

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет



Ю.Н. Рыжих

20 23 г.

**Фонд оценочных средств по дисциплине**  
Теоретическая механика

Направление подготовки (специальность)  
16.03.01 Техническая физика  
24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
Г.Р. Шрагер

Руководитель ОПОП  
К.С. Погаев

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

ФОС составил(и):

Глазунов Анатолий Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, физико-технический факультет, кафедра прикладной аэромеханики, профессор.

Еремин Иван Владимирович, кандидат физико-математических наук, зам. директора по НИР НИИ ПММ ТГУ, зав. лаб. 101 НИИ ПММ ТГУ.

Мерзляков Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, физико-технический факультет, кафедра прикладной аэромеханики, доцент.

**1. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины/модуля/практики**

Компетенция	Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования)	Критерии оценивания результатов обучения			
		неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.	<p>РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерные технологии для их решения</p> <p>РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии</p>	студент не осуществляет рефлексию в процессе решения задач	студент испытывает трудности с оценением результатов решения задач.	студент осуществляет рефлексию в процессе решения задач, но не корректирует полученные результаты.	студент уверенно осуществляет рефлексию в процессе решения задач, корректирует полученные результаты.

**2. Текущий контроль** по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **Примерный перечень теоретических вопросов**

#### **СТАТИКА**

- 1) Аксиомы статики и их следствия.
- 2) Теорема о трех непараллельных силах. Активные силы и реакции связей.
- 3) Основные задачи статики.
- 4) Система сходящихся сил.
- 5) Приведение системы сходящихся сил к равнодействующей.
- 6) Условия равновесия системы сходящихся сил.
- 7) Сложение двух параллельных сил (силы по модулю не равны).
- 8) Сложение двух параллельных сил (пара сил).
- 9) Момент силы относительно точки и относительно оси.
- 10) Момент пары сил.
- 11) Теоремы о парах.
- 12) Лемма о параллельном переносе силы.
- 13) Основная теорема статики.
- 14) Условия равновесия пространственной системы сил. Равновесие пространственной системы параллельных сил.
- 15) Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие плоской системы параллельных сил.
- 16) Приведение плоской системы сил к простейшему виду.
- 17) Теорема Вариньона в плоском случае.
- 18) Условия равновесия плоской системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 19) Равновесие тела при наличии трения скольжения.
- 20) Равновесие тела при наличии трения качения.
- 21) Статические инварианты. Динамический винт.
- 22) Частные случаи приведения пространственной системы сил. Теорема Вариньона.
- 23) Уравнения равновесия пространственной системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 24) Центр параллельных сил и центр тяжести.
- 25) Методы нахождения центра тяжести. Центр тяжести простейших фигур.

#### **КИНЕМАТИКА**

- 1) Способы задания движения. Координатный способ. Естественный способ. Векторный способ.
- 2) Вектор скорости точки. Скорость точки при координатном способе задания движения. Скорость точки в полярной системе координат.
- 3) Вектор скорости точки. Скорость точки при естественном способе задания движения.
- 4) Вектор ускорения точки. Ускорение точки при координатном способе задания движения.
- 5) Вектор ускорения точки. Ускорение точки при естественном способе задания движения. Естественный трехгранник.
- 6) Криволинейные координаты. Коэффициенты Лямэ.
- 7) Скорость точки в криволинейных координатах. Ускорение точки в криволинейных координатах.
- 8) Задание движения твердого тела.
- 9) Поступательное движение твердого тела.

- 10) Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси(угловые характеристики движения, вектор скорости и ускорения).
- 11) Плоское движение твердого тела. Задание движения.
- 12) Скорости точек при плоском движении. Мгновенный центр скоростей. Центроиды.
- 13) Ускорение точек при плоском движении. Мгновенный центр ускорений.
- 14) Движение твердого тела с одной неподвижной точкой. Задание движения. Углы Эйлера.
- 15) Распределение скоростей точек твердого тела, имеющего одну неподвижную точку. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость.
- 16) Ускорение точек тела, имеющего одну неподвижную точку.
- 17) Движение свободного твердого тела(скорость и ускорение точек тела).
- 9) Момент силы относительно точки и относительно оси.
- 10) Момент пары сил.
- 11) Теоремы о парах.
- 12) Лемма о параллельном переносе силы.
- 13) Основная теорема статики.
- 14) Условия равновесия — пространственной системы — сил. Равновесие пространственной системы параллельных сил.
- 15) Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие плоской системы параллельных сил.
- 16) Приведение плоской системы сил к простейшему виду.
- 17) Теорема Вариньона в плоском случае.
- 18) Условия равновесия плоской системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 19) Равновесие тела при наличии трения скольжения.
- 20) Равновесие тела при наличии трения качения.
- 21) Статические инварианты. Динамический винт.
- 22) Частные случаи приведения пространственной системы сил. Теорема Вариньона.
- 23) Уравнения равновесия пространственной системы сил в случае частично закрепленного тела.
- 24) Центр параллельных сил и центр тяжести.
- 25) Методы нахождения центра тяжести. Центр тяжести простейших фигур.

Экзамен в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

#### ДИНАМИКА

- 1) Основное уравнение динамики точки. Основные законы динамики (законы Ньютона).
- 2) Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
- 3) Первая и вторая задачи динамики (общее решение второй задачи).
- 4) Прямолинейное движение материальной точки. Сила есть функция только времени.
- 5) Прямолинейное движение материальной точки. Сила зависит только от положения точки.
- 6) Прямолинейное движение материальной точки. Сила является функцией только скорости.
- 7) Теорема об изменении количества движения материальной точки.
- 8) Теорема об изменении момента количества движения материальной точки.

Теорема площадей.

- 9) Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии.
- 10) Определение несвободного движения. Связи. Принцип освобожденности от связей. Уравнения связей, классификация связей.
- 11) Движение точки по гладкой неподвижной поверхности.
- 12) Движение точки по гладкой неподвижной кривой.
- 13) Естественные уравнения движения.
- 14) Метод кинетостатики для точки (принцип Даламбера). Явление невесомости.
- 15) Динамика относительного движения точки. Переносная и кориолисова силы инерции. Условия относительного покоя.
- 16) Материальная система. Центр масс. Внешние и внутренние силы. Свойства внутренних сил.
- 17) Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
- 18) Теорема об изменении количества движения материальной системы.
- 19) Теорема об изменении момента количества движения материальной системы.
- 20) Теорема об изменении кинетической энергии материальной системы.
- 21) Закон сохранения полной механической энергии материальной системы.
- 22) Динамика тела переменной массы. Понятие тела переменной массы. Уравнение движения точки переменной массы. Количество движения переменной массы.
- 23) Теорема об изменении количества движения тела переменной массы.
- 24) Уравнение Мещерского.
- 25) Задача Циолковского.
- 26) Формула Циолковского для многоступенчатой ракеты.

#### АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

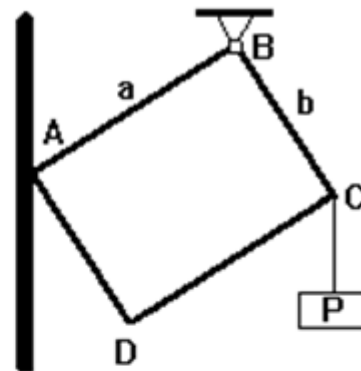
- 1) Аналитическая статика. Связи. Виртуальные перемещения голономных связей.
- 2) Идеальные связи. Принцип виртуальных перемещений.
- 3) Обобщенные координаты и обобщенные силы. Условия равновесия в обобщенных координатах.
- 4) Аналитическая динамика. (Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода.)

#### Перечень примерных задач

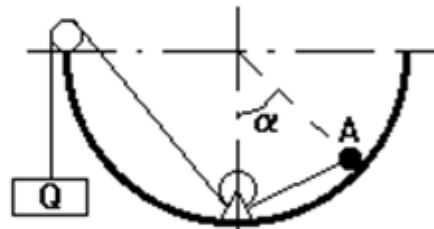
Перечень практических заданий проверяют сформированность знаний у обучающихся по изученным темам дисциплины Теоретическая механика: статика, динамика, кинематика, аналитическая механика.

ВАРИАНТ 1

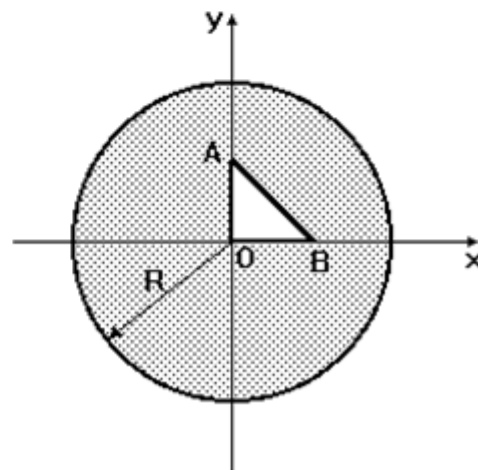
1. Прямоугольная пластина шарнирно закреплена в вершине  $B$ , а вершиной  $A$  опирается на гладкую вертикальную стену. Пренебрегая весом пластины, определить модули реакций стены и шарнира, если к вершине  $C$  подвешен груз весом  $P$ .



2. Точка  $A$  весом  $P$  находится в равновесии на внутренней шероховатой поверхности полусферы. Определить при данном угле  $\alpha$  модуль наименьшей силы  $Q$ , которую надо приложить к точке, как указано на рисунке, чтобы привести ее в движение, если коэффициент трения  $f = \tan \varphi$ , причем  $\varphi > \alpha$ . Блоки считать идеальными.

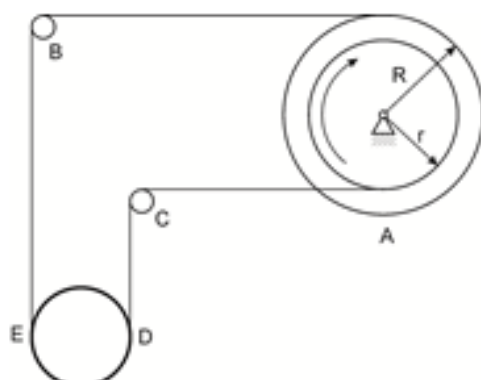


3. В однородном диске ( $R = 2a$ ) сделан вырез в виде прямоугольного треугольника  $OAB$ . Определить центр тяжести оставшейся части диска, если  $OA = OB = a$ .



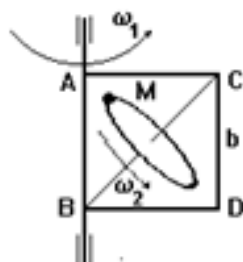
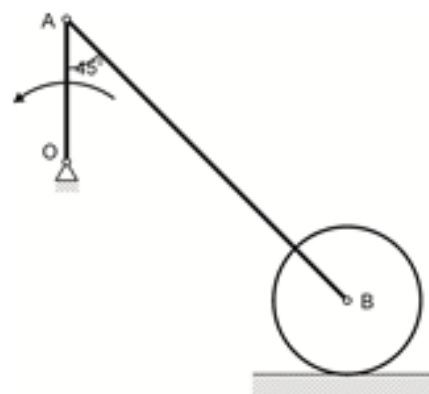
Пример задания по теме Кинематика

ВАРИАНТ 1



1. Подъем трубы производится с помощью ступенчатого барабана А, вал которого делает 10 об/мин. Определить модуль скорости оси трубы, если  $r = 5$  см,  $R = 15$  см. Участки тросов BE и DC считать вертикальными.

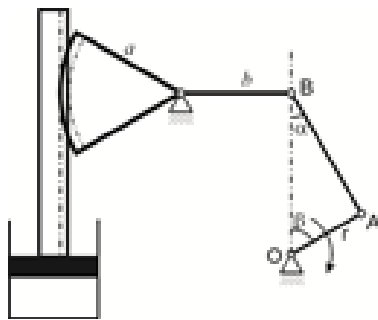
2. Определить угловое ускорение шатуна AB кривошипно-ползунного механизма в данном положении, если кривошип OA вращается с постоянной угловой скоростью 10 рад/с, а длины звеньев  $OA = 0,3$  м,  $AB = 0,45$  м.



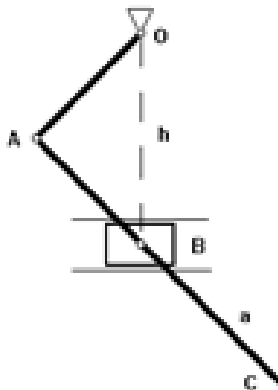
3. Квадратная рама со стороной  $b$  вращается вокруг оси AB с постоянной угловой скоростью  $\omega_1$ . Вокруг оси BC, совпадающей с диагональю рамы, вращается диск радиусом  $R = b\sqrt{2}/4$  с постоянной угловой скоростью  $\omega_2 = \omega_1\sqrt{2}$ . Определить модуль абсолютного ускорения точки M диска, лежащего в данный момент в плоскости рамы.



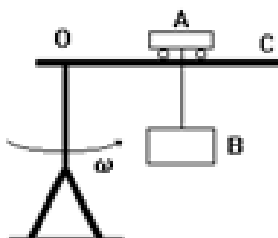
ВАРИАНТ 2



1. Поршень приводится в движение с помощью кривошипного механизма с зубчатой рейкой и зубчатым сегментом. Определить модуль скорости поршня в положении механизма, указанном на рисунке, если при этом  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ , а угловая скорость кривошипа равна  $\omega_0$ .

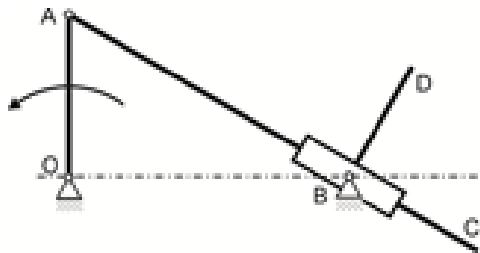


2. Ползун В движется равномерно в прямолинейных горизонтальных направляющих со скоростью  $v$  и приводит в движение стержень АС и балансир ОА. Определить модули ускорений точек А и С в момент, когда точка В находится на одной вертикали с неподвижной точкой О, если в этот момент угол  $OAC = 90^\circ$ . Длина кривошипа  $OA = R$ , расстояние от шарнира О до направляющих ползуна  $= h$ , расстояние  $BC = a$ .

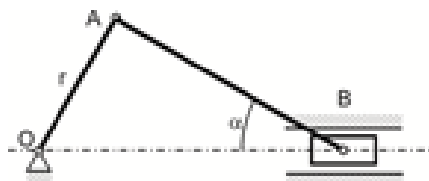


3. Башенный кран вращается равномерно с угловой скоростью 2 рад/с. Тележка А имеет в данный момент скорость  $v = 3$  м/с и ускорение  $w = 4$  м/с по отношению к стреле ОС. Груз В опускается равномерно вертикально вниз. Чему равен модуль абсолютного ускорения груза в момент, когда расстояние  $OA = 3$

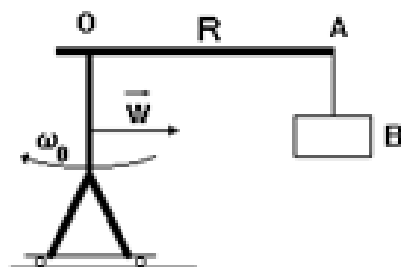
### ВАРИАНТ 3



1. При вращении кривошипа  $OA$  механизма стержень  $AC$  благодаря наличию поворотной втулки все время проходит через неподвижную точку  $B$ . С втулкой неизменно связан стержень  $BD$  длиной  $l$ , перпендикулярный стержню  $AC$ . Определить скорость точки  $D$  в момент, когда угол  $AOB = 90^\circ$ , угол  $ABO = 30^\circ$ , а угловая скорость кривошипа равна  $\omega_0$ .

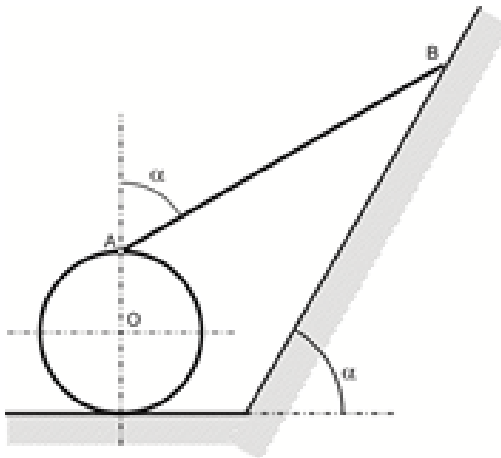


2. Определить модуль ускорения точки  $A$  в момент, когда мотыль  $OA$  и шатун  $AB$  взаимно перпендикулярны, а угол  $\alpha = 30^\circ$ , если при этом скорость поршня  $B$  имеет максимальное значения, равное  $v_0$ . Длина  $OA = r$ .



3. Кран движется с ускорением  $w_1$  по прямолинейным рельсам и одновременно вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью  $\omega_0$ . Длина свисающей части троса изменяется по закону  $l = l_0 - at^2/2$  ( $l$  и  $a = \text{const}$ ). Вылет крана  $OA = R$ . Определить абсолютное ускорение груза в момент, когда стрела  $OA$  параллельна рельсам.

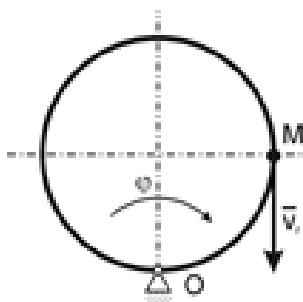
ВАРИАНТ 4



1. Конца  $B$  стержня  $AB$  скользит со скоростью  $V = 1$  м/с по наклонной плоскости. Другой конец  $A$  шарнирно связан с роликом, который катится без скольжения. Определить скорость центра  $C$  ролика, если угол  $\alpha = 60^\circ$ .



2. Ускорения концов  $A$  и  $B$  стержня длиной  $L$  параллельны между собой, направлены в противоположные стороны, составляют острые углы  $\beta$  со стержнем и имеют модули  $W_a$  и  $W_b$ . Определить угловую скорость и угловое ускорение стержня, а также его мгновенный центр ускорений.

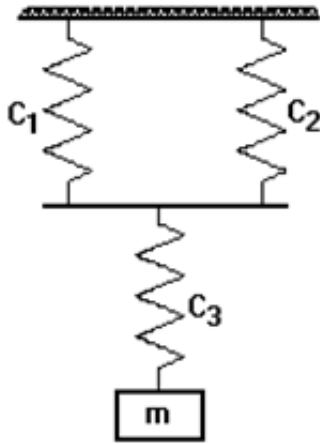


3. Диск вращается в своей плоскости вокруг точки  $O$  с некоторой постоянной угловой скоростью, а точка  $M$  равномерно движется по окружности диска, обходя его два раза за время одного оборота. Зная, что абсолютное ускорение точки  $M$  в момент, когда  $\varphi = 90^\circ$ , равно  $\sqrt{82}$  м/с<sup>2</sup>, определить угловую скорость диска, если его радиус равен 1 м. Направления движения точки и вращения диска указаны на рисунке.

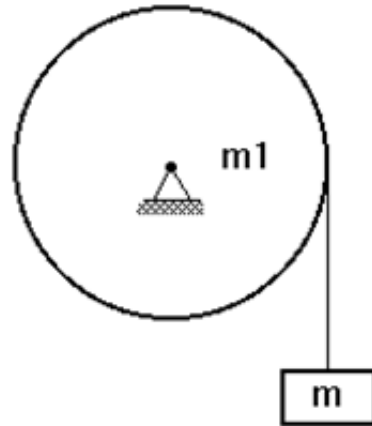
Пример задания по теме Динамика

ВАРИАНТ 1

1. Аэростат массой  $m$  (с балластом) опускается вертикально с постоянным ускорением  $w$ . Определить массу балласта, который следует сбросить за борт, чтобы аэростат получил такое же по модулю ускорение, но направленное вверх. Сопротивлением пренебречь.



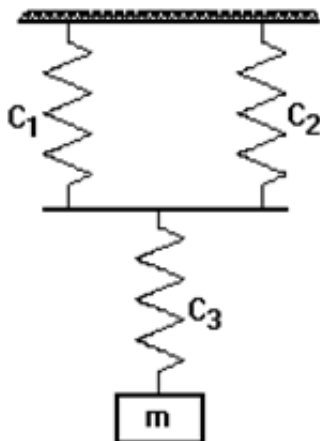
2. Определить круговую частоту свободных вертикальных колебаний груза массой  $m=2$  кг, если коэффициенты жесткости пружин  $C_1 = C_2 = C_3 = 300$  Н/м.



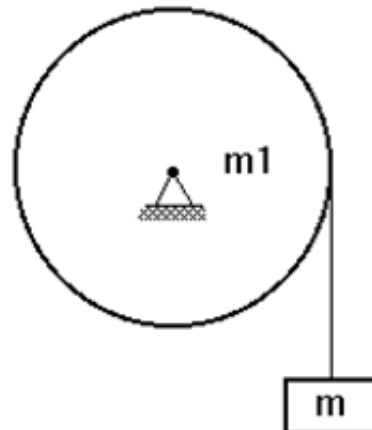
3. На однородный цилиндр, способный свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, намотан трос, на свободном конце которого подвешен груз массой  $m$ . Определить давление на ось цилиндра, если груз опускается с ускорением  $w$ , масса цилиндра равна  $m1$ .

ВАРИАНТ 1

1. Аэростат массой  $m$  (с балластом) опускается вертикально с постоянным ускорением  $w$ . Определить массу балласта, который следует сбросить за борт, чтобы аэростат получил такое же по модулю ускорение, но направленное вверх. Сопротивлением пренебречь.

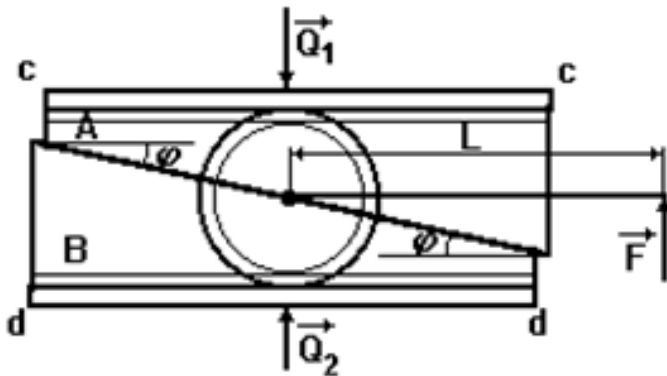


2. Определить круговую частоту свободных вертикальных колебаний груза массой  $m=2$  кг, если коэффициенты жесткости пружин  $C_1 = C_2 = C_3 = 300$  Н/м.



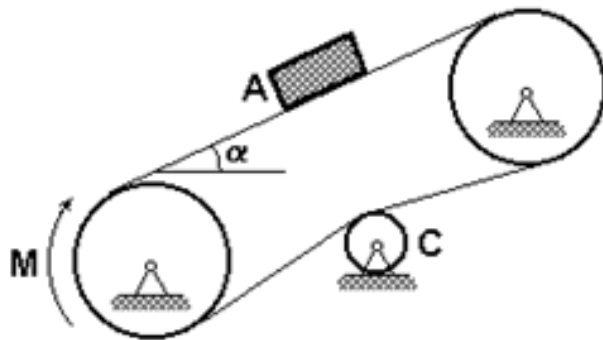
3. На однородный цилиндр, способный свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, намотан трос, на свободном конце которого подвешен груз массой  $m$ . Определить давление на ось цилиндра, если груз опускается с ускорением  $w$ , масса цилиндра равна  $m1$ .

**ВАРИАНТ 1**



1. Для распора параллельных плоскостей с-с и d-d используются встречные клинья А и В, которые приводятся в движение звездочкой О радиусом  $r$ . Определить модули сил  $Q_1$  и  $Q_2$ , с которыми производится распор, если со звездочкой скреплена рукоятка длиной  $L$ , к концу которой приложена вертикальная сила  $F$ , а угол скоса клиньев равен  $\varphi$ . Угол поворота звездочки считать

настолько малым, что сцепление между звездочкой и клиньями не нарушается.



2. На транспортере находится груз А массой  $m$ . К ведущему шкиву приложен вращающий момент  $M$ . Ведомый и ведущий шкивы имеют одинаковые массы, распределенные по ободу, и радиусы, равные  $R$ . Лента транспортера считается однородной, имеет массу  $m_1$  и натягивается роликом С, масса которого пренебрежимо мала. Определить модуль ускорения груза А, если масса

каждого шкива равна  $m_2$ , а угол наклона ленты к горизонту равен  $\alpha$ . Трением в осях пренебречь.



3. На гладкой горизонтальной плоскости находится доска массой  $m_1$ , а на доске - тонкостенный цилиндр массой  $m_2$ . Предполагая, что скольжение между цилиндром и доской отсутствует, определить модули абсолютных ускорений доски

$w$  и оси цилиндра  $w$ , если к доске приложена сила  $G$ .

**3. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено». Зачтено Выставляется студенту, владеющему базовыми знаниями в области изучаемой дисциплины. Незачтено Выставляется студенту в случае отсутствия знаний по вопросам билета теоретического зачета.

Допуск к зачету дается по результатам текущего контроля успеваемости на практических занятиях. Необходимо 100% посещаемость и выполнение — двух контрольных работ. Отработка пропусков — решение домашних задач, заданных на пропущенном практическом занятии.

Экзамен в четвертом семестре проводится в письменной форме по билетам.

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

#### **4. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

- 1) Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики: Учебник. – Спб.: Лань, 2008. – 736 с.
- 2) Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки: Учебное пособие. 10-е изд., стер. ñ Спб.: Издательство «Лань», 2009. – 480 с.
- 3) Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики Ч. 1. Динамика системы материальных точек: Учебное пособие. 7-е изд., стер. – Спб.: Издательство «Лань», 2009. – 336 с.

б) дополнительная литература:

- 1) Вильке В.Г. Теоретическая механика. Серия "Классический университетский учебник". – Изд.3, испр. и доп. 2003. – 304 с.
- 2) Кирсанов М.Н. Решебник. Теоретическая механика. – М.: Физматлит, 2008. – 384 с.
- 3) Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике: Учебное пособие. – Спб.: Лань, 2005. – 448 с.
- 4) Теоретическая механика: учебник для академического бакалавриата/ Н. Н. Поляхов, С. А. Зегжда, М. П. Юшков; под ред. П. Е. Товстика. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 592 с.
- 5) Томилов Е.Д. Теоретическая механика Ч.1. ñ Изд-во Томского университета, 1966. – Ч.1. – 304 с.