямых, равные по модулю, но противоположные по направлению;</li> <li>3. Любые две силы, лежащие на параллельных прямых;</li> <li>4. Две силы, результат действия которых равен нулю.</li> </ol>
9	Что называется, центром тяжести?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Это точка, в которой может располагаться масса тела;</li> <li>2. Это точка, через которую проходит равнодействующая сил тяжести, действующих на частицы данного тела;</li> <li>3. Это точка приложения силы тяжести;</li> <li>4. Это точка, в которой совпадают центр симметрии тела и центра тяжести тела.</li> </ol>
10	Что называется, реактивной силой?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сила, противодействующая внешним силам;</li> <li>2. Сила, действующая со стороны тела на связь;</li> <li>3. Величина и направление силы, действующей со стороны связи на тело;</li> <li>4. Сила, величина которой учитывается при решении задач.</li> </ol>
11	Какого метода определения положения центра тяжести сложных фигур не существует?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метода сложения;</li> <li>2. Метода разбиения;</li> <li>3. Метода отрицательных площадей;</li> <li>4. Метода интегрирования.</li> </ol>
12	В каких единицах измеряется величина коэффициента трения качения?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Величина безразмерная;</li> <li>2. м;</li> <li>3. Н/м;</li> <li>4. м<sup>2</sup>;</li> <li>5. Н · м.</li> </ol>

## 2.2. Модуль 2. Кинематика

### 2.2.1. Содержание модуля 2

#### Тема 1. Кинематика точки.

Системы отсчета. Закон движения точки. Уравнения движения. Способы задания движения точки.

Векторный способ задания движения точки. Траектория точки. Понятие скорости точки. Скорость точки как производная радиуса-вектора по времени. Понятие ускорения точки. Ускорение точки как производная вектора скорости по времени.

Координатный способ задания движения точки в декартовых координатах. Проекция скорости и ускорения на оси декартовых координат. Определение модуля и направления скорости и ускорения по его проекциям на оси декартовых координат.

Естественный способ задания движения точки. Модуль и направление скорости. Естественные оси. Касательное и нормальное ускорения точки.

Связь между тремя способами задания движения.

Равнопеременное движение точки. Классификация движения точки. Пример решения задач на определение кинематических характеристик движения точки.

## **Тема 2. Кинематика твердого тела.**

Виды движений. Простейшие движения твердого тела. Поступательное движение.

Вращательное движение. Уравнение движения. Угловая скорость и угловое ускорение. Равнопеременное вращение. Скорость и ускорение точки тела при вращательном движении. Скорость и ускорение точки вращающегося тела как векторные произведения. Формула Эйлера. Преобразование вращений.

Плоскопараллельное движение твердого тела. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное движения. Уравнения плоскопараллельного движения. Теорема о сложении скоростей. Следствия из теоремы. Векторная формула для скоростей точек тела при плоском движении. Мгновенный центр скоростей (МЦС). Примеры использования МЦС для определения скоростей. Теорема о сложении ускорений. Мгновенный центр ускорений (МЦУ). Примеры использования теоремы о сложении ускорений и МЦУ для определения ускорений

Сферическое движение твердого тела. Теорема Эйлера. Углы Эйлера. Кинематические уравнения движения. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорость и ускорение точки тела во сферическом движении. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость. Общий случай движения свободного твердого тела. Скорость точки свободного тела. Независимость векторов угловой скорости и углового ускорения от выбора полюса, ускорение точки свободного тела.

## **Тема 3. Сложное движение.**

Составное (сложное) движение точки. Абсолютное, переносное и относительное движения. Относительная и переносная скорости и ускорения точки. Теорема о сложении ускорений точки при сложном движении. Теорема о сложении ускорений при сложном движении точки. Ускорение Кориолиса. Причины возникновения ускорения Кориолиса.

Сложное движение твердого тела. Сложение поступательных движений. Сложение вращательных движений. Сложение поступательного и вращательного движений. Общий случай составного движения тела. Кинематические инварианты.

### **2.2.2. Методические указания по изучению модуля 2.**

Ознакомиться с содержанием модуля «Кинематика». Изучить способы задания движения точки. Рассмотреть виды движения точки и твердого тела. Научиться определять траекторию движения точки, направление векторов скоростей и ускорений, определять величины скорости и ускорения по заданным законам движения. Научиться вычислять скорости и ускорения точек тел, совершающих поступательное, вращательное и плоское движения, составлять дифференциальные уравнения движения материальных точек и тел, способных совершать вращательные и плоскопараллельные движения. Изучить способы определения мгновенных центров скоростей и ускорений. По окончании изучения тем модуля проверить полученные знания, ответив на предложенные ниже, контрольные вопросы.

### **2.2.3. Вопросы для самоконтроля.**

1. Что такое уравнения движения точки; закон движения по траектории? 2. Что называется траекторией точки? 3. Как выражаются векторы скорости и ускорения точки через радиус-вектор этой точки? Как направлены оба вектора? 4. Как вычисляются проекции на координатные оси, модуль и направление векторов скорости и ускорения точки по известным уравнениям движения точки в координатной форме? 5. Как определить касательную и нормальную составляющие ускорения точки по заданному закону движения точки, по траектории, по заданным уравнениям движения точки в декартовых координатах? 6. В каких случаях касательное и нормальное ускорения точки равны нулю? 7. Какое движение тела называется поступательным? Может ли поступательное движение тела быть криволинейным, прямолинейным? 8. Что называется, угловой скоростью, угловым ускорением тела при его вращении вокруг неподвижной оси? 9. Какое движение точки называется относительным, переносным, абсолютным? 10. Что называется абсолютной, относительной, переносной скоростью (или ускорением) точки? 11. Сложение скоростей и ускорений точки. 12. Какое движение тела называется плоскопараллельным? Почему для его изучения достаточно рассматривать движение плоской фигуры в своей плоскости? 13. На какие простейшие движения можно разложить плоскопараллельное движение твердого тела? 14. Какая точка называется мгновенным центром скоростей? 15. Как найти положение мгновенного центра скоростей плоской фигуры, если известны: скорость полюса и угловая скорость вращения фигуры; направления скоростей двух точек фигуры?

### **2.2.4. Задания для самостоятельной работы.**

Выполнить мероприятия предусмотренные пунктом 2.1.4. применительно к темам модуля 2.

Таблица 3 – Тестовые задания к модулю 2.

№	Задание	Варианты ответов
1	Что изучает кинематика?	1. Способы взаимодействия тел между собой; 2. Движение тела без учета действующих на него сил; 3. Движение тела под действием приложенных к нему сил; 4. Виды равновесия тела.
2	Какого способа не существует для задания движения точки (тела)?	1. Векторного; 2. Тензорного; 3. Естественного; 4. Координатного.
3	В чем заключается основная задача кинематики?	1. Задано движение (уравнения движения, траектория). Требуется определить силы, под действием которых происходит заданное движение; 2. Задан закон движения данного тела (точки). Требуется определить все кинематические величины, характеризующие его движение (скорость и ускорение); 3. Заданы условия относительного равновесия механических систем. Требуется определить общие свойства сил, правила замены сил другими силами, эквивалентными с точки зрения равновесия; 4. Заданы силы, под действием которых происходит движение. Требуется найти параметры движения (уравнения движения, траекторию движения).
4	Скорость точки...	1. Направлена по нормали к траектории движения точки; 2. Направлена по касательной к траектории движения точки; 3. Направлена под определенным углом к траектории движения точки; 4. Направление не зависит от траектории движения точки.
5	Какие способы задания движения точки эквивалентны и связаны между собой соотношением $\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$ ?	1. Векторный, координатный и естественный; 2. Векторный и естественный; 3. Координатный и естественный; 4. Векторный и координатный.
6	При каком способе задания движения точки задаются закон движения точки и траектория?	1. Векторном; 2. Координатном; 3. Естественном; 4. Векторном, координатном и естественном.
7	Движение твердого тела, при котором любая прямая, жестко связанная с телом, остается параллельной самой себе называется...	1. Вращательным; 2. Поступательным; 3. Плоскопараллельным или плоским; 4. Сферическим.

8	Движение тела, при котором все его точки движутся в плоскостях, перпендикулярных некоторой неподвижной прямой, и описывают окружности с центрами, лежащими на этой прямой называется...	1. Поступательным; 2. Сферическим; 3. Вращательным; 4. Плоскопараллельным или плоским.
9	Вектор скорости при вращательном движении направлен...	1. Перпендикулярно плоскости вращения; 2. По радиусу вращения от центра; 3. По радиусу вращения к центру; 4. Перпендикулярно радиусу в сторону дуговой стрелки угловой скорости.
10	Оба ускорения точки (касательное и нормальное) при вращательном движении...	1. Прямо пропорциональны расстоянию от нее до оси вращения (радиусу вращения); 2. Обратно пропорциональны расстоянию от нее до оси вращения (радиусу вращения); 3. Равны расстоянию от нее до оси вращения (радиусу вращения); 4. Не зависят от расстояния от нее до оси вращения (радиусу вращения).
11	Движение, при котором каждая точка тела движется в плоскости параллельной некоторой неподвижной плоскости называется...	1. Поступательным; 2. Вращательным; 3. Плоскопараллельным или плоским; 4. Сферическим.
12	Мгновенным центром скоростей плоской фигуры, совершающей плоское движение в своей плоскости, называется...	1. Точка фигуры, скорость и ускорение которой в данный момент равны нулю; 2. Точка фигуры, скорость которой в данный момент максимальная; 3. Точка фигуры, скорость которой в данный момент равняется нулю; 4. Точка фигуры, ускорение которой в данный момент равняется нулю.

## 2.3. Модуль 3. Динамика материальной точки

### 2.3.1. Содержание модуля 3

#### Тема 1. Законы и аксиомы динамики материальной точки.

Введение в динамику. Инерциальные системы отсчета. Дифференциальные уравнения движения свободной точки в векторной и координатной формах. Уравнения движения точки в проекциях на оси естественного трехгранника. Прямая и обратная задачи динамики. Примеры решения прямой задачи динамики. Движение несвободной точки по линии и поверхности. Применение дифференциальных уравнений движения точки для решения прямой и обратной задач динамики.

Относительное движение материальной точки. Частные случаи движения для различных видов переносного движения. Динамика относительного движения точки. Неинерциальные системы отсчета. Уравнения относительного движения. Переносная и кориолисова силы инерции. Количество движения и

момент количества движения материальной точки. Импульс силы. Элементарная работа силы и работа силы на конечном пути. Аналитическое выражение элементарной работы. Работа силы тяжести и силы упругости. Мощность. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки. Сила инерции материальной точки. Принцип Д'Аламбера для материальной точки. Метод кинетостатики.

### **Тема 2. Элементы теории колебания материальной точки.**

Прямолинейные колебания материальной точки. Условие возникновения колебаний. Классификация колебаний. Свободные колебания без учета сил сопротивления. Затухающие колебания. Декремент колебаний.

Вынужденные колебания материальной точки. Резонанс. Влияние сопротивления движению при вынужденных колебаниях.

### **Тема 3. Динамика системы материальных точек.**

Понятие о механической системе. Силы внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной механической системы в инерциальной системе отсчета.

Центр масс механической системы. Теорема о движении центра масс. Частные случаи (сохранение проекции скорости центра масс или его координаты).

Геометрия масс. Моменты инерции системы относительно точки и оси. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Вычисление центробежных моментов инерции. Радиус инерции.

Количество движения материальной точки и механической системы. Элементарный и полный импульс силы. Теорема об изменении количества движения системы в дифференциальной и интегральной формах.

Кинетический момент точки и механической системы относительно центра и относительно оси. Теорема об изменении кинетического момента в дифференциальной и интегральной формах. Частные случаи - сохранение кинетического момента относительно центра и относительно оси.

Кинетическая энергия материальной точки и механической системы. Вычисление кинетической энергии системы при ее сложном движении. Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной и интегральной формах.

Потенциальное силовое поле. Элементарная и полная работа силы в потенциальном силовом поле. Силовая функция и потенциальная энергия поля. Примеры вычисления потенциальной энергии: однородного поля тяжести, поля линейной силы упругости, поля притяжения по закону Ньютона. Закон сохранения полной механической энергии. Консервативные системы.

### **2.3.2. Методические указания по изучению модуля 3.**

Ознакомиться с содержанием модуля «Динамика материальной точки». Динамика является завершающим и самым важным разделом курса

теоретической механики и охватывает следующие наиболее сложные вопросы. Необходимо рассмотреть основные задачи динамики. Изучить дифференциальные уравнения движения свободной точки в векторной и координатной формах, уравнения движения точки в проекциях на оси естественного трехгранника. Научиться использовать принцип Д'Аламбера при решении задач динамики. Разобраться с классификацией колебаний материальной точки. Ознакомиться с понятием системы материальных точек. Изучить дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной механической системы в инерциальной системе отсчета. По окончании изучения тем модуля проверить полученные знания, ответив на предложенные ниже, контрольные вопросы.

### 2.3.3. Вопросы для самоконтроля.

1. Назовите основные законы движения материальной точки. При каком условии точка движется по инерции? 2. Между какими величинами устанавливают зависимость основного уравнения динамики материальной точки? 3. Напишите дифференциальные уравнения движения материальной точки в векторной и координатной формах. 4. Какие основные задачи динамики материальной точки можно решать с помощью дифференциальных уравнений движения? 5. Чему равно количество движения материальной точки? 6. Что такое элементарный импульс силы и импульс силы за конечный промежуток времени? 7. В чем состоит теорема об изменении количества движения материальной точки? В каком случае количество движения точки остается постоянным? 8. В чем состоит теорема об изменении момента количества движения материальной точки относительно неподвижного центра и оси? 9. Чему равна кинетическая энергия материальной точки? В чем состоит теорема об изменении кинетической энергии материальной точки? 10. Чему равна мощность силы? 11. Как определяется положение центра масс механической системы? 12. Чему равно количество движения механической системы? 13. Чему равна сила инерции материальной точки? 14. В чем состоит принцип Д'Аламбера для материальной точки и для механической системы? 15. В чем заключается теорема о движении центра масс механической системы?

### 2.3.4. Задания для самостоятельной работы.

Выполнить мероприятия предусмотренные пунктом 2.1.4. применительно к темам модуля 3.

Таблица 4 – Тестовые задания к модулю 3.

№	Задание	Варианты ответов
1	С помощью какого уравнения решаются две основные задачи динамики?	1. Основного уравнения динамики; 2. Дифференциального уравнения движения точки в векторном виде; 3. Дифференциальных уравнений движения точки в координатном виде; 4. Естественного уравнения движения точки.

2	В чем заключается прямая задача динамики?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задан закон движения данного тела (точки). Требуется определить все кинематические величины, характеризующие его движение (скорость и ускорение);</li> <li>2. Заданы силы, под действием которых происходит движение. Требуется найти параметры движения (уравнения движения, траекторию движения);</li> <li>3. Заданы условия относительного равновесия механических систем. Требуется определить общие свойства сил, правила замены сил другими силами, эквивалентными с точки зрения равновесия;</li> <li>4. Задано движение (уравнения движения, траектория). Требуется определить силы, под действием которых происходит заданное движение.</li> </ol>
3	В чем заключается обратная задача динамики?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заданы силы, под действием которых происходит движение. Требуется найти параметры движения (уравнения движения, траекторию движения);</li> <li>2. Задано движение (уравнения движения, траектория). Требуется определить силы, под действием которых происходит заданное движение;</li> <li>3. Задан закон движения данного тела (точки). Требуется определить все кинематические величины, характеризующие его движение (скорость и ускорение);</li> <li>4. Заданы условия относительного равновесия механических систем. Требуется определить общие свойства сил, правила замены сил другими силами, эквивалентными с точки зрения равновесия.</li> </ol>
4	Основной объект динамики точки - материальная точка. Материальная точка – это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Геометрический объект;</li> <li>2. Материальное тело, обладающее массой и размерами;</li> <li>3. Материальное тело, обладающее массой, размерами которого можно пренебречь;</li> <li>4. Материальное тело, обладающее объемом, массой тела можно пренебречь.</li> </ol>
5	Закон инерции (закон Галилея-Ньютона) имеет следующую формулировку ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сила есть произведение массы на ускорение;</li> <li>2. Существуют такие системы отсчета, в которых свободные тела движутся прямолинейно и равномерно;</li> <li>3. Силы в природе возникают симметричными парами;</li> <li>4. В неинерциальных системах отсчета свободные тела движутся прямолинейно и равномерно.</li> </ol>
6	Колебательное движение материальной точки происходит при наличии восстанавливающей силы и силы сопротивления движению. Такие колебательные движения называют...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Затухающие колебания материальной точки;</li> <li>2. Прямолинейные колебания материальной точки;</li> <li>3. Свободные колебания материальной точки;</li> <li>4. Вынужденные колебания материальной точки.</li> </ol>



7	Закон пропорциональности силы и ускорения (Основное уравнение динамики - II закон Ньютона) имеет следующую формулировку ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изолированная материальная точка (тело) сохраняет свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока приложенные силы не заставят ее изменить это состояние;</li> <li>2. Массы движущихся точек не зависят от движения системы отсчета;</li> <li>3. Силы в природе возникают симметричными парами;</li> <li>4. Ускорение, сообщаемое материальной точке силой, прямо пропорционально силе и обратно пропорционально массе этой точки.</li> </ol>
8	Прямолинейные колебания материальной точки возникают когда...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Колебательное движение материальной точки происходит при наличии восстанавливающей силы и силы сопротивления движению;</li> <li>2. Колебательные движения происходят под действием только восстанавливающей силы;</li> <li>3. Колебательное движение материальной точки происходит при условии, что имеется восстанавливающая сила, стремящая вернуть точку в положение равновесия при любом отклонении ее из этого положения;</li> <li>4. Наряду с восстанавливающей силой действует периодически изменяющаяся сила, называемая возмущающей силой.</li> </ol>
9	Система материальных точек или механическая система...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система точек - движение которых не ограничивается никакими связями;</li> <li>2. Система материальных точек, в которой расстояние между ними не изменяются ни при каких воздействиях;</li> <li>3. Совокупность материальных точек или материальных тел, объединяемых общими законами взаимодействия (положение или движение каждой из точек или тела зависит от положения и движения всех остальных);</li> <li>4. Система точек, на которые действуют одинаковые силы.</li> </ol>
10	Как называются силы взаимодействия между материальными точками или телами, входящими в данную систему?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внешние силы;</li> <li>2. Активные силы;</li> <li>3. Внутренние силы;</li> <li>4. Реактивные силы.</li> </ol>
11	Мера механического движения, определяемая вектором, равным векторному произведению радиуса-вектора материальной точки на вектор ее количества движения – это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Момент количества движения точки или кинетический момент движения относительно некоторого центра;</li> <li>2. Количество движения системы материальных точек;</li> <li>3. Количество движения точки;</li> <li>4. Импульс равнодействующей силы.</li> </ol>

12	Количество движения точки...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мера механического взаимодействия, характеризующая передачу механического движения со стороны действующих на точку сил за данный промежуток времени;</li> <li>2. Мера механического движения, определяемая вектором, равным произведению массы точки на вектор ее скорости;</li> <li>3. Мера механического взаимодействия, моделируемая вектором, характеризуемым направлением и величиной (модулем);</li> <li>4. Количественная мера превращения механического движения в какую-либо другую форму движения материи.</li> </ol>
----	------------------------------	---

## 2.4. Модуль 4. Динамика твердого тела

### 2.4.1. Содержание модуля 4

#### **Тема 1. Динамика поступательного и вращательного движения твердого тела.**

Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела. Физический маятник.

Кинетический момент твердого тела относительно оси. Дифференциальное уравнение вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси и случаи его интегрируемости. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки. Кинетический момент твердого тела относительно неподвижной точки, его проекции на оси координат. Кинематические и динамические уравнения Эйлера. Геометрическая интерпретация Пуансо. Понятие о регулярной прецессии.

Динамика плоского движения твердого тела. Кинетический момент механической системы при ее сложном движении. Теорема об изменении кинетического момента в относительном движении по отношению к центру масс. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела. Приведение сил инерции точек при поступательном и вращательном движениях твердого тела.

Пример приведения сил инерции при вращательном движении тела. Приведение сил инерции точек при плоском движении твердого тела. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела. Балансировка. Применение принципа Даламбера для определения реакций в опорах твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Статические и динамические составляющие реакций. Частные случаи. Понятие о статическом и динамическом уравновешивании вращающегося тела.

Элементарная и полная работа силы. Мощность. Работа внутренних сил системы. Вычисление работы сил, приложенных к твердому телу, при различных видах его движения.

## **Тема 2. Основные положения аналитической механики.**

Обобщенные координаты. Уравнения связей. Возможные перемещения. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Примеры использования принципа возможных перемещений при определении реакций связей. Общее уравнение динамики. Пример решения задачи на применение общего уравнения динамики. Обобщенные силы.

Уравнение Лагранжа II рода. Кинетический потенциал. Пример решения задачи на применение уравнения Лагранжа II рода. Вариационный принцип Гамильтона-Остроградского. Понятие об устойчивости состояния равновесия системы в потенциальном поле. Нахождение положений равновесия из условий равновесия, выраженных в обобщенных силах. Примеры. Устойчивость равновесия системы. Критерий Лагранжа устойчивости равновесия консервативных систем.

Понятие о малых движениях системы около устойчивого состояния равновесия. Приближенные выражения кинетической и потенциальной энергий для консервативной системы с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение свободных движений консервативной системы с одной степенью свободы в случае малых отклонений от состояния равновесия. Гармонические колебания. Малые колебания систем с несколькими степенями свободы. Общая форма дифференциальных уравнений колебаний. Прямая форма. Обратная форма. Главные координаты. Свободные колебания с учетом сопротивления среды. Малые свободные движения системы с одной степенью свободы при наличии линейно-вязкого сопротивления. Затухающее колебательное движение. Декремент колебаний, логарифмический декремент. Апериодические движения.

Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Способы возбуждения вынужденных колебаний. Влияние сопротивления на вынужденные колебания. Взаимодействие собственных и вынужденных колебаний. Резонанс при отсутствии и наличии линейно-вязкого сопротивления.

## **Тема 3. Элементарная теория удара.**

Основные положения приближенной теории удара. Общие теоремы теории удара. Удар тела о неподвижную преграду. Случай косоугольного удара. Гидравлический удар в трубах. Прямой центральный удар двух тел. Частные случаи. Удар по вращающемуся твердому телу. Условия отсутствия ударных реакций в опорах вращающегося тела. Центр удара. Изменение угловой скорости при ударе по вращающемуся телу. Коэффициент восстановления. Фазы удара. Ударные импульсы для двух фаз удара.

### **2.4.2. Методические указания по изучению модуля 4.**

Ознакомиться с содержанием модуля «Динамика твердого тела». Рассмотреть определения центра масс системы и тела и центра тяжести тела, способы нахождения центров масс и центров тяжести тел, теоремы об

изменении количества движения, кинетического момента и кинетической энергии системы, силовые поля и вычисление работы в потенциальном поле сил, принцип возможных перемещений, уравнения Лагранжа второго рода, принцип Д'Аламбера, общее уравнение динамики. Научиться вычислять работу сил, приложенных к твердому телу, при его поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях, исследовать равновесие системы тел с помощью принципа возможных перемещений, составлять уравнения Лагранжа второго рода для механических систем с одной степенью свободы, составлять и решать уравнения свободных малых колебаний систем с одной степенью свободы, понимать явления удара тела о преграду и соударения тел. По окончании изучения тем модуля проверить полученные знания, ответив на предложенные ниже, контрольные вопросы.

### 2.4.3. Вопросы для самоконтроля.

1. Как найти количество движения твердого тела? 2. В чем состоит теорема об изменении количества движения механической системы? 3. Разберите случай вращения тела вокруг неподвижной оси. Чему равно угловое ускорение вращения тела? 4. Что является мерой инертности тела при поступательном движении и при вращении вокруг неподвижной оси? 5. Дайте определение момента инерции тела относительно оси. 6. Как найти работу силы, приложенной к телу, вращающемуся вокруг неподвижной оси? 7. Чему равна работа вращающего момента и момента сопротивления? 8. Напишите формулы для кинетической энергии тела при поступательном движении, при вращении вокруг неподвижной оси и при плоскопараллельном движении. 9. Сколько степеней свободы имеет тело в пространстве и на плоскости? 10. Как определяются осевой, полярный и центробежный моменты инерции твердого тела? 11. Что такое потенциальное поле? Каким выражением определяется потенциальная энергия деформированной пружины? 12. В чем заключается отличие физического маятника от математического? 13. По каким признакам классифицируются связи и какие связи называются идеальными? 14. Что такое возможные перемещения и в чем заключается принцип возможных перемещений? 15. Что характеризует коэффициент восстановления при ударе?

### 2.4.4. Задания для самостоятельной работы.

Выполнить мероприятия предусмотренные пунктом 2.1.4. применительно к темам модуля 4.

Таблица 5 – Тестовые задания к модулю 4.

№	Задание	Варианты ответов
1	Как называется твердое тело, имеющее неподвижную горизонтальную ось вращения, не проходящую через его центр тяжести, и находящееся под действием только силы тяжести?	1. Физический маятник; 2. Математический маятник; 3. Гироскоп; 4. Свободный гироскоп.

2	По какой формуле определяется кинетическая энергия твердого тела при поступательном движении?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2}</math>;</li> <li>2. <math>T = \frac{Mv_C^2}{2}</math>;</li> <li>3. <math>T = \frac{I_z \omega_z^2}{2}</math>;</li> <li>4. <math>T = \frac{Mv_C^2}{2} + \frac{I_{zC} \omega_z^2}{2}</math>.</li> </ol>
3	По какой формуле определяется кинетическая энергия твердого тела при вращательном движении?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>T = \frac{I_z \omega_z^2}{2}</math>;</li> <li>2. <math>T = \frac{Mv_C^2}{2} + \frac{I_{zC} \omega_z^2}{2}</math>;</li> <li>3. <math>T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2}</math>;</li> <li>4. <math>T = \frac{Mv_C^2}{2}</math>.</li> </ol>
4	Как определяется осевой момент инерции твердого тела?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>I_z = mh^2 = m(x^2 + y^2)</math>;</li> <li>2. <math>I_{xy} = \int xy dm</math>;</li> <li>3. <math>I_O = \int r^2 dm = \int (x^2 + y^2 + z^2) dm</math>;</li> <li>4. <math>I_z = \int h^2 dm = \int (x^2 + y^2) dm</math>.</li> </ol>
5	Выражение $I_z \ddot{\epsilon}_z = M_z^e$ является...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциальным уравнением вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси;</li> <li>2. Дифференциальным уравнением поступательного движения твердого тела;</li> <li>3. Дифференциальным уравнением качаний физического маятника;</li> <li>4. Дифференциальным уравнением качаний математического маятника.</li> </ol>
6	Какие связи выражаются конечными уравнениями относительно координат или интегрируемыми дифференциальными уравнениями относительно координат?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неголономные (кинематические);</li> <li>2. Склерономные (стационарные);</li> <li>3. Голономные (геометрические);</li> <li>4. Реономные (нестационарные).</li> </ol>
7	Как называются независимые параметры, однозначно определяющие положение механической системы при ее движении?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Декартовы координаты;</li> <li>2. Число степеней свободы;</li> <li>3. Обобщенные координаты;</li> <li>4. Освобождающие связи.</li> </ol>
8	Как называются бесконечно малые перемещения, допускаемые наложенными на систему связями?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Действительные перемещения;</li> <li>2. Возможные перемещения;</li> <li>3. Допускаемые перемещения;</li> <li>4. Число степеней свободы.</li> </ol>

9	Как называются связи, при которых сумма элементарных работ сил реакций связи на любом возможном перемещении равна нулю?	1. Идеальные связи; 2. Освобождающие связи; 3. Неосвобождающие связи; 4. Голономные связи.
10	Как называется явление, при котором за ничтожно малый промежуток времени скорости точек изменяются на конечную величину?	1. Остановка; 2. Малые колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы; 3. Стопор; 4. Удар.
11	Отношение числового значения скорости после удара к ее значению до удара называется...	1. Потерянной при ударе скоростью; 2. Средней величиной ударной силы; 3. Потерянной при ударе кинетической энергией; 4. Коэффициентом восстановления при ударе.
12	При какой величине коэффициента восстановления удар считается абсолютно упругим?	1. $k = 1$ ; 2. $k < 1$ ; 3. $k > 1$ ; 4. $k = 0$ .

### Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

#### 3.1. Методические указания по выполнению контрольной работы

Контрольная работа по дисциплине включает 5 заданий, три из которых содержат десять типов (схем), обозначенные на рисунках цифрами. Все задачи каждого типа даны в десяти вариантах. Обязателен для выполнения тот тип каждого контрольного задания, который соответствует последней цифре шифра студента, и тот вариант этого типа, который соответствует предпоследней цифре шифра.

Например, студент, имеющий шифр 1293, должен выполнить по контрольным заданиям №1, №2 и №4 соответствующие задачи третьего типа (схема 3) варианта 9. Если последняя цифра шифра студента - ноль, то ему надо выполнить задачи десятого типа. Если предпоследняя цифра - ноль, студент должен выполнить задачи варианта 10 своего типа.

Для контрольных заданий №3 и №5 вариант для выбора исходных данных принимается по последней цифре шифра студента. Для приведенного выше примера выполняются задания по 3 варианту.

Перед решением задачи надо выписать полностью ее условие с числовыми данными, составить эскиз (рисунок) в масштабе и указать на нем в числах все величины, необходимые для расчета.

При выполнении задач сначала надо наметить ход решения и те допущения, которые могут быть положены в его основу, а затем провести

расчет, причем все необходимые вычисления сначала сделать в общем виде, обозначая все данные и искомые величины буквами, после чего вместо буквенных обозначений проставить их числовые значения и найти результат. Везде необходимо придерживаться стандартных обозначений. Расчеты должны быть выполнены в определенной последовательности, теоретически обоснованы и сопровождаются пояснительным текстом. Все расчеты в контрольных работах должны производиться в единицах СИ.

Решение сопровождать краткими, последовательными и грамотными (без сокращения слов) объяснениями и чертежами, на которых для всех входящих в расчет величин даны числовые значения. Указывать единицы измерения всех величин.

На титульном листе контрольной работы должны быть четко написаны, название дисциплины, фамилия, имя и отчество студента (полностью), название факультета, направления и профиля, учебный шифр.

### 3.2. Задания для контрольной работы

#### З а д а ч а 1. Определение реакций опор твёрдого тела

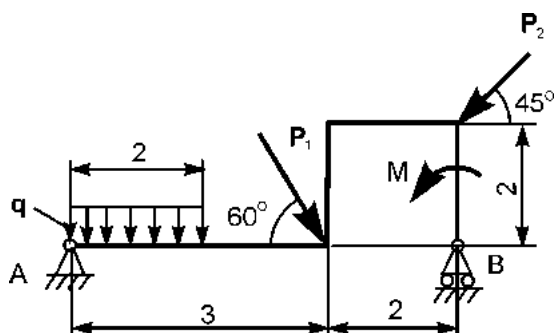
Определить реакции опор  $A$  и  $B$  плоской балки, если на нее действуют сосредоточенные силы  $P_1$  и  $P_2$ , алгебраический момент пары сил  $M$  и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью  $q$ .

Схемы нагружения десяти типов даны на рисунках под номерами от 1 до 10, а числовые данные для расчета приведены в таблице 6.

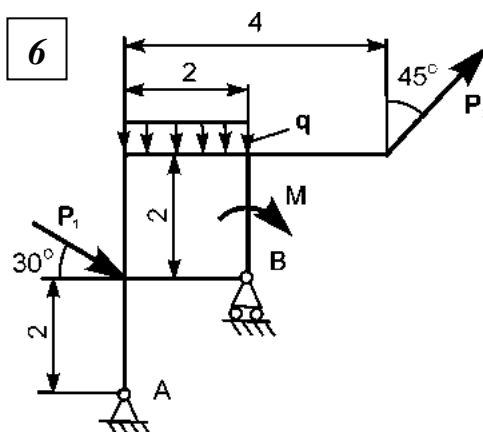
Таблица 6 – Исходные данные к задаче 1.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кН	8	4	5	6	7	8	10	4	5	6
$P_2$ , кН	20	12	14	16	18	20	22	13	17	15
$q$ , кН/м	2	2,5	4	3,5	5,5	5	4,5	4	2,5	3,5
$M$ , кН·м	8	7,5	9	10	12	8,5	10,5	6	7	6,5

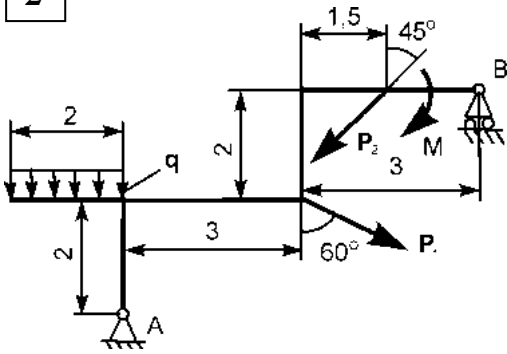
1



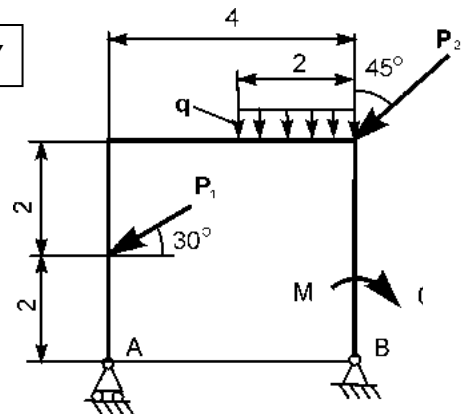
6



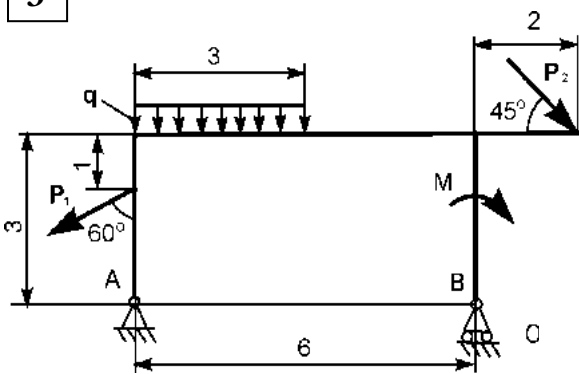
2



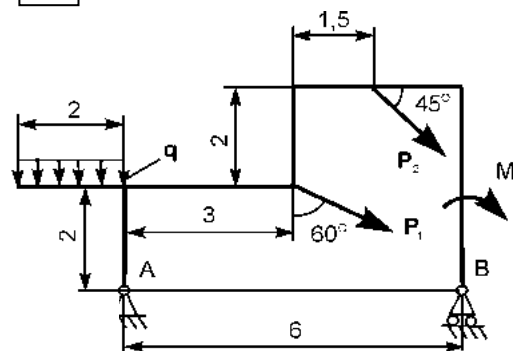
7



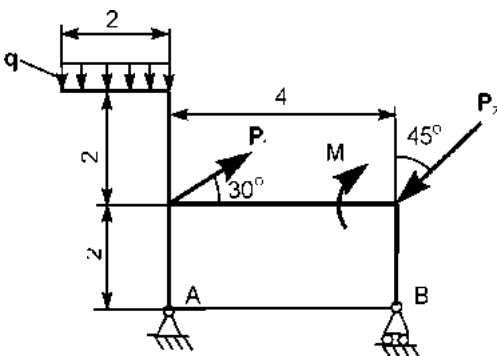
3



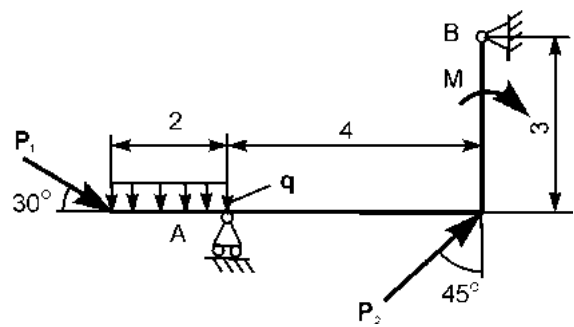
8



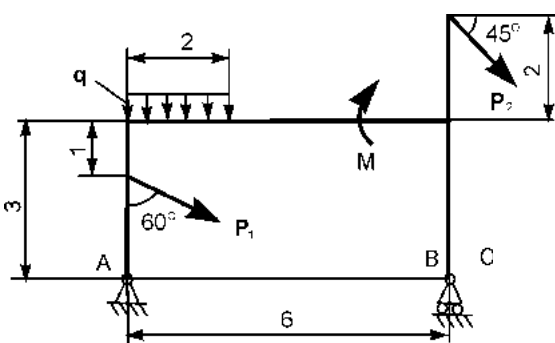
4



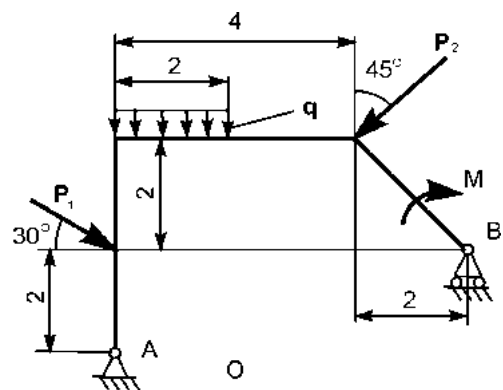
9



5



10





## Задача 2. Определение реакций опор составной конструкции

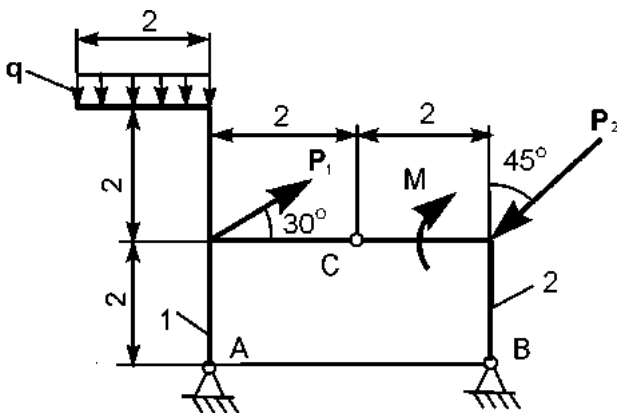
Для составной конструкции ABC определить реакции опор A и B, возникающие под действием сосредоточенных сил  $P_1$  и  $P_2$ , алгебраического момента пары сил  $M$  и равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q$ .

Схемы нагружения десяти типов даны на рисунках под номерами от 1 до 10, а числовые данные для расчета приведены в таблице 7.

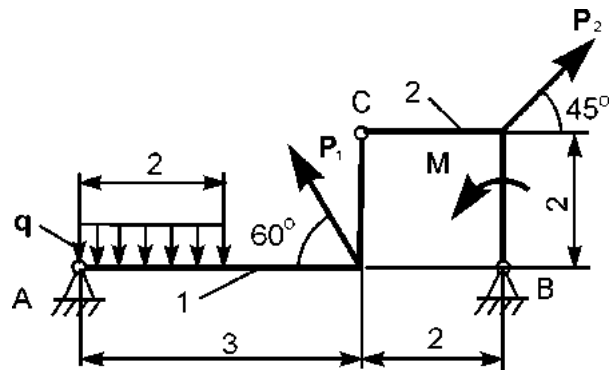
Таблица 7 – Исходные данные к задаче 2.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кН	8	4	5	6	7	8	10	4	5	6
$P_2$ , кН	20	12	14	16	18	20	22	13	17	15
$q$ , кН/м	2	2,5	4	3,5	5,5	5	4,5	4	2,5	3,5
$M$ , кН·м	8	7,5	9	10	12	8,5	10,5	6	7	6,5

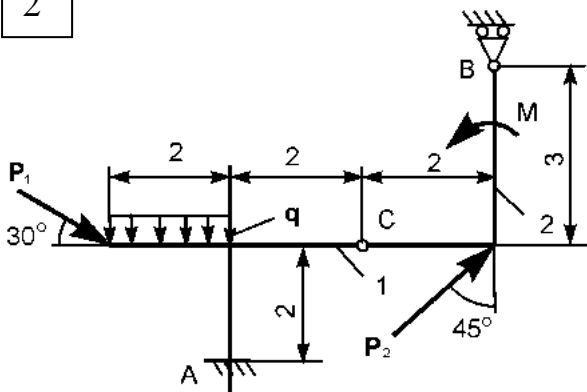
1



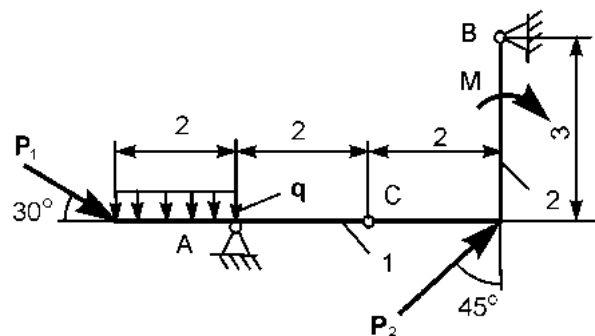
6



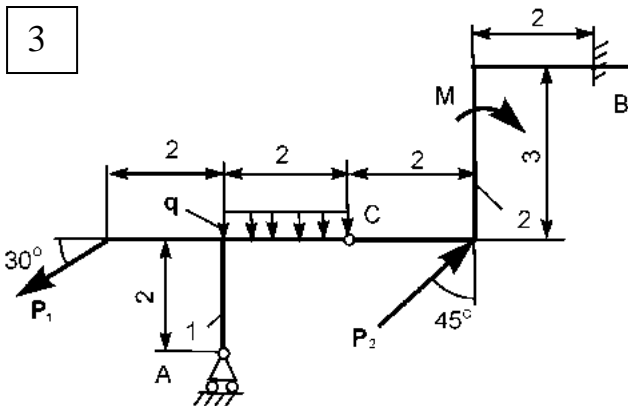
2



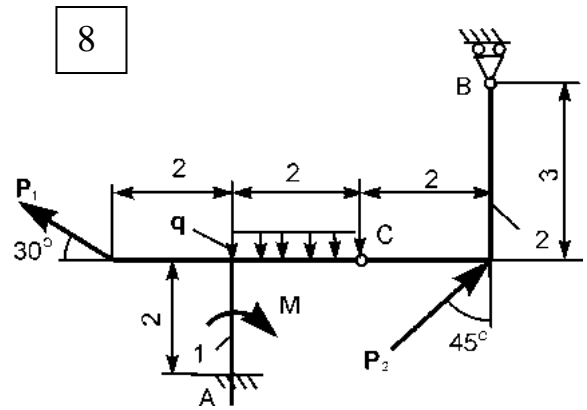
7



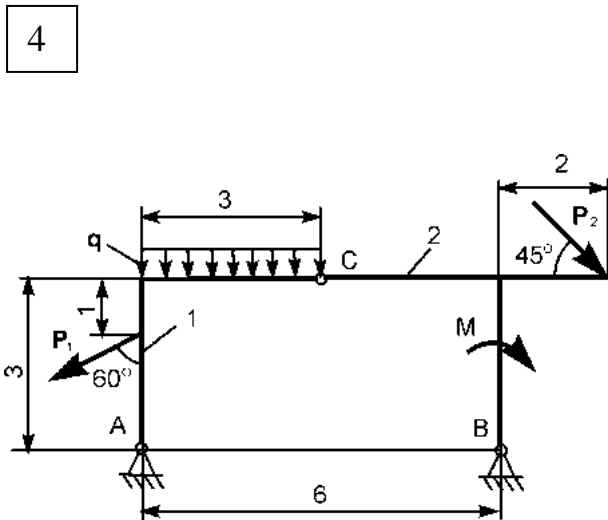
3



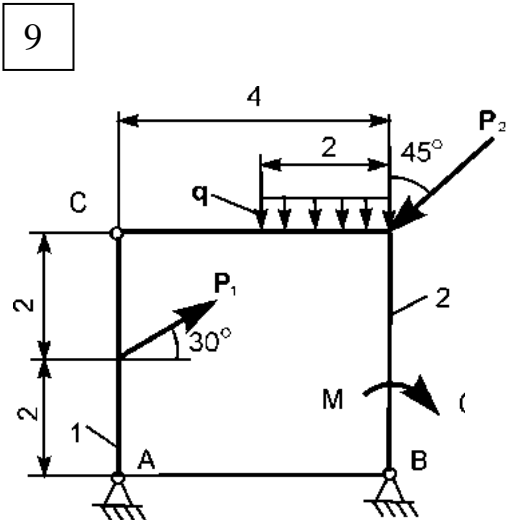
8



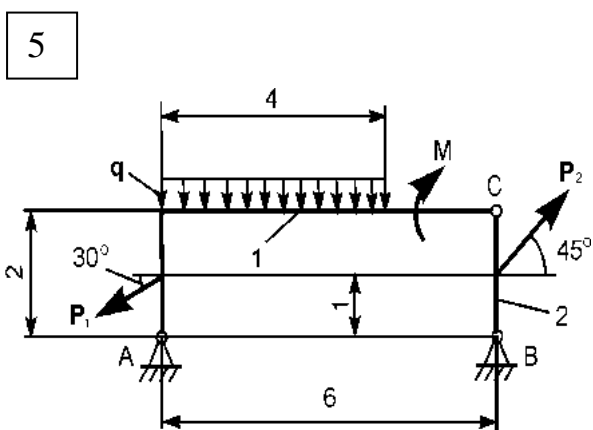
4



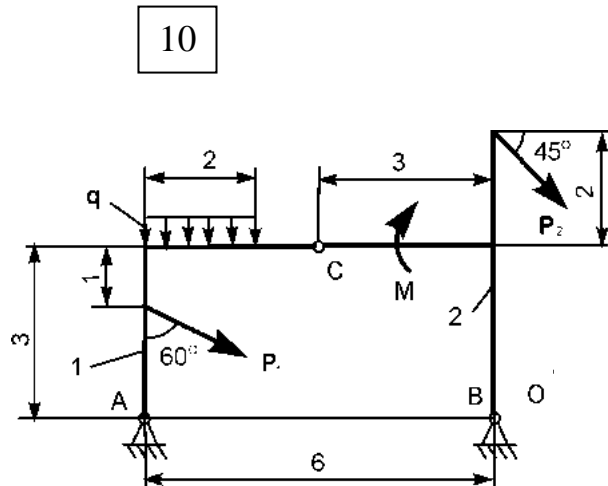
9



5



10



**З а д а ч а 3. Определение скорости и ускорения точки по заданным уравнениям её движения**

По закону движения точки M на неподвижной плоскости, заданному в координатном виде, требуется установить вид её траектории и для момента времени  $t_1 = 1$  с найти положение точки на траектории, её скорость, полное, касательное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории.

Уравнения движения точки М в координатном виде по вариантам приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные к задаче 3.

Варианты	Уравнения движения	
1	$x = 4 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right) + 2$	$y = 4 \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right)$
2	$x = -\cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right) + 3$	$y = \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right) - 1$
3	$x = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right)$	$y = -3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right) + 4$
4	$x = 7 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot t^2\right) + 3$	$y = 2 - 7 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot t^2\right)$
5	$x = -4 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right)$	$y = -2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot t\right) - 3$
6	$x = 5 \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)$	$y = -5 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) - 3$
7	$x = 5 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right)$	$y = -5 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right)$
8	$x = 1 + 3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right)$	$y = 3 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot t^2\right) + 3$
9	$x = 6 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{6} \cdot t^2\right) - 2$	$y = 6 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} \cdot t^2\right) + 3$
10	$x = 7 \cdot \sin^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right) - 5$	$y = -7 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{6} \cdot t\right)$

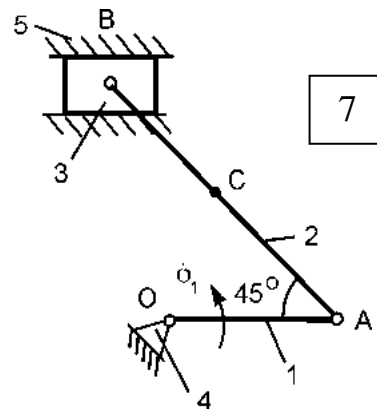
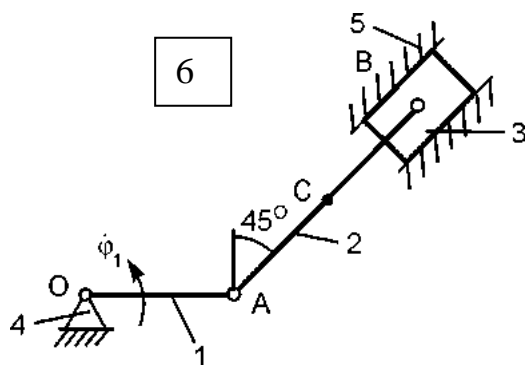
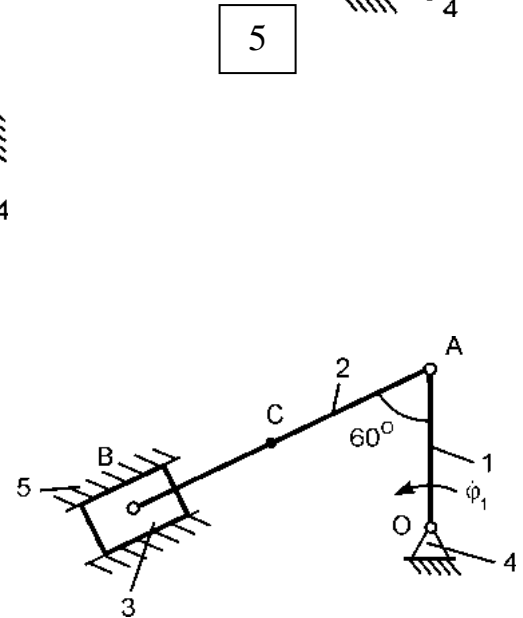
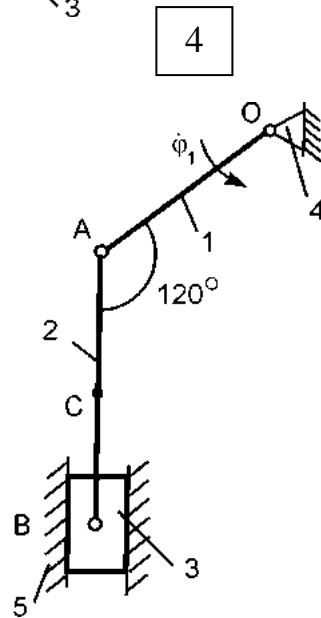
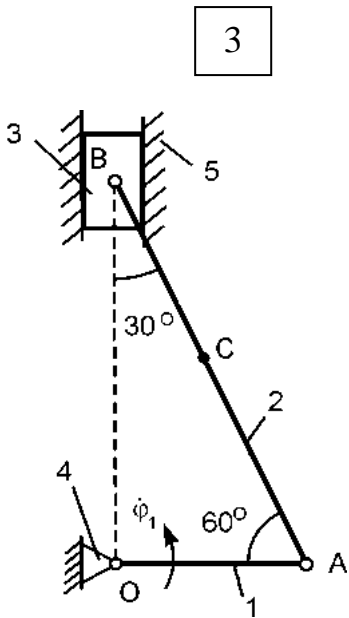
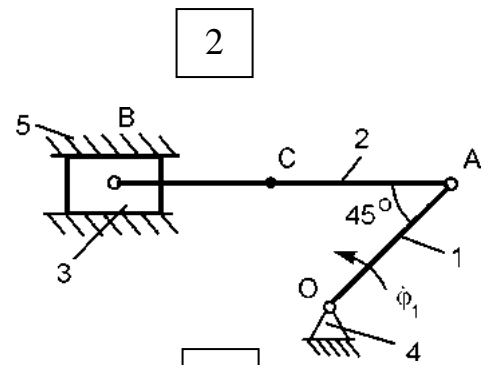
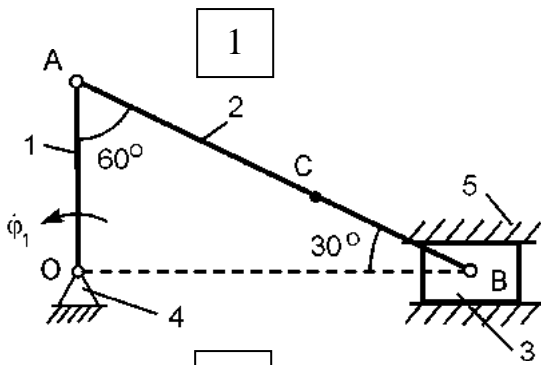
#### Задача 4. Кинематический анализ плоского механизма

Кривошип 1 вращается относительно оси 4 шарнира О и приводит в движение шатун 2 и ползун на конце шатуна 3, движущегося в направляющих 5. Для расчётного положения плоского механизма требуется найти модули скоростей точек А, В и С и модули угловых скоростей звеньев этого механизма.

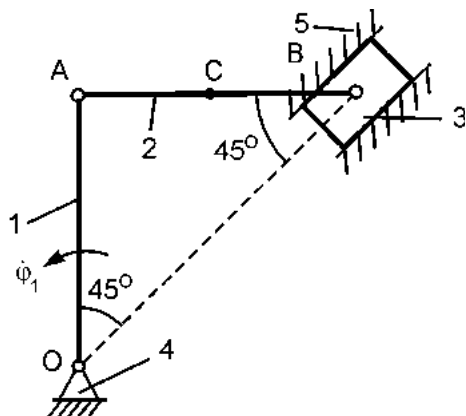
Схемы плоских механизмов десяти типов даны на рисунках под номерами от 1 до 10, а числовые данные для расчета приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные к задаче 4.

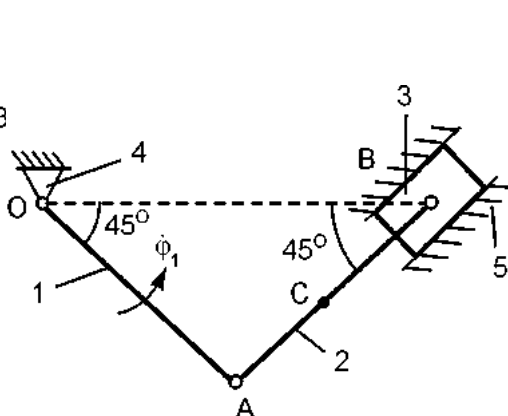
Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\phi_1$ , рад/с	1	1,4	1,5	2	2,2	1,8	1,6	2,4	2,5	1,2
$OA$ , м	40	45	35	42	48	30	36	33	44	39
$AB$ , м	80	90	70	84	96	60	72	66	88	78
$AC$ , м	40	45	35	42	48	30	36	33	44	39



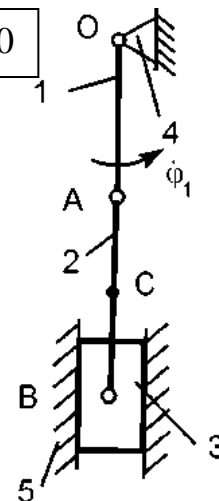
8



9



10



### Задача 5. Определение ускорения движения центра масс груза

Каток 1 массой  $m_1$ , на который намотан нерастяжимый канат, катится без скольжения по горизонтальной плоскости из состояния покоя под действием момента  $M$  пары сил и поднимает канатом, перекинутым через блок 2 массой  $m_2$ , груз 3 массой  $m_3$  по наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом (рис. 1). Пренебрегая трением качения катка с плоскостью и проскальзыванием нити относительно блока и катка, найти ускорение движения центра масс груза. Принять, что каток и блок представляют собой сплошные однородные цилиндры радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , участок каната между катком и блоком горизонтальный и коэффициент трения скольжения при движении груза по плоскости равен  $\mu$ . Исходные данные приведены в таблице 10.

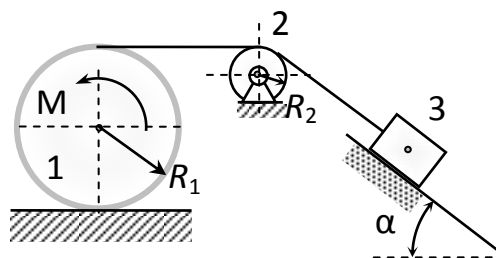


Рисунок 1

Таблица 10 – Исходные данные к задаче 5.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha, ^\circ$	30	60	30	60	30	30	60	60	45	45
$\mu$	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2
$R_1, \text{ м}$	0,1	0,2	0,12	0,14	0,08	0,05	1,1	0,9	0,16	0,07
$R_2, \text{ м}$	0,4	0,6	0,48	0,5	0,32	0,22	0,45	0,36	0,56	0,32
$M, \text{ Н}\cdot\text{м}$	20	22	18	24	21	26	25	19	23	27
$m_1, \text{ кг}$	20	40	24	28	16	12	22	18	32	44
$m_2, \text{ кг}$	5	10	6	7	4	3	5,5	4,5	8	11
$m_3, \text{ кг}$	10	14	11	12	8	6	9	7	13	15

## Оглавление

Раздел 1. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	3
1.1. Цели и задачи дисциплины.....	3
1.2. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
1.3. Библиографический список.....	4
1.4. Распределение учебного времени по разделам и темам дисциплины.....	5
Раздел 2. Методические указания по изучению дисциплины.....	6
Раздел 3. Задания для контрольной работы и методические указания по ее выполнению.....	22
3.1. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	22
3.2. Задачи для контрольной работы.....	23