

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ставропольский государственный аграрный университет»

Кафедра «Механики и компьютерной графики»

Методические указания для практических занятий

по дисциплине «Теоретическая механика»

Ставрополь 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....
2. Тематический план занятий.....
3. Матрица формирования компетенций.....
4. Занятия по теме:«Статика твердого тела».....
5. Занятия по теме:«Кинематика точки и твердого тела».....
6. Занятия по теме:«Динамика точки и механической системы».....
7. Список рекомендованной литературы.....

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Теоретическая механика» – фундаментальная естественнонаучная дисциплина, лежащая в основе современной науки и техники. На материале теоретической механики базируются как общетехнические, так и специальные дисциплины, предметом изучения которых являются процессы, связанные с механическим движением и механическим взаимодействием твердых тел и сплошных сред.

Целью освоения дисциплины «Теоретическая механика» является:

– изучение общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами;

– формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков исследований с построением механико-математических моделей, адекватно отражающих изучаемые явления;

– формирование у студентов научного мировоззрения на основе знания объективных законов, действующих в материальном мире.

Задачами дисциплины являются:

– определение сил, возникающих при взаимодействии материальных тел, составляющих механическую систему (силовой расчет);

– определение характеристик движения тел и их точек в различных системах отсчета (кинематический расчет);

– определение законов движения материальных тел при действии сил (динамический расчет).

– навыками самостоятельно овладевать новой информацией в процессе производственной и научной деятельности, используя современные образовательные и информационные технологии.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: – понятия и законы теоретической механики, роль дисциплины как теоретической базы естественнонаучных и прикладных дисциплин; – методы исследования систем сил, методы решения задач механики при условии равновесия тел и механических систем; – методы определения кинематических характеристик точки и тела при различных способах задания их движения; – методы и принципы исследования движения тел при действии сил.

Уметь: – формулировать решаемые задачи в понятиях теоретической механики; – разрабатывать механико-математические модели, адекватно отражающие основные свойства рассматриваемых явлений; – выполнять исследование математических моделей механических явлений с применением современных информационных технологий.

Владеть: – навыками исследования задач механики и построения механико-математических моделей, адекватно описывающих разнообразные механические явления; – навыками практического использования методов и принципов теоретической механики при решении задач: силового расчета, определения кинематических характеристик тел при различных способах задания движения, определения закона движения материальных тел и механических систем под действием сил; – навыками самостоятельно овладевать новой информацией в процессе производственной и научной деятельности, используя современные образовательные и информационные технологии.

Практическое (лабораторное) занятие - одно из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. Лабораторно-практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы по дисциплине в соответствии учебного плана. Различные формы практических занятий являются самой емкой частью учебной нагрузки в вузе. Лабораторно-практические занятия – метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.

Цель лабораторно-практических занятий:

- помочь студентам систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить обучающихся приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;
- научить их работать с книгой, пользоваться справочной и научной литературой;
- формировать умение студентов учиться самостоятельно, т. е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

2. Тематический план занятий

Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практических (лабораторных, семинарских) работ
Статика твердого тела	Определение направлений реакций опор
	Условия равновесия системы сходящихся сил.
	Приведение произвольной плоской системы сил к простейшему виду.
	Условия равновесия системы сил, произвольно расположенных на плоскости.
	Расчет плоских ферм.
	Определение центра тяжести плоского тела.
Кинематика точки	Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения.
	Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания движения.
Кинематика твердого тела	Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.
	Плоское движение твердого тела.
Сложное движение точки и твердого тела	Определение ускорения точки при сложном движении.
Динамика точки и механической системы	Общие теоремы динамики точки.
	Количество движения и кинетическая энергия системы (твердого тела).
	Общие теоремы динамики механической системы.
Аналитическая механика	Принцип Даламбера.
	Общее уравнение динамики.
Теория удара	Определение коэффициента восстановления

3. Матрица формирования компетенций

№ п/п	Наименование практических (лабораторных, семинарских) работ	Компетенции, формируемые на занятиях			
		ОК-7	ОПК-3	ПК-20	ВК-1
1	Определение направлений реакций опор	+	+	+	+
2	Условия равновесия системы сходящихся сил.	+	+	+	+
3	Приведение произвольной плоской системы сил к простейшему виду.	+	+	+	+
4	Условия равновесия системы сил, произвольно расположенных на плоскости.	+	+	+	+
5	Расчет плоских ферм.	+	+	+	+
6	Определение центра тяжести плоского тела.	+	+	+	+
7	Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения.	+	+	+	+
8	Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания движения.	+	+	+	+
9	Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси.	+	+	+	+
10	Плоское движение твердого тела.	+	+	+	+
11	Определение ускорения точки при сложном движении.	+	+	+	+
12	Общие теоремы динамики точки.	+	+	+	+
13	Количество движения и кинетическая энергия системы (твердого тела).	+	+	+	+
14	Общие теоремы динамики механической системы.	+	+	+	+
15	Принцип Даламбера.	+	+	+	+
16	Общее уравнение динамики.	+	+	+	+
17	Определение коэффициента восстановления	+	+	+	+

Раздел: «Статика твердого тела»

Тема: «Связи и их реакции. Определение направлений реакций опор»

Вопросы для самоподготовки.

1. Что изучает статика?
2. Какие тела считают абсолютно твердыми?
3. Сформулируйте определение термина «сила».
4. Перечислите характеристики силы. Как принято обозначать силу?
5. Сформулируйте определение термина «линия действия силы».
6. Как классифицируют системы сил? Сформулируйте определения типов систем сил.
7. Какую систему сил называют уравновешенной?
8. Какую силу называют равнодействующей?

Тесты

1. Без изменения действия на абсолютно твердое тело силу можно переносить
 - а) параллельно линии действия;
 - б) по линии действия.
2. Какая из систем сил (рис.1) является сходящейся?

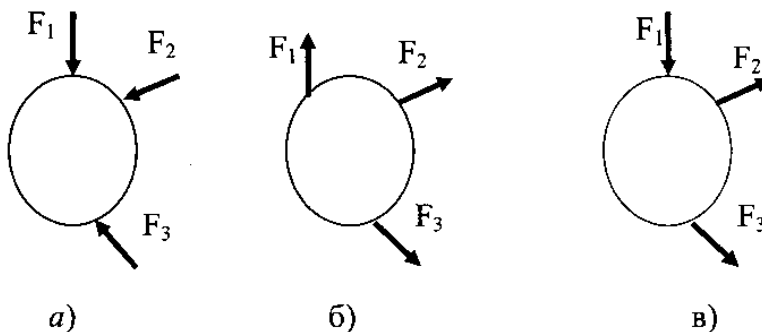


Рис.1

3. В каких единицах измеряют силу
 - а) килограмм;
 - б) Ньютон;
 - в) Ньютонметр.
4. На каких схемах идеальных связей (рис.2) реакции показаны правильно?

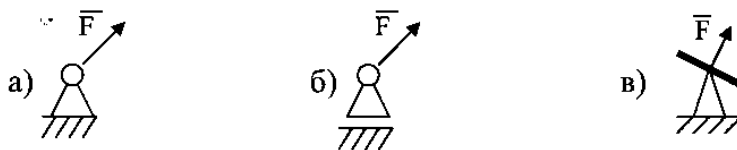


Рис.2

Задания на занятие.

Задача 1. Показать на схеме рис.3 реакции связей балки ABC.

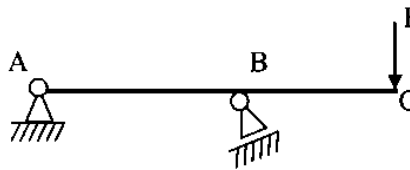


Рис.3

Задача 2. Показать на схеме рис.4 реакции связей кронштейна ACB.

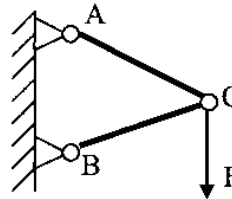


Рис.4

Задача 3. Показать на схеме рис.5 реакции связей

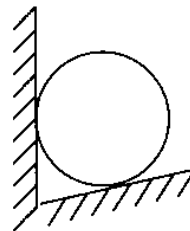


Рис.5

Тема : «Момент силы относительно точки и оси. Момент пары сил, свойства момента пары сил.»

Цель занятия: Определение момента силы относительно центра и оси. Составление уравнений моментов сил, действующих на твердое тело, относительно заданных оси и центра.

Вопросы для самоподготовки.

1. Что называют моментом силы, моментом пары сил?
2. Чему равен модуль момента силы относительно точки?
3. Какое действие момента силы считают положительным?
4. При каких условиях момент силы относительно точки равен нулю?
5. Чему равен момент равнодействующей силы?
6. Чему равен момент силы относительно оси? При каких условиях момент силы относительно оси равен нулю?
7. Что называют парой сил? Чему равен модуль момента пары сил?
8. Сформулируйте свойства момента пары сил при изменении сил и плеча пары, при параллельном переносе пары сил.

9. Что называют моментом силы, моментом пары сил?
10. Чему равен модуль момента силы относительно точки?
11. Какое действие момента силы считают положительным?
12. При каких условиях момент силы относительно точки равен нулю?
13. Чему равен момент равнодействующей силы?
14. Чему равен момент силы относительно оси? При каких условиях момент силы относительно оси равен нулю?
15. Что называют парой сил? Чему равен модуль момента пары сил?
16. Сформулируйте свойства момента пары сил при изменении сил и плеча пары, при параллельном переносе пары сил.

Тесты

1. Момент силы F относительно точки A (рис.6)
 - а) положителен; б) отрицателен; в) равен нулю.

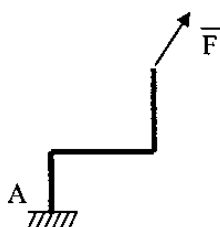


Рис.6

2. Момент силы F относительно точки A (рис.7) равен
 - а) $M(F) = -F \cdot AB$; б) $M(F) = -F \cdot AD$; в) $M(F) = F \cdot AD$; г) $M(F) = F \cdot AC$.

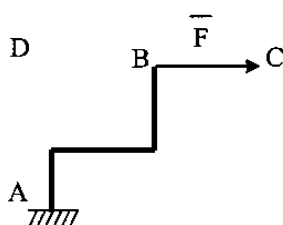


Рис.7

3. На раму (рис.8) действует сила $F=100$ Н. Размеры рамы : $a=2$ м, $b=0,5$ м, $c=0,5$ м.

- Момент силы F относительно точки A равен
- а) $M_A(F) = 200$ Нм; б) $M_A(F) = -200$ Нм; в) $M_A(F) = -150$ Нм.

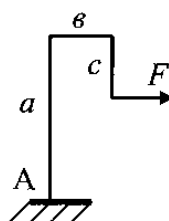


Рис.8

4. В точке А плоскости Π приложена сила F под углом α к плоскости, (рис.9). Момент силы F относительно оси OZ равен

- а) $M_z(\vec{F}) = F \cdot OA$; б) $M_z(\vec{F}) = F \cdot OA \cdot \cos \alpha$; в) $M_z(F) = F \cdot OB \cdot \cos \alpha$.

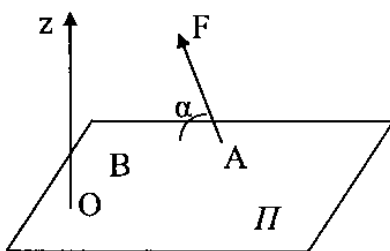


Рис.9

5. При переносе пары сил из сечения 1 в сечение 2 (рис.10) вращающее действие пары относительно точки А

- а) увеличится в два раза; б) уменьшится в два раза; в) не изменится.

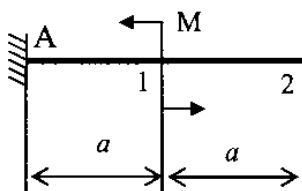


Рис.10

Задания на занятие.

Задача 1. Определить момент силы F относительно точки А (рис.11).

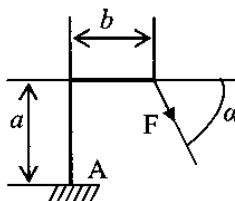


Рис.11

Задача 2. . В точке А плоскости Π приложена сила F под углом α к плоскости, (рис.11). Определить момент силы F относительно оси OZ , перпендикулярной плоскости. Числовые значения параметров: $F=100H$, $OB=0.5m$, $\alpha=30^\circ$.

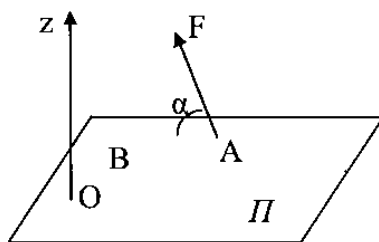


Рис.12

Задача 3. Выразить суммарный момент пар сил (\vec{F}_1, \vec{F}_1') , (\vec{F}_2, \vec{F}_2') , (\vec{F}_3, \vec{F}_3') (рис.13) через момент пары (\vec{F}_1, \vec{F}_1') , если $F_2=1,5F_1$, $F_3=2,5F_1$, плечи пар сил $h_1=h_2=h_3$.

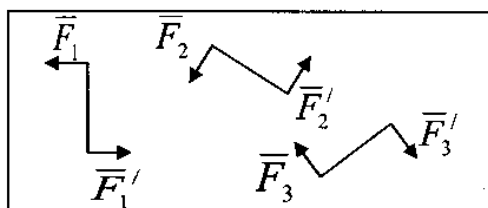


Рис.13

Задача 4. Определить реакции связей А и В (рис.14) графическим способом, если $F=10$ кН.

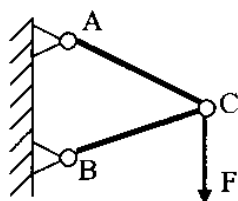


Рис.14

Задача 5. Груз массой 20 кг подвешен в точке В посередине троса АС, рис.15. В результате прогиба ветви троса образовали угол $\alpha = 5^\circ$ с горизонтом. Определить графическим способом с какой силой натянуты ветви троса.

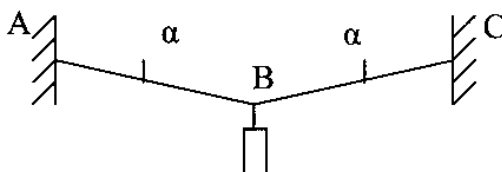


Рис.15

Тема: «Приведение системы сил к одному центру»

Цель занятия: Изучение методов преобразования системы сил к данному центру.

Вопросы для самоподготовки.

1. На основании какого закона выполняют сложение сил?
2. В чем заключается графический способ сложения сил? Какие основные способы графического сложения сил?
3. В чем заключается аналитический способ сложения сил?
4. К какому простейшему виду приводится сходящаяся система сил?
5. Какое характерное свойство имеет векторный многоугольник уравновешенной системы сил?

6. Сформулируйте теорему о параллельном переносе силы.
 7. К какому простейшему виду приводится произвольная система сил?

Тесты

- При графическом сложении сил суммируют
 - модули сил;
 - алгебраические значения сил;
 - векторы сил.
- Теоретической основой сложения сил способом многоугольника является
 - аксиома независимости действия сил;
 - аксиома о параллелограмме сил;
 - аксиома противодействия.
- Сила F перенесена из точки A в точку B . Какой вариант преобразования (рис.16) не изменяет действия на тело?

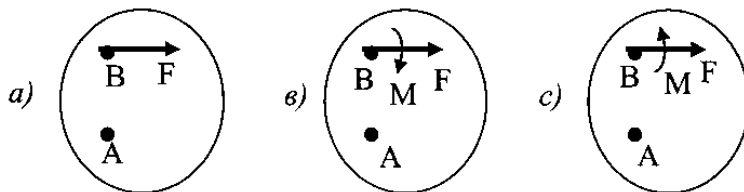


Рис.16

- Произвольная система сил приводится
 - к равнодействующей силе;
 - к главному вектору;
 - к главному моменту;
 - к главному вектору и главному моменту.

Задания на занятие.

Задача 1. Определить графическим способом равнодействующую системы сил (рис.17): $F_1=5\text{Н}$, $F_2=10\text{Н}$, $F_3=15\text{Н}$.



Рис.17

Задача 2. Привести систему сил F_1, F_2 (рис.18) к центру B и определить значение главного вектора и главного момента, если $F_1=3\text{Н}$, $F_2=4\text{Н}$, $a=20\text{мм}$.

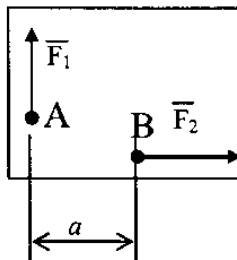


Рис.18

Задача 3. Определить координаты центра тяжести плоской фигуры рис.19.

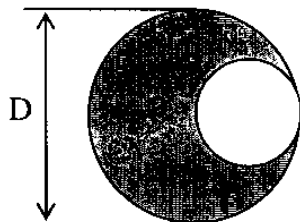


Рис.19

Тема: «Условия равновесия сходящейся и произвольной систем сил. Методы решения задач статики.»

Цель занятия: Изучение условий равновесия сходящейся системы сил, произвольной плоской и пространственной системы сил.

Вопросы для самоподготовки.

1. Дайте определение понятия «равновесие тела».
2. Перечислите типы систем сил, которые могут действовать на тело.
3. Как в общем виде записывают условия равновесия для различных типов систем сил?
4. В чём отличие условий равновесия для сходящейся и произвольной систем сил?
5. Сформулируйте логический порядок решения задач статики.
6. В чем заключается статическая определимость задачи?
7. Сформулируйте принцип графического решения задач статики.

Тесты

1. В каких перечисленных условиях тело находится в равновесии?

- а) тело неподвижно;
- б) тело движется равномерно прямолинейно;
- в) тело движется равномерно по окружности.

2. Как направлен вектор F равнодействующей силы (рис.20), если известно, что $F_x=15\text{H}$; $F_y=-20\text{H}$.

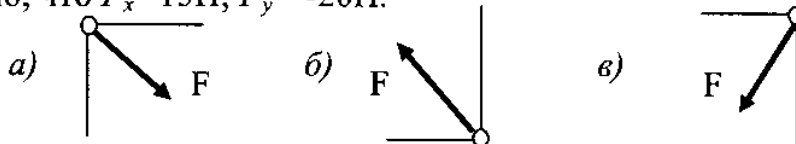


Рис.20

3. Груз (рис.21) находится в равновесии. Указать, какой из силовых треугольников для шарнира В построен верно.

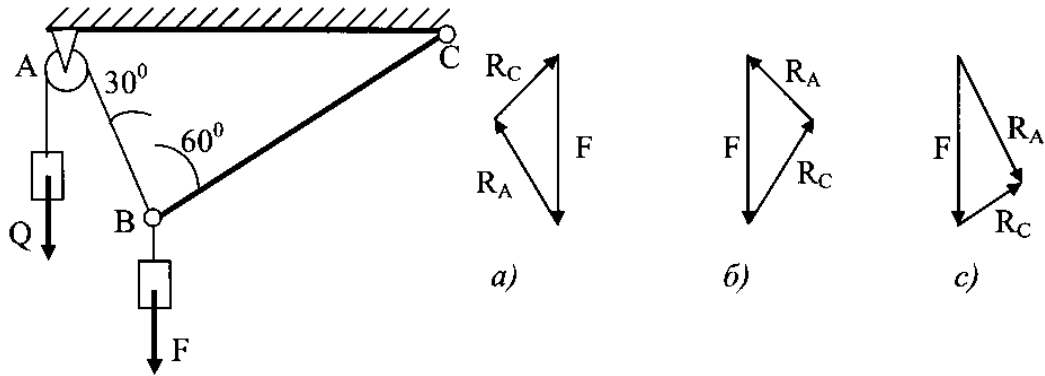


Рис.21

4. Груз F (рис.22) находится в равновесии. Указать, какая система уравнений равновесия верна

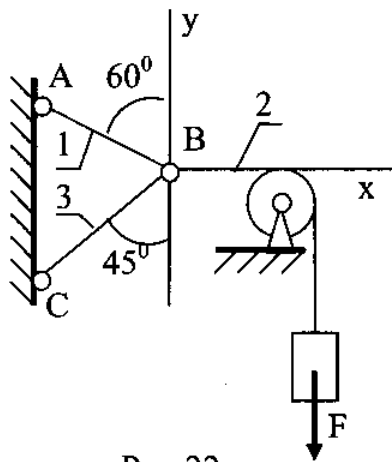


Рис.22

а)
$$\sum F_{kx} = R_2 - R_1 \cos 60^\circ - R_3 \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum F_{ky} = R_1 \cos 60^\circ - R_3 \cos 45^\circ = 0$$

б)
$$\sum F_{kx} = R_2 - R_1 \cos 30^\circ - R_3 \cos 45^\circ = 0$$

$$\sum F_{ky} = R_1 \cos 60^\circ - R_3 \cos 45^\circ = 0$$

5. Оцените статическую определимость задачи по схеме, приведенной на рис.23.

а) определима; б) единожды неопределима; в) дважды неопределима.

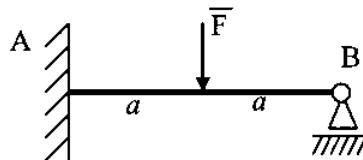


Рис.23

Задачи на занятие.

Задача 1. Для заданной схемы нагружения балки (рис.24) построить расчетную схему:

- провести оси координат;
- показать реакции связей;
- распределенную нагрузку заменить равнодействующей силой;
- сосредоточенную силу, не параллельную осям координат, разложить на составляющие, параллельные осям координат.

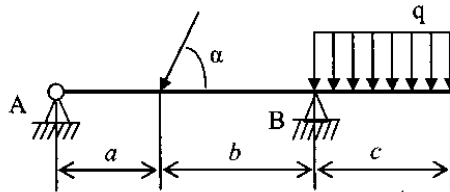


Рис.24

Задача 2. Составить уравнение равновесия рамы (рис.25).

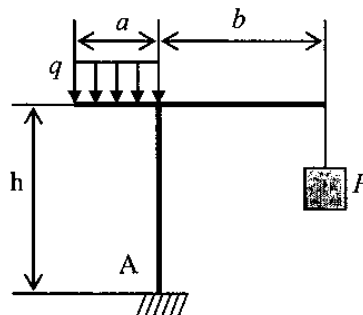


Рис.25

Задача 3. На кронштейн, состоящий из двух шарнирно соединенных стержней (рис.26), действует распределённая нагрузка q . Определить силы, действующие на стержни.

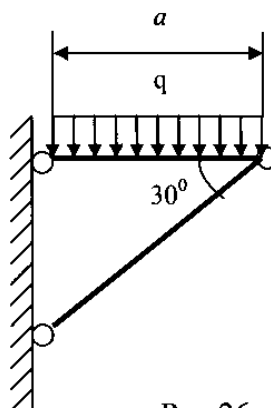


Рис.26

Задача 4. Составить уравнения равновесия узла С кронштейна рис.27.

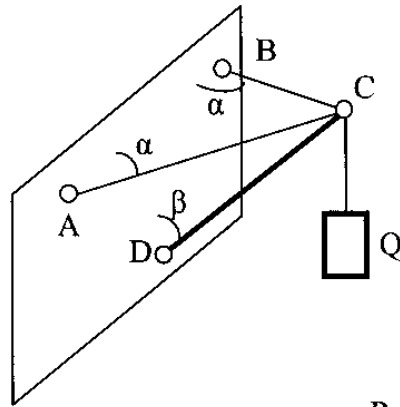


Рис.27

Задача 5. Вес шара 10Н, $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$, (рис.28). Определить давление шара на каждую плоскость графическим способом.

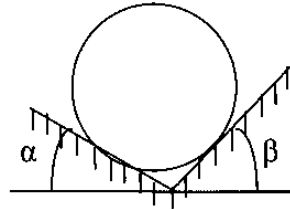


Рис 28

Контрольные задачи по темам раздела «Статика твердого тела».

Задача 1. На балку (рис.29), действует сосредоточенная сила $F=20кН$, пара сил с моментом $M= 40 кНм$ и распределенная нагрузка интенсивностью $q= 10 кН/м$. Линейные размеры: $a=2м$, $b=3м$, $c=1м$.

Определить реакции связей балки.

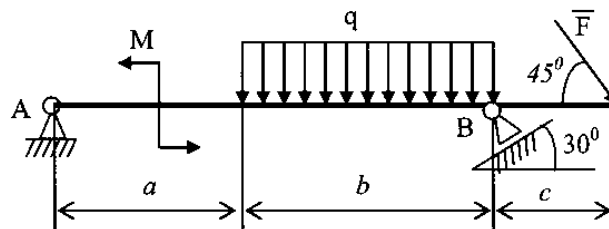


Рис.29

Задача 2. Плита (рис.30) весом $P=100\text{Н}$ удерживается в горизонтальном положении при помощи сферического шарнира А, цилиндрического шарнира В и троса СЕ. Определить реакции связей

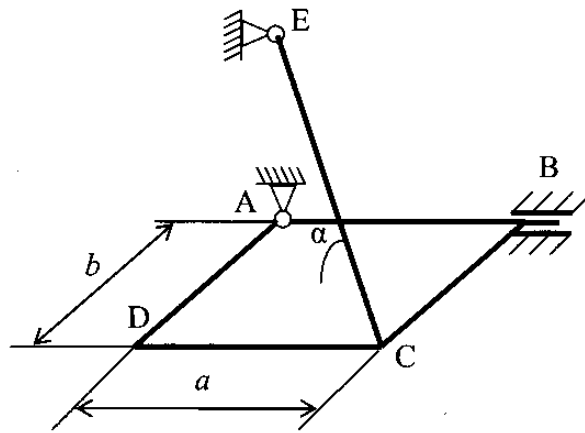


Рис.30

Задача 3. Определить графическим способом силы, действующие на стержни кронштейна рис.31

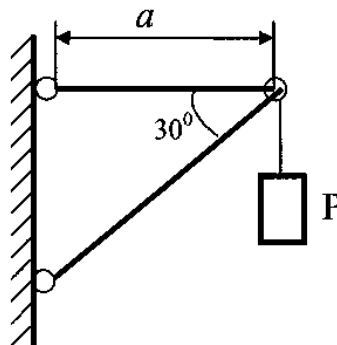


Рис.31

Задача 4. Определить положение центра тяжести плоской фигуры (рис.32).

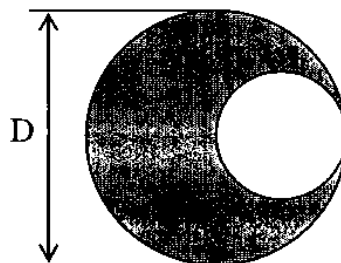


Рис.32

Раздел «Кинематика»

Тема: «Основные понятия кинематики. Определение кинематических характеристик точки».

Цель занятия: определение основных кинематических характеристик (траектория движения, скорость, ускорение) точки.

Вопросы для самоподготовки.

1. Какие кинематические способы задания движения точки существуют, и в чем состоит каждый из этих способов?
2. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определяют уравнение ее траектории?
3. Что называют средней скоростью точки и как направлен ее вектор?
4. Как определяют скорость точки в данный момент времени и как направлен ее вектор?
5. По каким формулам определяется алгебраическое значение скорости при различных формах задания движения?
6. Чему равно ускорение точки в данный момент времени?
7. По каким формулам определяется значение составляющих ускорения точки при различных формах задания движения?
8. Как направлены вектора тангенциального и нормального ускорения?

Тесты

1. Точка движется прямолинейно согласно закону $X=2t^2$. Движение точки задано
 - а) в векторной системе отсчета;
 - б) в координатной системе отсчета;
 - в) в естественной системе отсчета.
2. Закон движения точки $S=2+0,1t^3$. Какое движение совершает точка?
 - а) Равномерное;
 - б) Равноускоренное;
 - в) Равнозамедленное;
 - г) Неравномерное.
3. По какой формуле определяется скорость точки в координатной системе отсчета?
 - а) $V = \frac{dS}{dt}$;
 - б) $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$;
4. Точка движется по криволинейной траектории. По какой формуле определяется ускорение точки в естественной системе отсчета?
 - а) $a = \frac{dV}{dt}$;
 - б) $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$;
 - в) $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$;
5. По какой формуле определяется тангенциальное ускорение?
 - а) $a = \frac{V^2}{R}$;
 - б) $a = \varepsilon \cdot R$;

6. Точка движется по окружности (рис.33). Определить вид движения точки, если $a_n = Const$.
- а) Равномерное; б) Равноускоренное; в) Равнозамедленное; г) Неравномерное

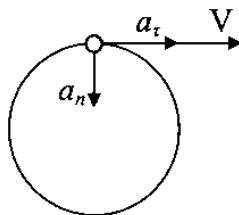


Рис.33

7. По графику скорости рис.34 определить вид движения точки
- а) Равномерное; б) Равноускоренное; в) Равнозамедленное; г) Неравномерное



Рис.34

Задачи на занятие.

Задача 1. Найти касательное и нормальное ускорения точки, движение которой выражается уравнениями $X=t^2-1$; $Y=2t$.

Задача 2. Точка движется прямолинейно согласно уравнению

$$S = 0,5t^2 + 10t + 5$$

Определить начальную скорость, скорость и ускорение на 3-ей секунде.

Задача 3. Точка обода колеса в период разгона движется согласно уравнению $S=0,2t^3$. Радиус маховика равен 3 м. Определить нормальное и касательное ускорения в момент, когда её скорость будет равна 12 м/с.

Задача 4. Тело, двигаясь из состояния покоя равноускоренно, достигло скорости 50 м/с за 25с. Определить путь, пройденный телом.

Задача 5. По графику скоростей точки (рис.35) определить путь, пройденный за время движения

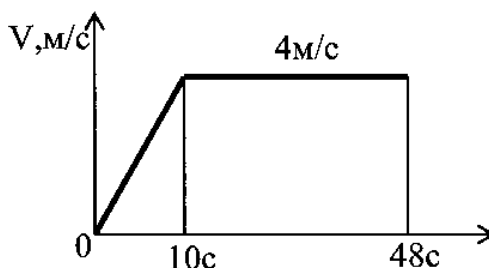


Рис.35

Задача 6. Точка движется согласно уравнениям $X = 4\sin \pi t$ и $Y = 3\cos \pi t$ где X и Y выражены в сантиметрах, t - в секундах.

Найти и изобразить на чертеже траекторию, скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорение точки в момент времени $t_1 = 1$ с.

Тема №6: «Кинематика твердого тела. Порядок решения задач кинематики механических систем, содержащих твердые и гибкие тела».

(Модуль «Кинематика»)

Цель занятия: определение основных кинематических характеристик (угловая скорость, угловое ускорение, скорость и ускорение полюса) твердых тел. Определение кинематических характеристик точек твердых тел.

Ключевые слова: поступательное, вращательное, плоскопараллельное, сферическое движение твердого тела; движение свободного тела; угол поворота тела; угловая скорость; угловое ускорение, сложное движение точки.

Вопросы для самоконтроля.

1. Какое движение твердого тела называют поступательным?
2. Как задаётся поступательное движение твердого тела?
3. Какими свойствами обладают кинематические характеристики точек тела при поступательном движении?
4. Какой признак вращательного движения тела вокруг неподвижной оси?
5. Какой параметр определяет положение тела в пространстве при вращательном движении вокруг неподвижной оси?
6. В каких единицах измеряют угол поворота тела?
7. Как задают закон вращательного движения тела?
8. Как определяют угловую скорость и угловое ускорение тела?
9. По каким формулам определяют скорость и ускорение точек тела при вращательном движении вокруг неподвижной оси?
10. Какое движение тела называют плоскопараллельным?
11. Как задают плоскопараллельное движение тела?
12. По каким формулам определяют скорость и ускорение точек тела при плоскопараллельном движении?
13. По каким формулам определяют угловую скорость и угловое ускорение тела при плоскопараллельном движении?

14. Что называют мгновенным центром скоростей? Как определяют положение мгновенного центра скоростей?
15. Какое движение тела называют сферическим?
16. Какие угловые координаты определяют положение тела при его движении вокруг неподвижной точки?
17. Как определяют кинематические характеристики тела и его точек при вращении вокруг неподвижной точки?
18. Какое движение точки называют сложным? Какое движение называют переносным, какое относительным?
19. Как определяют скорость и ускорение точки при сложном движении?

Тесты

1. Колесо вращается равномерно. Какие ускорения возникнут в точках обода колеса?

- а) тангенциальные; б) нормальные; в) тангенциальные и нормальные.

2. Колесо вращается по закону $\varphi = 0,32\pi t^3$. Угловая скорость колеса в момент $t = 5$ с равна

- а) 24 рад/с; б) 15,8 рад/с; в) 75,4 рад/с; г) 131,2 рад/с.

3. При вращении колеса скорость и полное ускорение точки А имеют направление, показанное на чертеже рис.36. Какое движение совершает колесо?

- а) Равномерное; б) Равноускоренное; в) Равнозамедленное; г) Неравномерное.

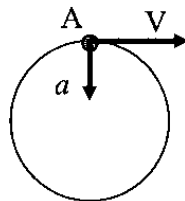


Рис.36

4. Какое движение совершает диск, катящийся по неподвижной направляющей без скольжения?

- а) поступательное; б) вращательное; в) плоскопараллельное.

5. Мгновенный центр вращения диска, катящегося по неподвижной направляющей без скольжения, находится

- а) в центре диска; б) в точке касания диска с направляющей; в) центра вращения нет.

6. Скорость точки А диска (рис.37), катящегося по неподвижной направляющей без скольжения, равна V_A . Чему равна скорость точки В?

- а) $V_B = V_A$; б) $V_B = 2V_A$; в) $V_B = 0,5V_A$; г) правильного ответа нет.

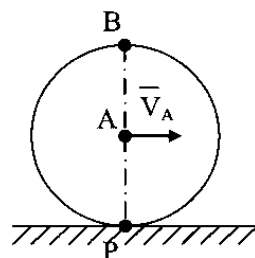


Рис.37

7. Звено АВ механизма (рис.38) совершает движение
 а) поступательное; б) вращательное; в) плоскопараллельное.

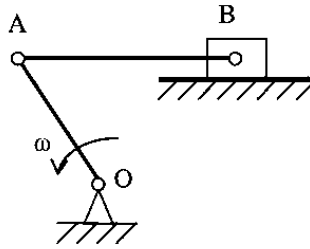


Рис.38

8. Точка движется по поверхности тела, совершающего поступательное движение. По какой формуле следует определять полное ускорение точки?

а) $\vec{a} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{пер}$; б) $\vec{a} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{пер} + \vec{a}_{кор}$.

Задачи на занятие.

Задача 1. Колесо вращается по закону $\varphi = 0,3t^3 + 3$. Определить ускорение колеса в момент $t = 5$ с.

Задача 2. Колесо, радиус которого $R = 0,8$ м, вращается с частотой $n = 250$ об/мин. Определить скорость и полное ускорение точки обода колеса.

Задача 3. Груз, привязанный к канату, поднимается при помощи цилиндрического барабана, вращающегося по закону $\varphi = 0,3t$. Радиус барабана $R = 0,2$ м/с. Определить скорость груза в момент $t = 5$ с.

Задача 4. Определить построением направление вектора скорости точки К, находящейся посередине звена АВ (рис.39).

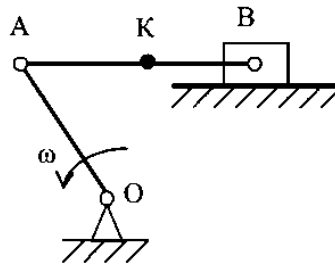


Рис.39

Задача 5. Определить скорость точек В и К (рис.40), если $OA = l_1$, $AB = l_2$, точка К находится посередине звена АВ.

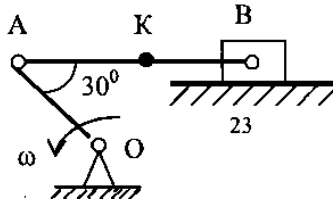


Рис.40

Задача 6. Определить угловую скорость катка 3 (рис.41), если груз 1 опускается со скоростью V_1 . Радиусы шкива 2 и катка 3: R_2, r_2, R_3 соответственно.

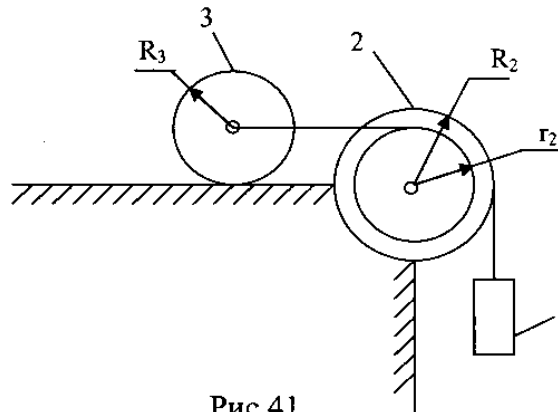


Рис.41

Задача 7. Определить направление Кориолисова ускорения шарика М, движущегося внутри вращающейся трубки АВ (рис.42).

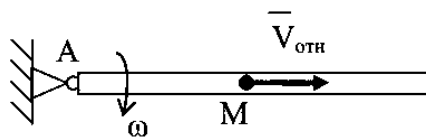


Рис.42

Контрольное задание по разделу «Кинематика».

Задача 1. Механизм состоит из колеса 1, ступенчатых колес 2, 3, находящихся в зацеплении или связанных ременной передачей, и груза 4, прикрепленного к концу нити, намотанной на колесо 3 (рис.43). Радиусы колес 1,2,3 – R_1, R_2, r_2, R_3, r_3 , соответственно.

Определить скорость подъема груза.

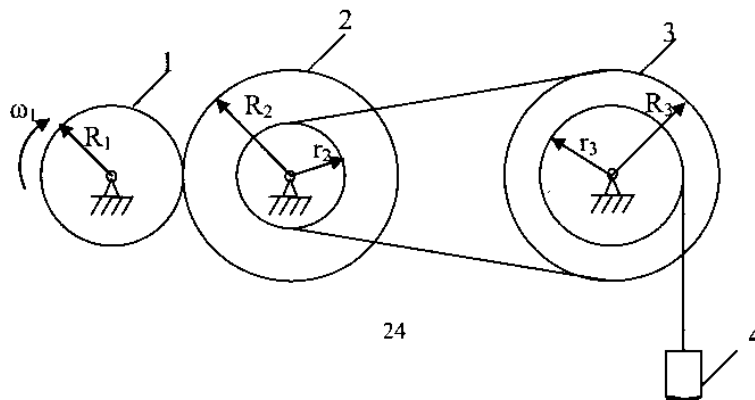


Рис.43

Задача 2. Прямоугольная пластина (рис.44) вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через точку O , с постоянной угловой скоростью $\omega=4 \text{ } 1/\text{с}$. По пластине вдоль прямой $ВД$ движется точка M . Закон движения точки относительно пластины $S=AM=0,6(t^3-t^2)$. Положительное направление отсчета S от точки A к точке D . Сторона пластины $ДС=a=0,6 \text{ м}$.

Определить абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t=1 \text{ с}$.

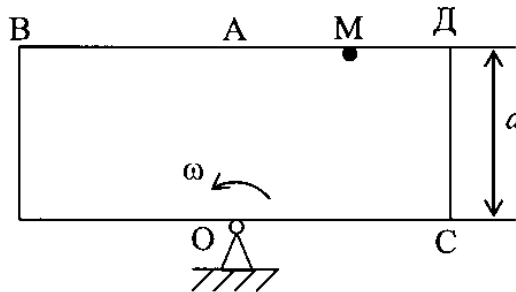


Рис.44

Раздел: «Динамика»

Тема: «Основные понятия динамики. Первая и вторая задачи динамики».

Цель занятия: изучение основных законов динамики точки. Решение прямой и обратной задачи динамики точки. Изучение основных динамических характеристик - осевой момент инерции, импульс силы, количество движения точки и механической системы, кинетический момент, кинетическая энергия, работа силы.

Вопросы для самоподготовки.

1. Какое свойство материальных тел называют инертностью?
2. Дайте определение термина «масса»?
3. Дайте определение термина «материальная точка»?
4. Чему равна масса механической системы, твердого тела?
5. Что называют центром масс тела, как определяют его положение?
6. Какое свойство материальных тел обозначают в механике термином «момент инерции»? Чему равен момент инерции материальной точки и твердого тела относительно оси?
7. Что называют импульсом силы? Как определяют импульс переменной силы?
8. Что называют работой силы? Как определяют работу постоянной по модулю и направлению силы и переменной силы?
9. Что называют мощностью? В каких единицах измеряют мощность?
10. Что называют количеством движения материальной точки? Чему равно количество движения твердого тела?
11. Что называют моментом количества движения? Чему равен момент количества движения материальной точки и твердого тела?

12. Что называют кинетической энергией материальной точки? Чему равна кинетическая энергия материального тела?
13. По каким формулам определяют кинетическую энергию твердых тел при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении?
14. Сформулируйте основные законы динамики.
15. Что называют силой инерции материальной точки? По какой формуле определяют силу инерции материальной точки?

Тесты

1. Термин «масса» является характеристикой
 - a) объема тела; б) веса тела; в) инертности тела.
2. По какой формуле определяется момент инерции материальной точки относительно оси
 - a) $J=mr$; б) $J=mr^2$; в) $J=mr^2/2$.
3. Выберите выражение для определения импульса силы
 - a) $S=mV$; б) $S=mV^2$; в) $S=mV^2/2$.
4. Работа силы равна нулю при значении угла между вектором силы и вектором перемещения
 - a) 0^0 ; б) 90^0 ; в) 180^0 .
5. Тело вращается против хода часовой стрелки вокруг неподвижной оси, проходящей через центр тяжести тела. Чему равно количество движения?
 - a) $Q>0$; б) $Q<0$; в) $Q=0$.
6. По какой формуле определяется кинетическая энергия точки
 - a) $T=mV$ б) $T=mV^2$ в) $T=mV^2/2$.
7. При каком движении твердого тела его кинетическая энергия определяется по формуле $T=mV^2/2+J\omega^2/2$
 - a) поступательном; б) вращательном; в) плоскопараллельном.
8. По какой формуле определяется модуль силы инерции материальной точки
 - a) $F_{\text{и}}=mV^2$; б) $F_{\text{и}}=ma^2$ в) $F_{\text{и}}=ma$.

Задачи на занятие.

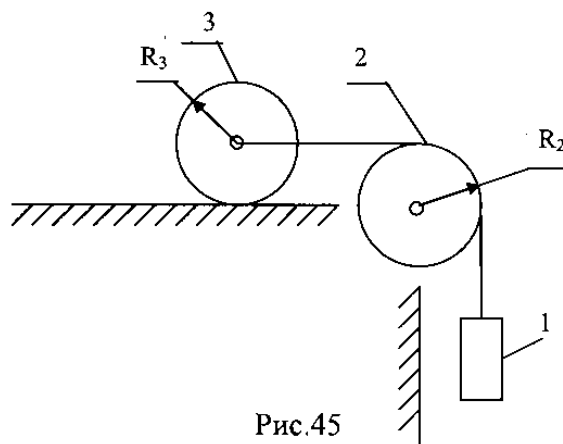
Задача 1. Свободная материальная точка массой $m=8$ кг движется прямолинейно согласно закону $S=2,5t^2$. Определить действующую на неё силу.

Задача 2. Сплошной диск, радиус которого $R=0,2$ м, масса $m=5$ кг, катится без скольжения по неподвижной поверхности. Скорость центра колеса $V_c=10$ м/с. Определить количество движения диска.

Задача 3. По условиям задачи 2 определить кинетическую энергию диска.

Контрольная задача по теме.

Определить кинетическую энергию механической системы (рис.45), если груз 1 массой m_1 опускается со скоростью V_1 . Радиусы и массы сплошного шкива 2 и сплошного катка 3: R_2, R_3, m_2, m_3 соответственно.



Тема: «Дифференциальные уравнения абсолютного и относительного движения. Решение двух основных задач динамики».

Цель занятия: интегрирование дифференциальных уравнений абсолютного и относительного движения материальной точки.

Вопросы для самоконтроля.

1. Сформулируйте основные задачи динамики.
2. Какое движение называют абсолютным, какое - относительным?
3. Связь каких величин отражает дифференциальное уравнение? Запишите дифференциальные уравнения абсолютного и относительного движений материальной точки в общем виде.
4. Запишите дифференциальные уравнения поступательного и вращательного движений твердых тел?
5. Какой порядок решения задач динамики с помощью дифференциальных уравнений?

Тесты

1. Дифференциальное уравнение является записью в дифференциальной форме закона Ньютона
 - а) закона инерции;
 - б) закона пропорциональности силы и ускорения;
 - в) закона равенства действия и противодействия.
2. Движение точки задано относительно неподвижной системы отсчета. Какое движение рассматривается?
 - а) относительное;
 - б) абсолютное.
3. Дифференциальное уравнение вида $m \frac{dV}{dt} = F^c + F^n$ соответствует
 - а) абсолютному движению
 - б) относительному движению.
4. Дифференциальное уравнение вида $J \frac{d\omega}{dt} = M$ соответствует
 - а) поступательному движению
 - б) вращательному движению.

Задачи на занятие.

Задача 1. Свободная материальная точка, масса которой 16 кг, движется прямолинейно согласно уравнению $S=1,6t^2$. Определить действующую на неё силу.

Задача 2. Тело массой 8 кг лежит на горизонтальной платформе, которая опускается с ускорением 2 м/с. Определить силу давления тела на платформу.

Задача 3. Тело массой m начинает движение из состояния покоя под действием силы тяжести по плоскости, наклоненной к горизонту под углом α . Коэффициент трения скольжения f . Определить скорость тела при $t=t_1$.

Задача 4. По условиям задачи 3 определить скорость тела при перемещении его на расстояние L .

Задача 5. Тело массой m начинает движение из состояния покоя по горизонтальной плоскости под действием силы $F=kt$, где k - постоянное число. Сила направлена параллельно плоскости. Коэффициент трения скольжения f . Определить закон движения тела.

Тема: «Общие теоремы динамики точки и механической системы»

Цель занятия: Изучение основных теорем динамики точки и механической системы.

Вопросы для самоконтроля.

1. На основе каких аксиом доказаны теоремы об изменении количества движения и изменении кинетической энергии?
2. Какие величины связывает между собой теорема об изменении количества движения?
3. Какие величины связывает между собой теорема об изменении кинетической энергии?
4. При каких исходных данных удобно применять теорему об изменении количества движения?
5. При каких исходных данных удобно применять теорему об изменении кинетической энергии?

Тесты

1. Что называют количеством движения материальной точки?
 - а) произведение массы на ускорение точки;
 - б) произведение массы на скорость точки;
 - в) произведение скорости на время движения точки.
2. Количество движения величина
 - а) векторная; б) скалярная; в) неотрицательная.

3. Кинетическая энергия материальной точки равна
- произведению массы на квадрат ускорения точки;
 - произведению массы на квадрат скорости точки;
 - половине произведения массы на квадрат скорости точки.
4. Кинетическая энергия величина
- векторная;
 - скалярная;
 - неотрицательная.

Задачи на занятие.

Задача 1. Под действием силы F скорость тела, масса которого $m=100$ кг, за время 10 секунд изменяется с 10 м/с до 20 м/с. Определить значение силы с помощью общей теоремы динамики.

Задача 2. Санки, пущенные скользить по горизонтальной поверхности льда, останавливаются, пройдя расстояние $S=70$ м. Определить с помощью общей теоремы динамики начальную скорость санок, если коэффициент трения скольжения $f=0,07$.

Задача 3. Тело массой m начинает движение из состояния покоя под действием силы тяжести по плоскости, наклоненной к горизонту под углом α . Коэффициент трения скольжения f . Определить скорость тела при $t=t_1$ с применением общей теоремы динамики.

Задача 4. Тело массой m начинает движение из состояния покоя под действием силы тяжести по плоскости, наклоненной к горизонту под углом α . Коэффициент трения скольжения f . Определить скорость тела при перемещении его на расстояние L с применением общей теоремы динамики.

Задача 5. Груз 1 (рис.46) опускается под действием силы тяжести с высоты h . Определить скорость груза в конечном положении, если масса груза m_1 , масса и радиус блока 2 – m_2, R_2 .

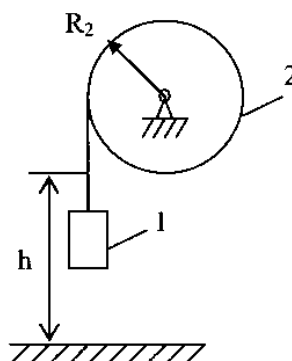


Рис.46

Контрольная задача по теме.

Груз 1 опускается под действием силы тяжести с высоты h (рис.47). Определить скорость груза в конечном положении, если масса груза m_1 , масса и радиусы блока 2 – m_2, R_2, r_2 , масса и радиус катка 3 – m_3, R_3

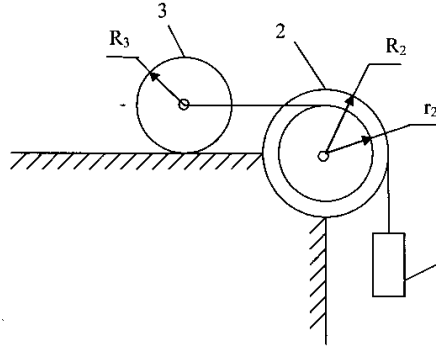


Рис.47

Тема №10: «Принцип Даламбера. Общее уравнение динамики.»

Цель занятия: определение главного вектора и главного момента сил инерции твердого тела, определение динамических реакций.

Вопросы для самоконтроля.

1. Дайте определения внешних и внутренних сил. Сформулируйте свойство внутренних сил.
2. Дайте определение сил инерции материальной точки и твердого тела.
3. К какому телу приложены силы инерции?
4. По каким формулам определяют главный вектор и главный момент сил инерции?
5. Как направлен главный вектор сил инерции и в какой точке тела он приложен? Как направлен главный момент сил инерции?
6. Сформулируйте принцип Даламбера. В чем состоит искусственность принципа Даламбера?
7. Сформулируйте порядок решения задач с применением принципа Даламбера.
8. Дайте определение понятия «возможные перемещения». В чем заключается принцип возможных перемещений?
9. Какие принципы лежат в основе общего уравнения динамики? Для решения каких задач удобно применять общее уравнение динамики?

Тесты

1. Тело движется по гладкой горизонтальной поверхности (рис.48) с ускорением $2,5 \text{ м/с}$. Масса тела $m=10 \text{ кг}$. Значение движущей силы F
а) $2,5 \text{ Н}$; б) 25 Н ; в) 250 Н .

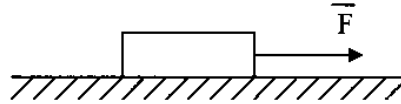


Рис.48

2. Человек, вес которого 700 Н , поднимается в лифте с ускорением 3 м/с . На пол кабины лифта действует сила
а) 700 Н ; б) 506 Н ; в) 914 Н .

3. Груз поднимают с помощью лебёдки с ускорением 4 м/с (рис.49). Масса груза 100 кг . Натяжение троса равно
а) 981 Н ; б) 1381 Н ; в) 1621 Н

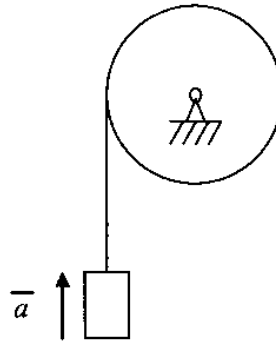


Рис.49

Задачи на занятия.

Задача 1. Груз, закрепленный на стержне (рис.50), вращается в вертикальной плоскости с постоянной угловой скоростью ω . Определить силу, действующую со стороны груза на стержень в верхнем и нижнем положении груза. Масса груза m , длина стержня r .

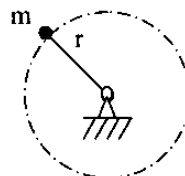


Рис. 50

Задача 2. Тело массой 300 кг поднимается по наклонной поверхности согласно уравнению $S=2,5t^2$, (рис.51). Коэффициент трения скольжения $f=0,2$. Определить значение движущей силы.

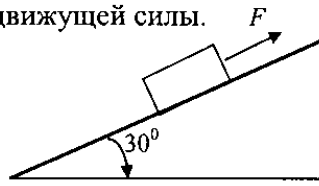


Рис.51

Типовые задачи по теме.

Задача1. Вертикальный вал АВ, вращающийся с постоянной угловой скоростью $\omega=5$ 1/с, закреплен в точке А при помощи подпятника, в точке В – при помощи цилиндрического подшипника (рис.52). В точке С к валу под углом 90° жестко прикреплен стержень СД длиной $r=0,6$ м. К стержню в точке Д прикреплен точечный груз массой $m=2$ кг. Размеры участков вала $AC=0,5$ м, $CB=1$ м.

Определить реакции опор А и В, массой вала и стержня пренебречь.

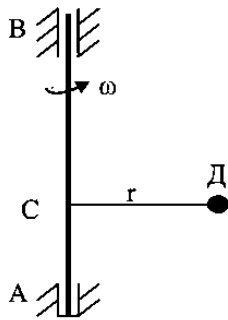


Рис.52

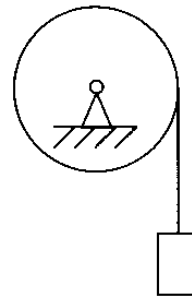


Рис.53

Задача 2. Груз весом P поднимают с помощью каната, наматываемого на барабан радиусом R и весом Q (рис.53). Радиус инерции барабана ρ . К барабану приложен момент M . Пренебрегая весом каната определить ускорение груза.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Дайте определения основных понятий статики (абсолютно твердого тела, материальной точки, силы, системы сил, классификации систем сил).
2. Аксиомы статики.
3. Связи и реакции связей.
4. Сложение сил (графическое, аналитическое).
5. Момент силы относительно центра и относительно оси.
6. Момент силы как вектор.
7. Пара сил. Момент пары сил. Свойства пары сил.
11. Сложение пар в плоскости и в пространстве.
12. Теорема о параллельном переносе силы.
13. Приведение системы сил к заданному центру.
14. Условия равновесия систем сил в аналитической и геометрической форме.
15. Методика определения реакций связей.
16. Трение. Условия равновесия при наличии сил трения.
17. Центр параллельных сил.
18. Центр масс (тяжести) твердого тела. Формулы для определения центра масс (тяжести) твердого тела.
18. Что изучает кинематика?
19. Способы задания движения точки. Основные формулы, определяющие кинематические характеристики точки при различных способах задания движения.
20. Поступательное движение твердого тела. Свойства кинематических характеристик точек тела при поступательном движении.
21. Вращательное движение вокруг неподвижной оси, способ задания движения и определение кинематических характеристик тела и его точек.
22. Плоскопараллельное движение твердого тела, способ задания движения и определение кинематических характеристик точек тела.
23. Сложное движение точки. Теорема Кориолиса.
24. Сложное движение точки. Определение кинематических характеристик точки.
25. Сложное движение твердого тела.
27. Что изучает динамика?
28. Основные понятия динамики: масса, момент инерции, импульс силы, работа силы, количество движения, кинетическая энергия, мощность.
29. Аксиомы динамики.
30. Прямая (первая) и обратная (вторая) основные задачи динамики.
31. Дифференциальные уравнения движения точки в декартовой и естественной системах координат.
32. Дифференциальные уравнения вращательного движения твердого тела.
33. Дифференциальные уравнения относительного движения точки и механической системы.
34. Прямолинейные колебания материальной точки. При каких условиях возникают гармонические колебания? Вид дифференциального уравнения

гармонических колебаний и физический смысл его коэффициентов.

35. При каких условиях возникают затухающие колебания? Вид дифференциального уравнения затухающих колебаний и физический смысл его коэффициентов.

36. Вид дифференциального уравнения вынужденных колебаний. При каких условиях возникает резонанс.

37. Теорема о движении центра масс системы.

38. Теорема об изменении количества движения точки и механической системы.

39. Теорема об изменении количества движения точки и системы.

40. Теорема об изменении момента количества движения точки и системы.

41. Теорема об изменении кинетической энергии точки и системы

42. Интегральная и дифференциальная формы записи общих теорем динамики.

43. Принцип Даламбера.

44. Принцип возможных перемещений. Число степеней свободы системы. Формула Чебышева.

45. Общее уравнение динамики.

46. Обобщенные координаты и скорости, их связь с числом степеней свободы. Обобщенные силы.

47. Условия равновесия в обобщенных координатах.

48. Уравнение Лагранжа II рода.

49. Понятие об устойчивости равновесия

50. Малые колебания системы с одной степенью свободы.

51. Малые колебания системы с двумя степенями свободы.

52. Основы теории удара.

53. Основное уравнение теории удара.

54. Общие теоремы теории удара.

55. Коэффициент восстановления при ударе.

56. Теорема Карно.

57. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Список рекомендованной литературы

а) основная литература:

1. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики : учебник для студентов техн. вузов / С. М. Тарг. - 20-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2010. - 416 с. [и предыдущие издания]
2. ЭБС «Znanium»: Цивильский В. Л. Теоретическая механика: Учебник / В.Л. Цивильский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 368 с.
3. ЭБС «Znanium»: Бурчак Г. П. Теоретическая механика: Учебное пособие/Г.П.Бурчак, Л.В.Винник - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 271 с.
4. ЭБС «Znanium»: Сафонова Г. Г. Техническая механика: Учебник / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А. Ермаков. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 320 с.
5. ЭБС «Znanium»: Кирсанов М. Н. Теоретическая механика. Сборник задач: Учебное пособие / М.Н. Кирсанов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 430 с.
6. ЭБС «Znanium»: Горбач, Н.И. Теоретическая механика. Динамика [Электронный ресурс] : учеб. пос. / Н.И. Горбач. - Минск: Выш. шк., 2012. - 320 с.

б) дополнительная литература:

2. Лачуга, Ю. Ф. Теоретическая механика : учебник для вузов по агроинженерным специальностям. - 2-е изд., перераб., доп. - М. : Колос, 2005. - 576 с.
3. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики (Статика. Кинематика. Динамика) : учеб. пособие для студентов вузов по техн. специальностям. - 14-е изд., испр. - М. : ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС, 2007. - 608 с.
4. ЭБС «Znanium»: Кирсанов М. Н. Решения задач по теоретической механике: Учебное пособие / М.Н. Кирсанов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 216 с.
5. ЭБС Университетская библиотека ONLINE: Вестник Московского Университета. Серия 1. Математика. Механика: научный журнал.