

**СБОРНИК
ТИПОВЫХ ЗАДАЧ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО СТАТИКЕ**

Учебно-методическое пособие

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Цифровое проектирование»

**СБОРНИК ТИПОВЫХ ЗАДАЧ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО СТАТИКЕ**

Учебно-методическое пособие

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 531.2(07)
ББК 22.211я73
С23

Рецензенты:

А. Ю. Тараховский - канд. техн. наук, доцент кафедры «Цифровое проектирование»

Составители : Н. К. Корнеева, Л.Н. Пичугова, Е.В. Глушкова,
В. О. Пантель

С23 Сборник типовых задач для практических и лабораторных работ по статике: учебно-методическое пособие / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Цифровое проектирование» ; сост.: Н.К. Корнеева, Л.Н. Пичугова, Е.В. Глушкова, В. О. Пантель. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 63 с.: ил. – Текст: электронный.

Представляет собой сборник типовых задач по статике. Содержит основные вопросы по темам, предусмотренным в РПД, алгоритм решения типовых задач, а также минимально необходимое количество задач для решения на практических и лабораторных занятиях под руководством преподавателя.

Обеспечивают самостоятельную работу студентов по дисциплинам: теоретическая механика, механика, теоретическая и прикладная механика, техническая механика.

Предназначено для студентов направлений подготовки: 14.05.02 «Атомные станции, проектирование, эксплуатация и инжиниринг» (Теоретическая механика); профиль подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (Теоретическая и прикладная механика); 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» (Теоретическая механика); 27.03.01 «Стандартизация и метрология» (Теоретическая и прикладная механика); 18.03.01 «Химическая технология» (Теоретическая и прикладная механика); 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» (Техническая механика); 08.03.01 «Строительство» (Теоретическая механика); 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (Прикладная механика); 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» (Теоретическая механика), 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и систематехника объектов морской инфраструктуры» (Теоретическая механика), 26.05.01 «Проектирование и постройка кораблей, судов и объектов океанотехники» (Теоретическая механика), 26.05.02 «Проектирование, изготовление и ремонт энергетических установок» (Теоретическая механика), 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» (Теоретическая механика), и других специальностей, изучающих теоретическую, техническую и прикладную механику.

УДК 531.2(07)
ББК 22.211я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Цифровое проектирование», протокол № 1 от 27 сентября 2024 г.

© Корнеева Н. К., Пичугова Л. Н.,
Глушкова Е. В., Пантель В.И., сост. 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ СБОРНИКА	4
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	5
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1	8
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2	18
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3	29
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4, 5	37
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6	51
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	58
ЛИТЕРАТУРА	62

ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ СБОРНИКА

1. Перед каждым практическим или лабораторным занятием студент должен проработать соответствующий материал по конспекту лекций или учебнику и письменно ответить на поставленные вопросы.
2. При решении задач необходимо строго соблюдать принятую последовательность выполнения отдельных операций, давать краткие пояснения и ссылки на теоретические положения.
3. Записи должны быть аккуратными, четкими, с хорошо оформленным чертежом.
4. Выполненный сборник предъявляется в течение семестра для проверки преподавателю, а также на экзамене.
5. Отсутствие студента на занятии не освобождает его от необходимости ответить на вопросы и решить задачи по данной теме.
6. Кроме основных учебников при решении и оформлении задач рекомендуется пользоваться пособием «Практические занятия по статике» (авторы Ковригина В.В, Бучко Ю.А.), где приведены методические указания и примеры решения типовых задач.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$\bar{R}$ — равнодействующая, размерность — κH ;

X_K — проекция силы на ось ox , размерность — κH ;

Y_K — проекция силы на ось oy , размерность — κH ;

Z_K — проекция силы на ось oz , размерность — κH ;

$m_O(\bar{F}_K)$ — момент силы относительно точки O , размерность — κHm ;

$m_X(\bar{F}_K)$ — момент силы относительно оси ox , размерность — κHm ;

$m_Y(\bar{F}_K)$ — момент силы относительно оси oy , размерность — κHm ;

$m_Z(\bar{F}_K)$ — момент силы относительно оси oz , размерность — κHm ;

$\bar{F}_{mp}$ — сила трения — κH ;

f_0 — коэффициент трения скольжения при покое, безразмерный коэффициент;

f — коэффициент трения скольжения при движении (динамический коэффициент трения), безразмерный коэффициент;

φ_{mp} — угол трения;

x_c, y_c, z_c — координаты центра тяжести тела, размерность — κHm ;

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

При решении задач на равновесие под действием сил рекомендуется придерживаться следующего порядка действий.

1. Выбрать объект равновесия – тело или систему тел, к которым приложены активные силы и необходимые для нахождения реакции связей.

2. Освободить объект равновесия от связей, заменив действие отброшенных связей их реакциями по аксиоме связей, изобразить силовую схему свободного объекта с приложенными к нему активными силами и реакциями связей.

При решении задач часто изображают силовую схему на основном чертеже с целью экономии времени.

3. Установить, к какому типу относится полученная система сил и является ли задача статически определимой.

Условия равновесия для возможных типов систем приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Система сил	Число уравнений равновесия	Условия равновесия
1	Плоская система сходящихся сил	2	а) $\sum_{k=1}^n X_K = 0$ $\sum_{k=1}^n Y_K = 0$ б) силовой многоугольник должен быть замкнут
2	Пространственная система сходящихся сил	3	$\sum_{k=1}^n X_K = 0$ $\sum_{k=1}^n Y_K = 0$ $\sum_{k=1}^n Z_K = 0$
3	Плоская система параллельных сил	2	<u>1 форма</u> $\sum_{K=1}^n Y_K = 0$ $\sum_{K=1}^n m_O(\overline{F_K}) = 0$ $(\overline{F_K} \parallel Oy)$ <u>2 форма</u> $\sum_{K=1}^n m_A(\overline{F_K}) = 0$ $\sum_{K=1}^n m_B(\overline{F_K}) = 0$ $(AB \parallel \overline{F_K})$
4	Произвольная плоская система сил	3	<u>1 форма</u> $\sum_{K=1}^n X_K = 0$ $\sum_{K=1}^n Y_K = 0$ $\sum_{K=1}^n m_O(\overline{F_K}) = 0$ <u>2 форма</u> $\sum_{K=1}^n m_A(\overline{F_K}) = 0$ $\sum_{K=1}^n m_B(\overline{F_K}) = 0$ $\sum_{K=1}^n X_K = 0$ Где А и В – любые центры, но $AB \not\parallel OX$

Продолжение таблицы 1

			3 форма $\sum_{K=1}^n m_A(\overline{F_K}) = 0 \quad \sum_{K=1}^n m_B(\overline{F_K}) = 0 \quad \sum_{K=1}^n m_C(\overline{F_K}) = 0$ А,В,С не лежат на одной прямой
5	Пространственная система параллельных сил		$\sum_{K=1}^n m_x(\overline{F_K}) = 0 \quad m_z(\overline{F_K}) = 0$ $(\overline{F_K} \parallel Oy)$
6	Произвольная пространственная система сил	6	$\sum_{K=1}^n X_K = 0 \quad \sum_{K=1}^n Y_K = 0 \quad \sum_{K=1}^n Z_K = 0$ $\sum_{K=1}^n m_x(\overline{F_K}) = 0 \quad \sum_{K=1}^n m_y(\overline{F_K}) = 0 \quad \sum_{K=1}^n m_z(\overline{F_K}) = 0$

Если число неизвестных величин в задаче не превышает числа уравнений равновесия, то задача статически определимая.

4. С помощью таблицы 1 записать условия равновесия объекта в аналитической форме, для чего выбрать координатные оси и составить уравнения равновесия для полученной системы сил. При выборе координатных осей их удобно направлять параллельно или перпендикулярно большинству действующих сил.

При геометрическом методе решения задачи необходимо построить силовой многоугольник.

5. Решить полученные уравнения или силовой треугольник.

6. Исследовать полученные результаты и сделать необходимые выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Тема: Равновесие системы сходящихся сил.

Литература:

1. [1], § 1 - 5, 7, 10, 12;
2. [2], § 1 - 13;
3. [3], гл. 1, 2, 3;
4. [4], стр. 5 - 18;
5. [7], стр. 10 - 25

Вопросы по теме:

1. Сформулировать аксиомы статики.
2. Что называется связью и реакцией связи?
3. Назвать основные типы связей.
4. В чем заключается принцип освобожденности от связей?
5. Какая система сил называется сходящейся?
6. В чем заключается векторное, геометрическое и аналитическое условия равновесия системы сходящихся сил?
7. Сформулировать теорему о равновесии трех непараллельных сил.

Краткие сведения из теории

Объект равновесия – тело или система тел, к которым приложены активные силы и необходимые для нахождения реакции связей.

Системой сходящихся сил называется система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке (точке схода).

Геометрическое условие равновесия.

Для равновесия системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы силовой многоугольник был замкнутым. При обходе вдоль границы этого многоугольника стрелки у всех сил будут направлены в одну сторону.

Аналитические условия равновесия.

Для равновесия пространственной системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций этих сил на каждую из трех координатных осей была равна нулю:

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0, \quad \sum_{k=1}^n Y_k = 0, \quad \sum_{k=1}^n Z_k = 0.$$

Для плоской системы сходящихся сил, расположенных в плоскости ОХУ, будут выполняться два условия равновесия:

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0, \quad \sum_{k=1}^n Y_k = 0.$$

Теорема о равновесии трех непараллельных сил:

Если система из трёх непараллельных сил, лежащих в одной плоскости, находится в равновесии, то линии действия этих сил пересекаются в одной точке.

Методические указания к решению задач

При решении задач на равновесие независимо от типа системы рекомендуется придерживаться последовательности действий, приводимых ниже.

1. Выбрать объект равновесия, то есть тело, равновесие которого нужно рассмотреть, чтобы определить неизвестные величины силового или геометрического характера.

Таким телом является то тело данной конструкции, к которому приложены активные силы и реакции связей, которые требуется определить по условию задачи.

По найденным реакциям в случае необходимости можно определить равные им по модулю действия тела на связи.

Заметим, что иногда приходится рассматривать последовательно два или несколько объектов равновесия (см. задачу 17).

2. Освободить объект равновесия от связей, заменив действие связей их реакциями, и изобразить силовую схему свободного объекта с приложенными к нему:

- а) активными силами;
- б) реакциями связей.

3. Применить условия равновесия объекта в геометрической форме (построить замкнутый силовой многоугольник) или в аналитической форме (для чего выбрать систему координатных осей и составить уравнения проекций сил). При выборе осей координат их удобно направлять параллельно или перпендикулярно большинству действующих сил.

4. Решить полученный силовой многоугольник или уравнения равновесия для определения искомых величин.

5. Произвести анализ полученного решения и сделать соответствующие выводы.

Если число неизвестных в задаче статики равно числу условий равновесия, то такая задача называется статически определимой, а если превосходит, то - статически неопределимой.

Для системы сходящихся сил задача является статически определимой, если число неизвестных будет не более двух в случае плоской системы и не более трех в случае пространственной системы.

Задача № 1 (4Б). При съеме крышки корпуса турбин, требуется, чтобы она все время находилась в горизонтальном положении. В приспособлении показанном на рисунке 1, горизонтальность крышки достигается при помощи винтовых стяжек.

О п р е д е л и т ь усилия, возникающие в стяжках AB и BC , если вес крышки $P = 6 \text{ кН}$, $\alpha = 20^\circ$, $\beta = 30^\circ$.

Дано:

Определить:

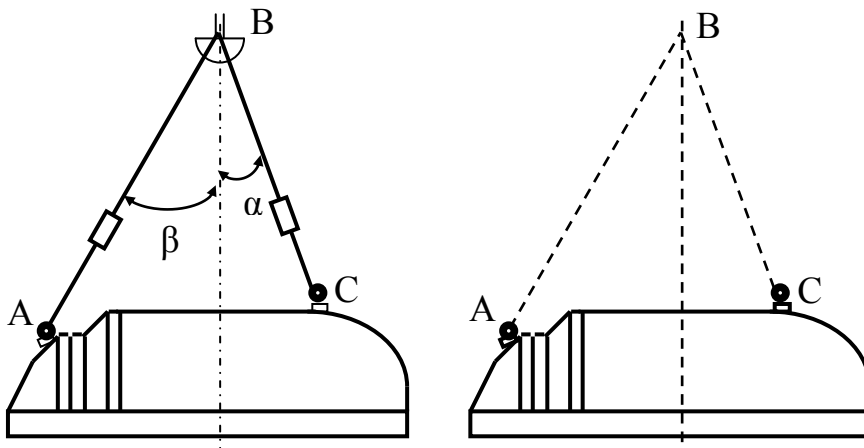


Рис. 1

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил (в геометрической форме):

Силовой треугольник:

4. Решение:

5. Выводы:

Задача № 2 (2.30 а, М). Балка AB (рис. 2) шарнирно закреплена на опоре A и концом B положена на катки. В середине балки под углом $\alpha = 45^\circ$ к ее оси действует сила $P = 2 \text{ кН}$.

О п р е д е л и т ь реакции опор, пренебрегая весом балки если $\ell = 2 \text{ м}$.

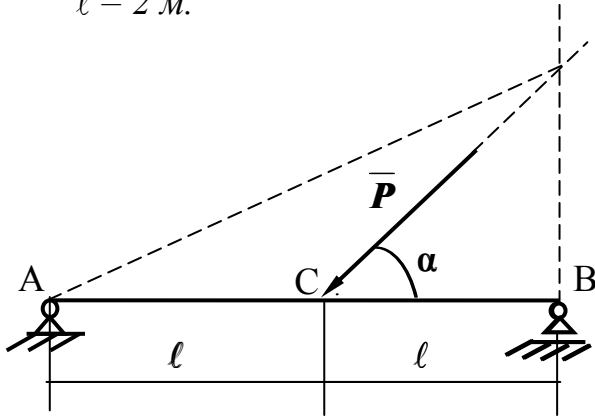


Рис. 2

Дано:

Определить:

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:

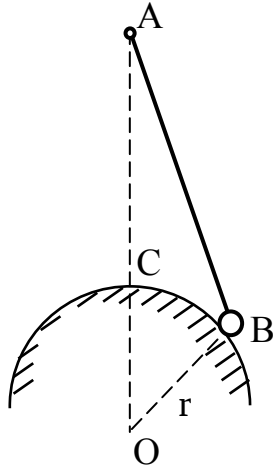
а) активные силы:

б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 3 (2.21, М). Шарик B весом P (рис. 4) подвешен в неподвижной точке A посредством нити AB и лежит на поверхности гладкой сферы радиусом r . Расстояние от точки A до поверхности сферы $AC = d$, длина нити $AB = l$, прямая AO вертикальна.

Определить натяжение нити T и реакцию Q . Радиусом шарика пренебречь.



Дано:

Определить:

Рис. 3

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:

а) активные силы:

б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

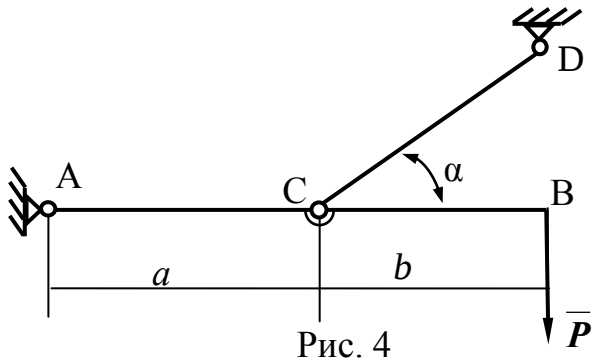
Задача № 4 (2.29, М). Балка AB (рис 4) удерживается в горизонтальном положении стержнем CD .

Крепления в очках A, C, D - шарнирные.

Определить определить реакции опор A и D если на конце балки действует вертикальная сила

$$P = 5 \text{ кН}, a = 2 \text{ м}, b = 1 \text{ м}, \alpha = 45^\circ$$

Весом балки пренебречь.



Дано:

Определить:

Решение

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:

а) активные силы:

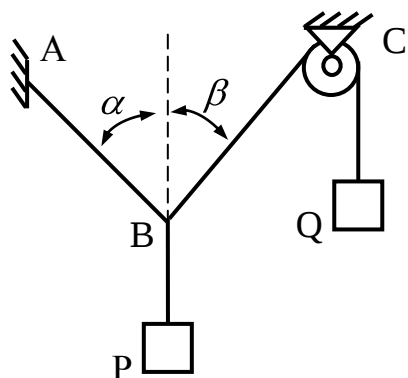
б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 5 (2.15, М). Груз весом P удерживается в равновесии при помощи двух веревок AB и BCD (рис. 5).

Вес груза $Q = 100 \text{ Н}$, $\alpha = 45^\circ$, $\beta = 60^\circ$

Определить натяжение T веревки AB и вес груза P .



Дано:

Определить:

Рис. 5

Решение

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:

а) активные силы:

б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 6 (43, Б). На узел D фермы изображенной на рис. 6 действует горизонтальная сила Q .

О п р е д е л и т ь реакции шарнира A и подвижной опоры B и усилия в стержнях если $AC=CB=2CD$. Весом стержней пренебречь.

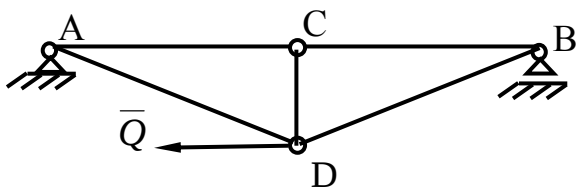


Рис. 6

Дано:

Определить:

Р е ш е н и е

I. Определение внешних реакций

1. Объект равновесия:

2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:

а) активные силы:

б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

II. Определение усилий в стержнях фермы методом вырезания узлов.

Задание на самостоятельную работу:

1. Тренировочные карты: решение заданий C1, C2.
2. Решение задач 4, 5.
- 3.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Тема: Равновесие произвольной плоской системы сил.

Литература:

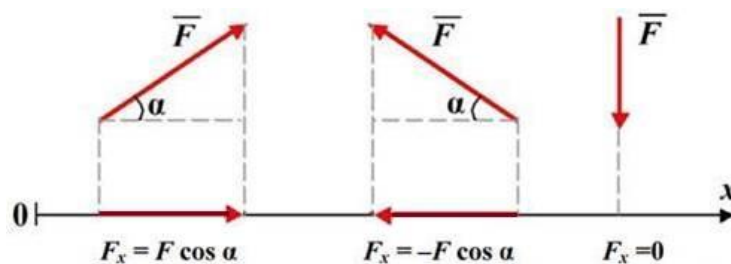
1. [1], § 14, 19, 25, 30;
2. [2], § 14, 18;
3. [3], гл. 4, 5, 7;
4. [4], стр. 26 - 36.
5. [7], стр. 26 - 49

Вопросы по теме

1. Что называется алгебраическим моментом силы относительно точки?
2. Что такое пара сил?
3. Чему равен алгебраический момент пары сил?
4. Записать условия равновесия произвольной плоской системы сил в трех различных формах

Краткие сведения из теории

Проекцией силы на ось называют длину направленного отрезка, который откладывается на оси, и заключен между двумя перпендикулярами, опущенными из начала и из конца вектора силы.

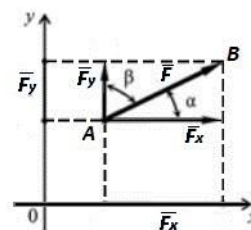


Проекция вектора силы считается положительной (принимается со знаком «плюс»), если направление от точек проецирования начала и конца силы совпадает с направлением оси. Если направление проекции начала силы и ее конца не совпадает с направлением оси, проекция считается отрицательной (знак «минус»).

Разложение силы на векторы и их проекции на координатные оси.

$$F_x = F \cos \alpha = F \sin \beta$$

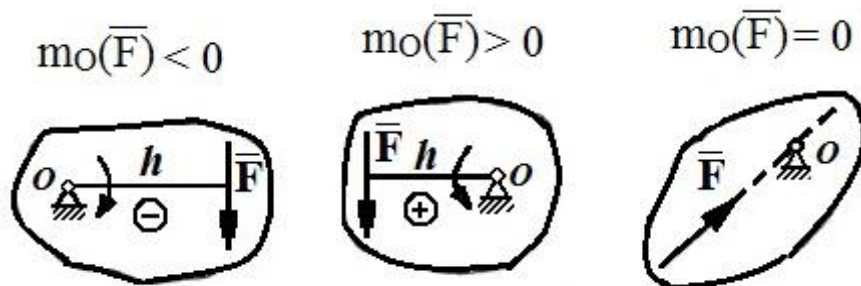
$$F_y = F \sin \alpha = F \cos \beta$$



Алгебраическим моментом любой силы плоской системы сил относительно точки (центра), называется скалярная величина, равная со знаком плюс или минус произведению модуля силы на плечо.

$$m_o(\bar{F}) = \pm Fh$$

Момент силы относительно точки равен нулю, если линия действия силы проходит через центр моментов (отсутствует плечо).



Теорема Вариньона о моменте равнодействующей

Если для данной системы сил существует равнодействующая, то ее момент относительно произвольного центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно этого же центра, т.е.

$$\bar{m}_o(\bar{R}) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_o(\bar{F}_k),$$

Если тело находится в равновесии под действием произвольной плоской системы сил, то силы, действующие на тело, должны удовлетворять трем условиям равновесия, которые можно записать в трех различных формах:

1-я (основная) форма условий равновесия.

Для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на каждую из двух координатных осей была равна нулю.

натных осей и сумма моментов сил относительно любой точки, лежащей в плоскости действия сил, были равны нулю, то есть

$$\sum X_k = 0; \quad \sum Y_k = 0; \quad \sum m_O(\bar{F}_k) = 0;$$

2-я форма условий равновесия,

Для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма моментов всех сил относительно каждой из двух произвольных точек, лежащих в плоскости действия сил, и сумма проекций всех сил на ось, не перпендикулярную к прямой, проходящей через эти точки, были равны нулю, то есть

$$\sum m_A(\bar{F}_k) = 0; \quad \sum m_B(\bar{F}_k) = 0; \quad \sum Y_k = 0;$$

3-я форма условий равновесия.

Для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма моментов всех сил относительно каждой из трех произвольных точек в плоскости действия сил, не лежащих за одной прямой, была равна нулю, то есть

$$\sum m_A(\bar{F}_k) = 0; \quad \sum m_B(\bar{F}_k) = 0; \quad \sum m_C(\bar{F}_k) = 0;$$

Заметим, что число неизвестных в уравнениях равновесия произвольной плоской системы сил должно быть не более трех, чтобы задача была статически определимой.

Условия равновесия плоской системы параллельных сил можно записать в двух формах:

1-я (основная) форма условий равновесия.

Для равновесия плоской системы параллельных сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на ось, параллельную силам, и сумма моментов всех сил относительно любой точки, лежащей в плоскости действия сил, были равны нулю, то есть

$$\sum X_k = 0; \quad \sum m_O(\bar{F}_k) = 0;$$

2-я форма условий равновесия.

Для равновесия плоской системы параллельных сил необходимо и достаточно, чтобы сумма моментов всех сил относительно каждой из

двух произвольных точек, лежащих в плоскости действия сил так, что прямая, проходящая через эти точки, не параллельна силам, была равна нулю, то есть

$$\sum m_A(\bar{F}_k) = 0; \sum m_B(\bar{F}_k) = 0;$$

Число неизвестных в этих уравнениях должно быть не более двух.

Методические указания к решению задач

Последовательность операций, указанных в практическом занятии № 1, сохраняется и при решении задач на равновесие плоской системы сил.

Если в задаче заранее неизвестно направление реакции цилиндрического шарнира, то эту реакцию следует представить в виде двух составляющих, направленных параллельно координатным осям в их положительную сторону.

Если в ходе решения задачи обнаружится, что величина реакции получится отрицательной, то это означает, что ее действительное направление противоположно выбранному на рисунке.

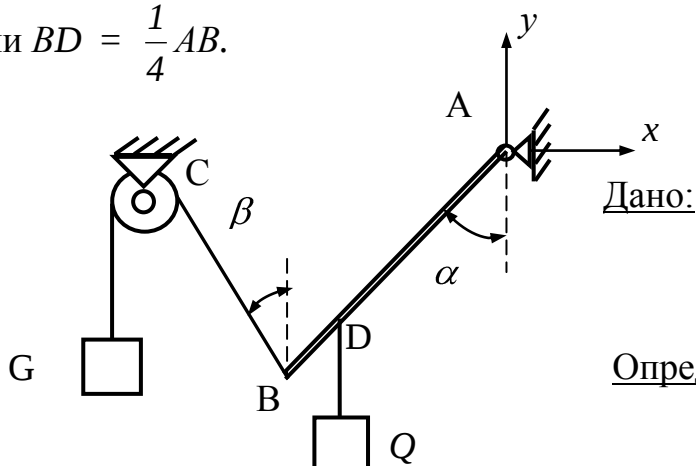
При решении задач желательно составлять такие уравнения равновесия, в каждое из которых входила бы только одна неизвестная величина. Для этого оси координат следует направлять перпендикулярно к неизвестным силам. За центр моментов следует брать точку пересечения линий действий двух неизвестных сил.

При решении задач на равновесие плоской системы параллельных сил ось координат целесообразно выбирать параллельно действующим силам, а центр моментов - на линии действия неизвестной силы.

Договоримся впредь не изображать на отдельном рисунке объект, освобожденный от связей. Все действующие силы будем указывать на рисунке с изображением данной конструкции.

Задача № 7(4.15 М). Однородная балка AB (рис. 7) весом $P = 100 \text{ кН}$ прикреплена к стене шарниром A и удерживается в равновесии под углом $\alpha = 45^\circ$ к вертикали при помощи троса, перекинутого через блок C и несущего груз G . Ветвь троса BC образует с вертикалью угол $\beta = 30^\circ$. В точке D к балке подвешен груз Q весом 200 кН .

О п р е д е л и т ь вес груза G и реакции шарнира A , пренебрегая трением, если $BD = \frac{1}{4}AB$.



Определить:

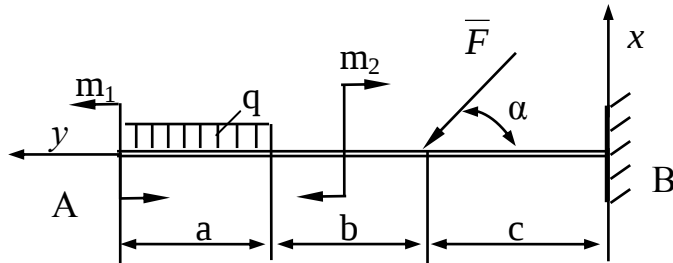
Рис. 7

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача №8 (4.29 М) О п р е д е л и т ь реакции заделки консольной балки AB (рис.8) под действием равномерно распределенной нагрузки интенсивности $q = 3 \text{ кН/м}$ сосредоточенной силы, $F = 4 \text{ кН}$ действующей под углом $\alpha = 45^\circ$ к оси балки, и двух пар сил с моментами $m_1 = 2 \text{ кНм}$, $m_2 = 3 \text{ кНм}$, $a = b = 3 \text{ м}$, $c = 4 \text{ м}$.

Дано:



Определить:

Рис. 8

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 9 (3,24) Центр тяжести передвижного рельсового крана, вес которого (без противовеса) равен $P_1 = 500 \text{ кН}$ и находится в точке C (рис. 9) Крановая тележка рассчитана на подъем груза $P_2 = 250 \text{ кН}$, вылет стрелы $\ell = 10 \text{ м}$. Принять $a = 1,5 \text{ м}$, $b = 3 \text{ м}$.

Определить $\bar{Q}$ наименьший вес вертикальной плоскости, проходящей через левый рельс B так, чтобы кран не опрокинулся при всех положениях тележки, как нагруженной, так и не нагруженной. Собственным весом тележки пренебречь.

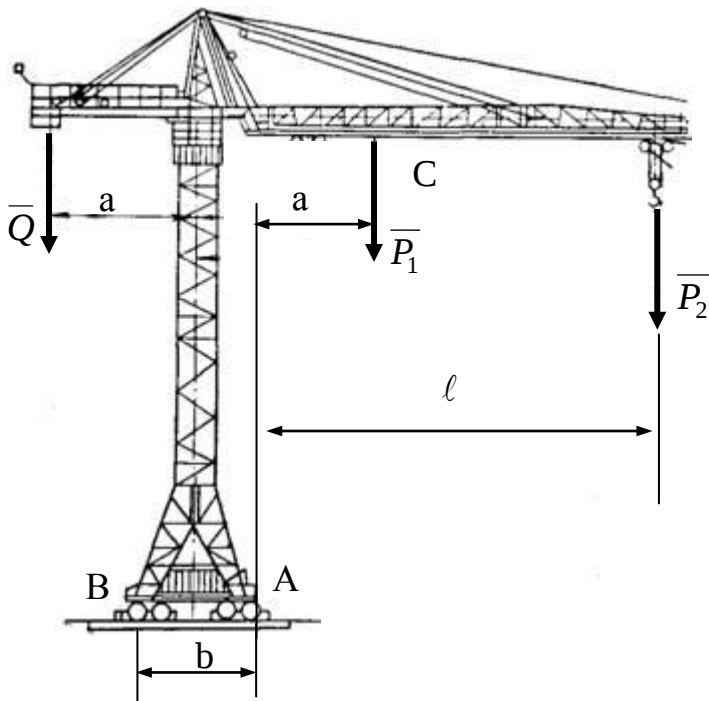


Рис. 9

Задача № 10 (84 Б) На балку AC действует равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q , сила $\bar{P}$ и две пары с моментами m_1 и m_2 как показано на рис.10.

О п р е д е л и т ь опорные реакции $\bar{R}_A, \bar{R}_B$, если $P = 10\text{кН}$, $m_1 = 5\text{кНм}$, $m_2 = 2\text{кНм}$, $q = 8\text{кН/м}$, $a = c = 2\text{м}$, $b = 5\text{м}$. Весом балки пренебречь.

Дано:

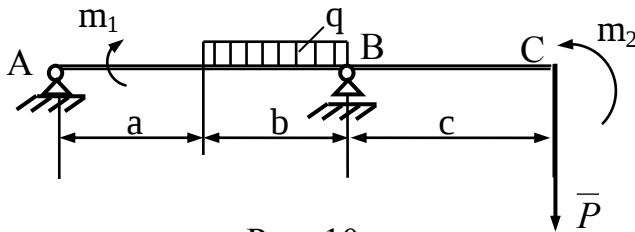


Рис. 10

Определить:

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 11 (4.11 М) При сборке моста пришлось поднимать часть мостовой фермы ABC тремя кранами, расположенными, как указано на рис 11. вес этой части фермы $P = 42 \text{ кН}$, центр тяжести находится в точке. Расстояния равны : $a = 4 \text{ м}$, $b = 2 \text{ м}$, $c = 1 \text{ м}$, углы $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 45^\circ$

Найти натяжение канатов, если прямая AC горизонтальна.

Дано:

Определить:

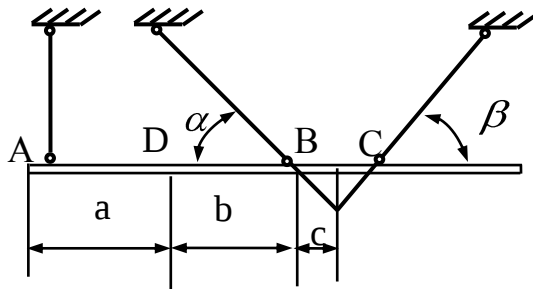


Рис. 11

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача № 12 (141 Б) Консольная балка AB нагружена, как указано на рис. 12. Считая, что $F = 2 \text{ кН}$, $m = 2 \text{ кНм}$, $q = 2 \text{ кН/м}$, $a = 1 \text{ м}$, $b = 2 \text{ м}$.

Определить реакции в точке A .

Дано:

Определить:

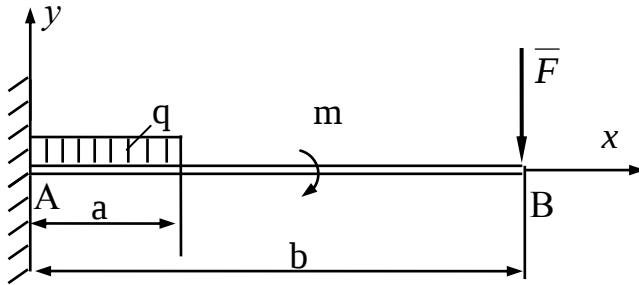


Рис. 12

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задание на самостоятельную работу:

1. Тренировочные карты: решение заданий С3.
2. Выполнение РГР.
3. Решение задач 10,11,12.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тема : Равновесие плоской системы с учетом сил трения.

Литература:

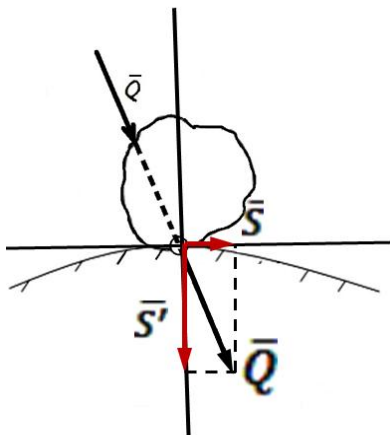
1. [1], § 39, 40;
2. [2], § 23 - 27;
3. [3], стр. 39 - 43, гл. 4, 5, 7;
4. [4], с 47 - 62.
5. [7], с 18 - 19.

Вопросы по теме:

1. Какие силы действуют на тело, находящееся на шероховатой поверхности, при попытке переместить тело вдоль этой поверхности?
2. Что называется статической силой трения?
3. Чему равна наибольшая сила трения в покое?
4. Что такое статический коэффициент трения и от чего он зависит?
5. Каково соотношение между статической силой трения и наибольшей силой трения в покое?
6. Что называется углом трения? Чему равен тангенс этого угла?
7. Что называется конусом трения, и какому условию должна соответствовать сила, чтобы она могла сдвинуть тело?
8. Как определяется сила трения скольжения при движении тела по шероховатой поверхности?

Краткие сведения из теории

Если на тело, находящееся на шероховатой поверхности, действует сдвигающая сила $\vec{Q}$, то такая связь будет препятствовать перемещению тела не только по нормали и опорной поверхности, но и вдоль нее.



При покое тела сила трения уравнивает тягу, то есть

$$F = S.$$

Предельная сила трения $\bar{F}_{np}$ называется силой трения при трогании с места.

Когда сила трения достигнет своего предельного значения, то тело будет находиться на грани покоя и движения. Такое состояние тела называется предельным равновесием (покоем).

При покое тела сила трения может принимать любое значение, но не может превосходить предельного значения, то есть

$$F_{mp} \leq F_{np} \text{ или } F_{np} \leq f_0 N.$$

При постепенном увеличении сдвигающей силы (тяги) $\bar{S}$ тело продолжает оставаться в покое до тех пор, пока эта сила не достигнет некоторого предельного значения S_{np} .

Незначительное увеличение силы тяги сверх ее предельного значения S_{np} вызовет движение тела.

Следовательно, со стороны шероховатой поверхности на тело будут действовать не только нормальная реакция $\bar{N}$, но реакция $\bar{F}_{mp}$ лежащая в касательной плоскости к поверхности и направленная в сторону, противоположную тяге $\bar{S}$.

Силу $\bar{F}_{mp}$, препятствующую скольжению тела по опорной поверхности, называют силой трения скольжения при покое, или силой сцепления.

При покое тела сила трения уравнивает тягу, то есть

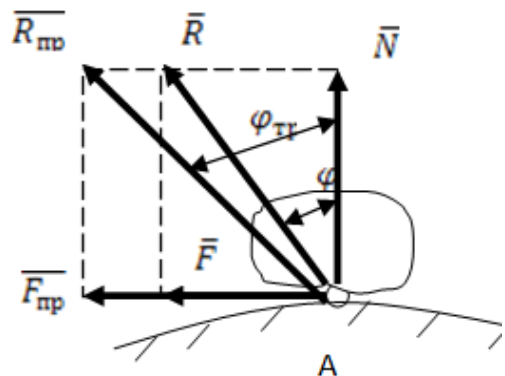
$$F = S.$$

Кулоном опытным путем установлено, что предельная (наибольшая) сила трения F_{np} при покое пропорциональна нормальному давлению тела на опору или нормальной реакции опоры

$$F_{np} = f_0 N,$$

где f_0 - безразмерный коэффициент, называемый коэффициентом трения скольжения при покое, или статическим коэффициентом трения.

Он зависит, главным образом, от рода материалов соприкасающихся поверхностей и степени их обработки. Этот коэффициент находится в пределах $0 \leq f_0 \leq 1$.



Углом трения φ_{mp} называется наибольший угол между направлением полной реакции шероховатой поверхности и нормалью к ней. Он соответствует предельному состоянию покоя тела.

Как видно из рисунка

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{тр}} = \frac{F_{np}}{N} = \frac{f_0 N}{N} = f_0$$

Тангенс угла трения равен статическому коэффициенту трения.

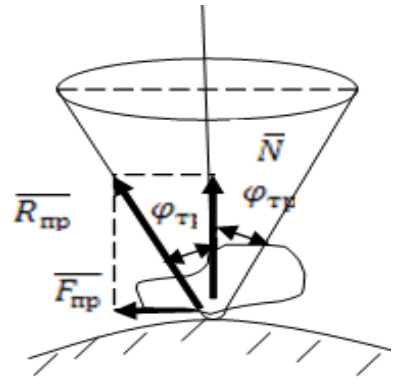
Конусом трения называется геометрическое место прямых, проведенных из точки касания тела с поверхностью под углом трения к нормали к этой поверхности.

Сила трения, возникающая при движении тела по шероховатой поверхности, называется силой трения скольжения при движении. Эта сила направлена противоположно скорости скольжения тела, и пропорциональна нормальному давлению его на опору или нормальной реакции опоры

$$F_{mp} = f \cdot N,$$

где f - коэффициент трения скольжения при движении, или динамический коэффициент трения.

Динамический коэффициент трения f в большинстве случаев с увеличением скорости убывает и достигает своего наибольшего значения в состоянии покоя. Следовательно, для того, чтобы тело вывести из состояния покоя, приходится преодолевать большую силу трения, чем при его движении.



Методические указания к решению задач

Последовательность операций, указанных в практическом занятии № 1, сохраняется и при решении задач на равновесие плоской системы сил с учетом сил трения.

Дополнительно к условиям равновесия всех активных сил и реакций связей, необходимо добавить дополнительное условие

$$F_{mp} \leq f_0 N \quad \text{при равновесии};$$

$$F_{mp} = f_0 N \quad \text{при движении};$$

Так как сила трения скольжения при покое может измениться от нуля до $\overline{F}_{mp}$, то равновесным будет не одно положение, а бесчисленное их множество, которое принято называть областью равновесия.

Задачи на равновесие тела с учетом трения могут быть разделены на два типа:

- 1) задачи, в которых определяется одно предельное положение равновесия;
- 2) задачи, в которых устанавливается область равновесия.

При решении задач первого типа реакция шероховатой поверхности изображается двумя составляющими $\overline{N}$ и $\overline{F}_{np}$, причем в уравнениях равновесия сила $\overline{F}_{np}$ заменяется ее значением $f_0 N$.

Задача №13 (24 Б). Судно при спуске на воду движется по наклонной плоскости по спусковым путям.

Определить необходимый угол α наклона путей, если коэффициент трения скольжения $f_0 = 0,087$.

Дано:

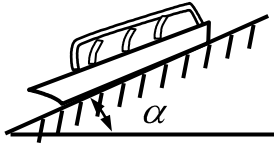


Рис. 13

Определить:

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача №14. Определить наивыгоднейший угол с горизонтом α , под которым нужно тащить трос, чтобы сдвинуть с места шлюпку весом P по горизонтальному настилу, если коэффициент трения шлюпки о настил f_0 (рис. 14).

Дано:

Определить:



Рис. 14

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача №15 (5.28 М) Лестница AB весом P (рис. 15) опирается в точке A на гладкую стену в точке B на негладкий пол. Коэффициент трения лестницы о пол равен f_0 .

Определить под каким углом α к полу надо поставить лестницу, чтобы по ней мог подняться до верху человек весом Q .

Дано:

Определить:

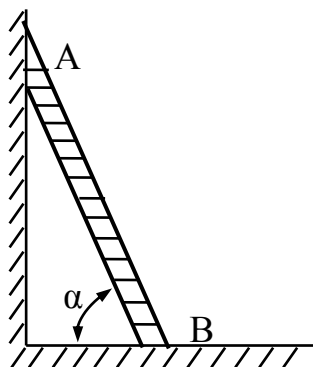


Рис. 15

Р е ш е н и е

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задача №16 (25 Б). Катер весом $P = 5 \text{ кН}$ с железным килем (рис. 16) надо передвинуть по деревянному настилу при помощи троса, составляющего с горизонтом угол $\alpha = 15^\circ$. Коэффициент трения между килем и настилом $f_0 = 0,6$. Можно ли использовать для этого трос, выдерживающий нагрузку в $2,5 \text{ кН}$?



Рис. 16

Дано:

Определить:

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:
3. Условие равновесия системы сил:

Задание на самостоятельную работу:

1. Выполнение РГР
2. Решение задач 13,14,16.
- 3.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4, 5

Тема: Равновесие произвольной пространственной системы сил.

Литература:

1. [1], § 20, 22, 43, 45, 49;
2. [2], § 28 - 30;
3. [3], § 4, 5, 7;
4. [4], стр. 63 - 76.
5. [7], с 31 - 71.

Вопросы по теме:

1. Что называется моментом силы относительно оси? В каких случаях он равен нулю?
2. Как определяется момент силы относительно оси, если линия действия силы перпендикулярна оси?
3. В чем состоит теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы относительно оси?
4. Сформулировать и записать аналитические условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Краткие сведения из теории

1. Условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Для равновесия произвольной пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трех координатных осей и суммы моментов этих сил относительно каждой из трех координатных осей равнялась нулю, то есть

$$\begin{aligned} \sum X_k &= 0; & \sum Y_k &= 0; & \sum Z_k &= 0; \\ \sum m_x(\bar{F}_k) &= 0; & \sum m_y(\bar{F}_k) &= 0; & \sum m_z(\bar{F}_k) &= 0; \end{aligned}$$

2. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.

Для равновесия пространственной системы параллельных сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на ось, параллельную силам, и суммы моментов сил относительно каждой из двух других координат равнялись нулю, то есть

$$\sum Y_k = 0; \quad \sum m_y(\bar{F}_k) = 0; \quad \sum m_z(\bar{F}_k) = 0;$$

Методические указания к решению задач

При решении задач на равновесие тела, находящегося под действием пространственной системы сил, следует придерживаться последовательности операций, указанных в практических занятиях №1 и №2.

Чтобы составить уравнение равновесия при решении конкретных задач, нужно уметь вычислять проекции на координатные оси и моменты относительно координатных осей каждой силы рассматриваемой системы.

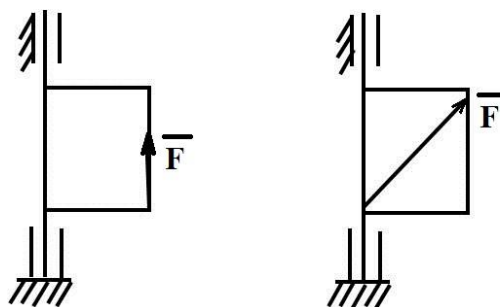
Как известно, моменты силы относительно оси определяются не всей силой, а только той ее составляющей, которая перпендикулярна данной оси. Поэтому при вычислении момента силы относительно ее оси необходимо силу спроектировать на плоскость, перпендикулярную данной оси, и найти момент этой проекции силы относительно точки пересечения оси с плоскостью.

Во многих случаях моменты силы удобно определять при помощи теоремы Вариньона, для чего следует данную силу разложить на составляющие, параллельные осям координат, и момент силы относительно данной оси найти сумму моментов, ее составляющих, относительно этой же оси.

Момент силы относительно оси равен нулю, если :

1. сила параллельна оси;
2. линия действия пересекает ось

$$m_z(\vec{F}) = 0 \quad \text{если} \quad \begin{array}{l} \vec{F} \parallel OZ \\ \vec{F} \times OZ \end{array}$$



Если сила находится в плоскости перпендикулярной оси, то ее момент относительно этой оси будет равен произведению этой силы на кратчайшее расстояние между этой осью и линией действия силы.

Задача №17 (8.16 М). С помощью ворота, изображенного схематически на рис 17, осуществляется равномерный подъем груза весом $Q = 1 \text{ кН}$. Веревка сходит с барабана по касательной, наклоненной к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$. Считая, что плоскость диска и рукоятки KD перпендикулярны к оси вала и принимая $a = 30 \text{ см}$, $b = 40 \text{ см}$, $c = 60 \text{ см}$, $d = 40 \text{ см}$, $R = 5 \text{ см}$.

Определить Давление P на рукоятку ($\bar{P} \perp KD$) и реакции опор A и B в положении, когда рукоятка горизонтальна.

Дано:

Определить:

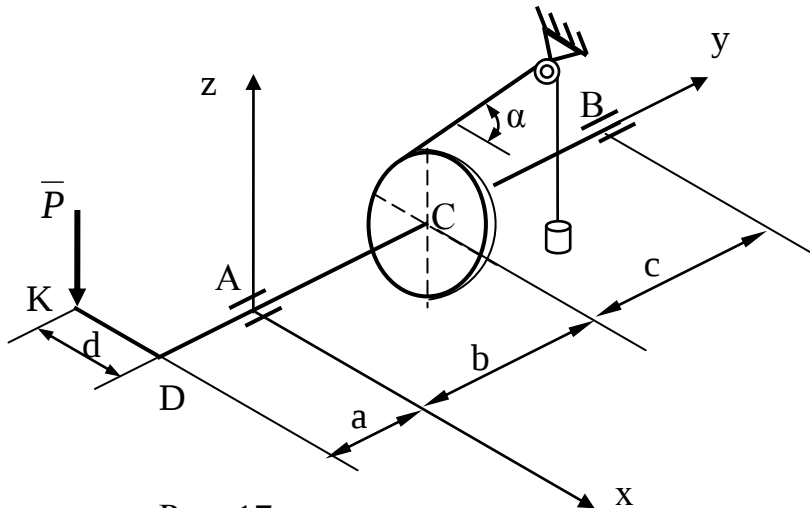


Рис. 17

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

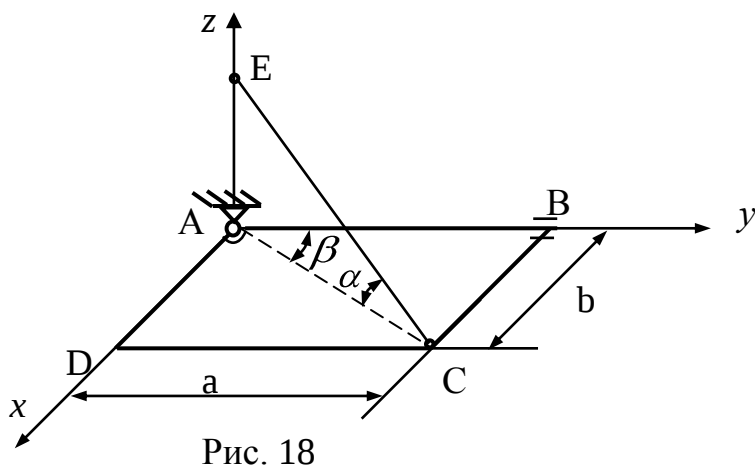
x_k						
y_k						
z_k						
$m_x(\bar{F}_i)$						
$m_y(\bar{F}_i)$						
$m_z(\bar{F}_i)$						

Задача № 18 (8,24). Однородная прямоугольная рама (рис. 18) весом $P = 20 \text{ кН}$ прикреплена к стене при помощи шарового шарнира A и петли B и удерживается в горизонтальном положении тросом CE .

Углы $\alpha = \beta = 30^\circ$.

Определить натяжение троса и реакции опор A и B .

Дано:



Определить:

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

x_k							
y_k							
z_k							
$m_x(\bar{F}_i)$							
$m_y(\bar{F}_i)$							
$m_z(\bar{F}_i)$							

Задача №19 (8.21). Крышка прямоугольного ящика $ABCD$ (рис.19) весом $P = 120 \text{ кН}$ приоткрыта на угол $\alpha = 60^\circ$ и удерживается в равновесии невесомым стрежнем DE .

Определить реакции шарниров A и B .

Дано:

Определить:

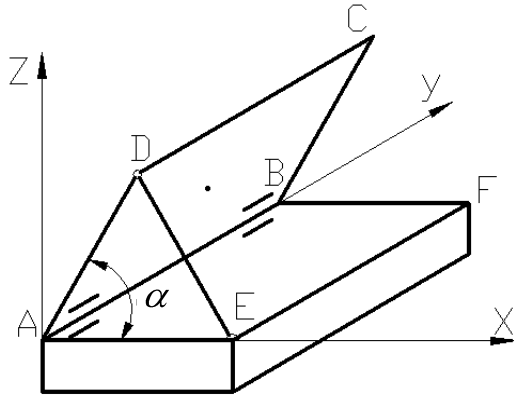


Рис. 19

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

X_k						
Y_k						
Z_k						
$m_x(\bar{F}_i)$						
$m_y(\bar{F}_i)$						
$m_z(\bar{F}_i)$						

Задача №20 (8.36 М). Горизонтальный вал трансмиссии (рис. 20), несущий два шкива C и D ременной передачи, может вращаться в подшипниках A и B . Радиусы шкивов $r_C = 20\text{ см}$, $r_D = 25\text{ см}$.

Расстояния шкивов от подшипников $a = b = 50\text{ см}$, расстояние между шкивами $c = 100\text{ см}$. Натяжение ветвей ремня на шкиве C горизонтальны и имеют величины $\bar{t}_1$ и $\bar{T}_1$, причем $T_1 = 2t_1 = 5\text{ кН}$, натяжение ветвей ремня на шкиве D образуют с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$ и имеют величины $\bar{t}_2$ и $\bar{T}_2$, причем $T_2 = 2t_2$.

Определить натяжения $\bar{t}_2$ и $\bar{T}_2$ в условиях равновесия, а также реакции подшипников A и B , вызванные натяжениями ремней.

Дано:

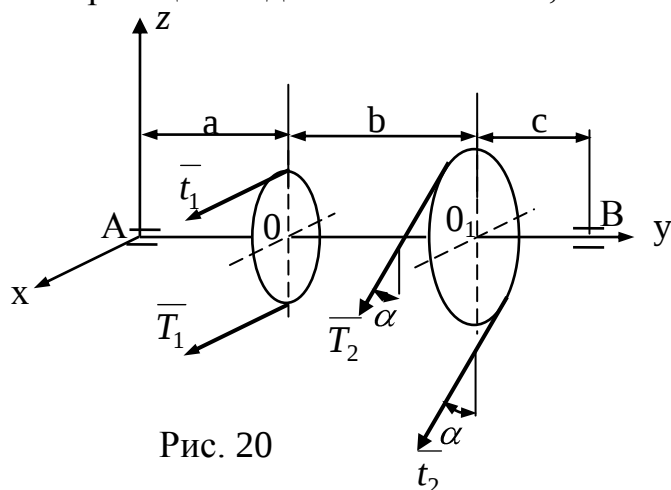


Рис. 20

Определить:

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

							$\bar{t}_2$	$\bar{T}_2$
x_k								
y_k								
z_k								
$m_x(\bar{F}_i)$								
$m_y(\bar{F}_i)$								
$m_z(\bar{F}_i)$								

Задача №21 (8.13 М). На горизонтальном валу (рис. 21) лежащем в подшипниках A и B , закреплены груз весом $Q = 25 \text{ кН}$, висящий на тросе, намотанном на шкив C радиусом $R = 20 \text{ см}$ и груз весом $P = 1 \text{ кН}$, жестко закрепленный на стержне DE перпендикулярно к валу и неизменно связанном с ним. В положении равновесия стержень отклонен от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$.

Определить расстояние ℓ от центра тяжести груза P до оси вала и реакции подшипников A и B .

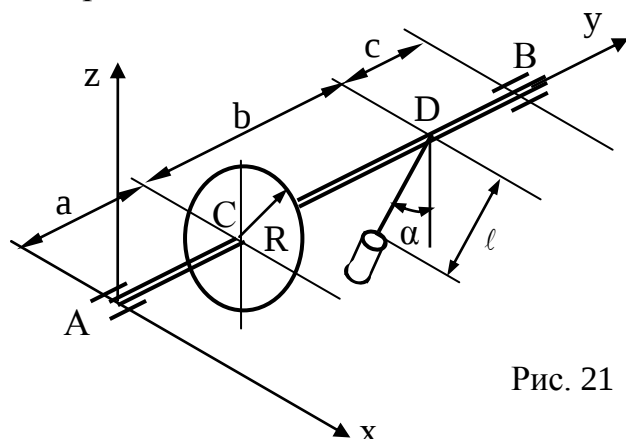


Рис. 21

Дано:

Определить:

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

x_k						
y_k						
z_k						
$m_x(\bar{F}_i)$						
$m_y(\bar{F}_i)$						
$m_z(\bar{F}_i)$						

Задача №22 (8.14 М). На горизонтальный вал AB насажены зубчатое колесо C радиуса 1 м и шестерня D радиуса 10 см . Другие размеры указаны на рисунке 22. К колесу C по направлению к касательной приложена горизонтальная сила $P=100\text{ Н}$, а к шестерне D , также по касательной, приложена вертикальная сила Q .

Определить силу Q и реакции подшипников A и B в положении равновесия.

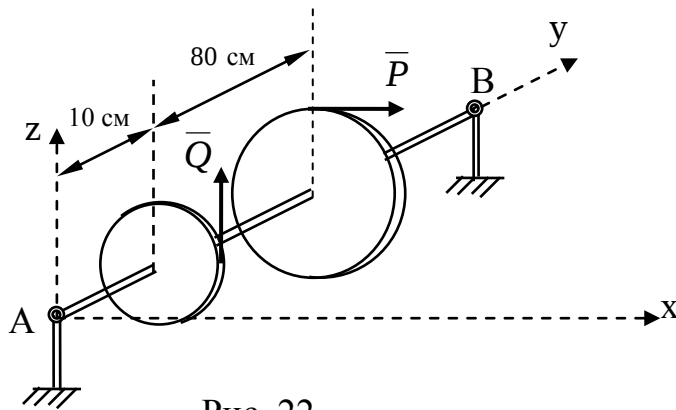


Рис. 22

Дано:

Определить:

Решение

1. Объект равновесия:
2. Силовая схема объекта освобожденного от связей:
 - а) активные силы:
 - б) реакции связей:

3. Условие равновесия системы сил:

x_k						
y_k						
z_k						
$m_x(\bar{F}_i)$						
$m_y(\bar{F}_i)$						
$m_z(\bar{F}_i)$						

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Тема : Исследование положения центра тяжести.

Литература:

[1], § 53 - 61;

[2], § 31 - 35;

[3], стр. 170 - 192, гл. 8;

[4], стр. 47 - 62.

[7], стр. 80 - 87.

Вопросы по теме:

1. Что называется центром тяжести твердого тела?
2. По каким формулам определяются координаты центра тяжести твердого тела?
3. Как определяется положение центра тяжести однородного тела (объема, пластины, линии)?
4. Как записываются статические моменты веса, объема, площади, линии относительно координатных плоскостей или осей координат?
5. В чем состоят методы определения положения центра тяжести:
 - метод симметрии;
 - метод разбиения (группировки)
 - метод отрицательных масс (дополнений)?

Краткие сведения из теории

Центром тяжести твердого тела называется геометрическая точка, неизменно связанная с телом и обладающая следующим свойством: если твердое тело, частицы которого находятся под действием только сил тяжести, закрепить в этой точке, то оно будет сохранять безразличное положение равновесия.

Координаты центра тяжести тела определяются формулами

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}{P}; \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot y_i}{P}; \quad z_c = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot z_i}{P};$$

где P_i – вес i частицы;

P – вес всего тела;

n – число частиц, на которое разбито тело.

При выводе этих формул предполагалось, что размеры тела по сравнению с радиусом Земли малы, а силы тяжести частиц тела образуют систему параллельных сил и сохраняют для каждой частицы постоянное значение при любых поворотах тела.

Величины

$$P_{yz} = \sum P_i \cdot x_i; \quad P_{zx} = \sum P_i \cdot y_i; \quad P_{xy} = \sum P_i \cdot z_i;$$

называются статическими моментами веса относительно соответствующих координатных плоскостей.

Запишем формулы в виде

$$P_{x_c} = \sum P_i \cdot x_i; \quad P_{y_c} = \sum P_i \cdot y_i; \quad P_{z_c} = \sum P_i \cdot z_i;$$

Последние формулы показывают, что статический момент всего тела относительно любой координатной плоскости равен сумме статических моментов его частей относительно этой же плоскости.

Определение центров тяжести однородных тел сводится к определению центров тяжести объемов, площадей и линий.

Формулы для координат центра тяжести и статических моментов объема

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \Delta V_i}{V}; & y_c &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \Delta V_i}{V}; & z_c &= \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \Delta V_i}{V}; \\ V_{yz} &= \sum x_i \cdot \Delta V_i; & V_{zx} &= \sum y_i \cdot \Delta V_i; & V_{xy} &= \sum z_i \cdot \Delta V_i; \end{aligned}$$

Формулы для координат центра тяжести и статических моментов площади

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \Delta S_i}{S}; & y_c &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \Delta S_i}{S}; \\ S_y &= \sum_{i=1}^n x_i \Delta S_i; & S_x &= \sum_{i=1}^n y_i \Delta S_i; \end{aligned}$$

Формулы для координат центра тяжести и статических моментов пространственной линии

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \Delta \ell_i}{\ell}; & y_c &= \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \Delta \ell_i}{\ell}; & z_c &= \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \Delta \ell_i}{\ell}; \\ \ell_{yz} &= \sum x_i \cdot \Delta \ell_i; & \ell_{zx} &= \sum y_i \cdot \Delta \ell_i; & \ell_{xy} &= \sum z_i \cdot \Delta \ell_i; \end{aligned}$$

В некоторых случаях удастся упростить определение положения центра тяжести тела, если воспользоваться методом симметрии, методом разбиения, методом дополнения.

Метод симметрии. Центр тяжести однородного тела, имеющего или плоскость, или ось, или центр симметрии, расположен соответственно в плоскости или на оси, или в центре симметрии. Поэтому при вычислении координат центра тяжести тела начало координат помещается или в плоскости, или на оси, или в центре симметрии, вследствие чего соответствующие координаты центра тяжести обращаются в нуль.

Метод разбиения (группировки). Тело (объем, площадь, линия) разбивается на конечное число частей, положения центров тяжести которых уже известны или легко определяются. Координаты центра тяжести тела, плоской фигуры или линии находятся по приведенным выше формулам. Количество слагаемых в этих формулах равно количеству частей, на которое разбито тело.

Метод дополнения (отрицательных масс). Это частный случай метода разбиения и применяется тогда, когда в теле имеются вырезы, полости и т.п., координаты центров тяжести которых могут быть легко определены. В этих случаях тело дополняется, то есть рассматривается как сплошное, и нему применяется метод разбиения. Весу (объему, площади, линии), соответствующему вырезу, присваивается отрицательный знак.

Методические указания к решению задач

При решении задач на определение координат центра тяжести рекомендуется придерживаться следующего порядка.

1. Если не указано, то выбрать систему координат.
2. Разбить тело или плоскую фигуру на минимальное количество частей, координаты центров тяжести которых известны или могут быть легко определены.
3. Записать формулы для координат центра тяжести с учетом количества частей, на которые разбито тело или плоская фигура.
4. Определить величины, входящие в эти формулы.
5. Вычислить координаты центра тяжести и, если необходимо, нанести его на чертеже.

Задача №23. Определить координаты центра тяжести данной фигуры.

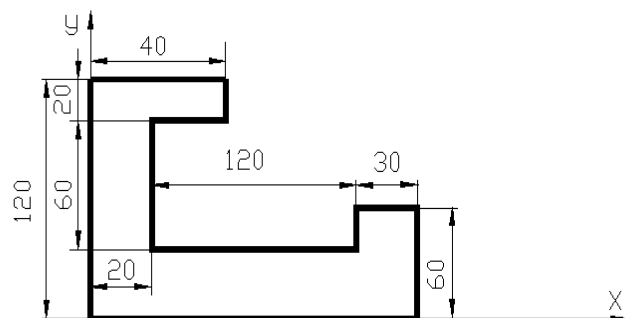


Рис. 23

Задача №24. Определить центр тяжести сечения, составленного из двух стандартных профилей швеллера № 24 и двутавра № 30.

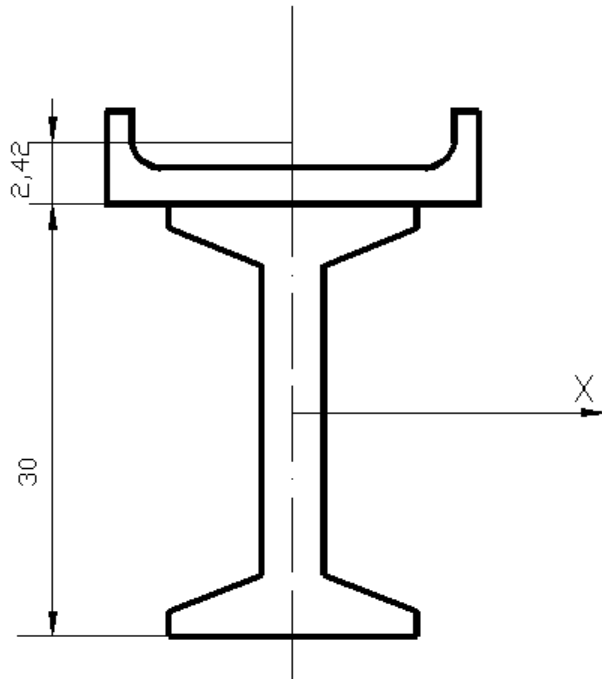


Рис. 24

Задача №25 (315(в)). **О п р е д е л и т ь** статические моменты и координаты центра тяжести площади (рис. 25), если $a = 90 \text{ мм}$, $b = 60 \text{ мм}$, $d = 10 \text{ мм}$, $h = 100 \text{ мм}$.

Дано:

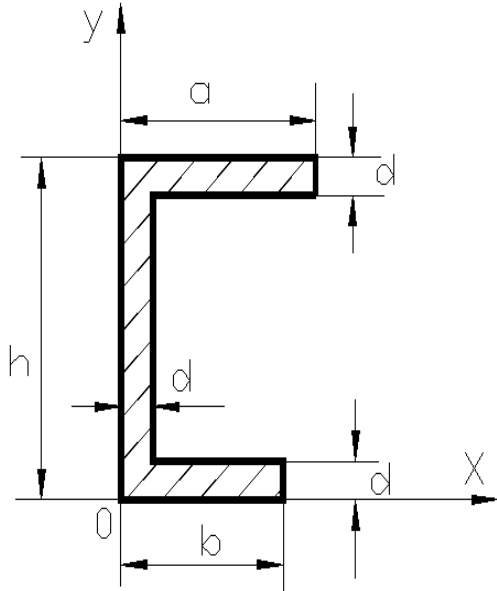


Рис. 25

Определить:

Задача №26. В однородном диске (рис. 26) радиусом $R = 2a$ сделан вырез в виде прямоугольного треугольника OAB .

Определить положение центра тяжести оставшейся части диска, если $OA = OB = a$.

Дано:

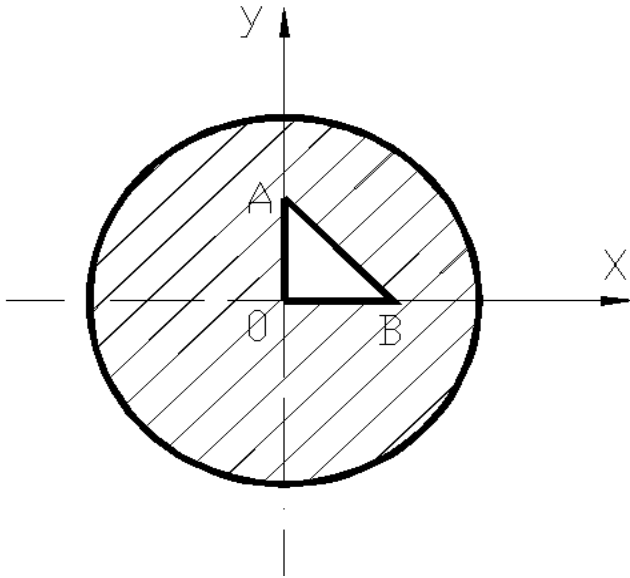


Рис. 26

Определить:

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторные работы проводятся по перечисленным ниже темам. Для подготовки к лабораторным работам отвечаем на контрольные вопросы.

Лабораторная работа: Исследование связей без трения и определение их реакций.

Разбираем и решаем:

Задачи из тренировочных карт С1, С2.

Контрольные вопросы:

1. Сформулировать аксиомы статики.
2. Что называется связью и реакцией связи?
3. Назвать основные типы связей.
4. В чем заключается принцип освобожденности от связей?

Задание на самостоятельную работу:

Решаем тренировочные карты до конца заданий С1, С2.

Лабораторная работа: Исследование равновесия плоской системы сходящихся сил.

Контрольные вопросы:

1. Какая система сил называется сходящейся?
2. В чем заключается векторное, геометрическое и аналитическое условия равновесия системы сходящихся сил?
3. Сформулировать теорему о равновесии трех непараллельных сил.

Разбираем и решаем:

Задачи № 1, 2.

Задание на самостоятельную работу:

Решаем задачи № 3, 4, 5.

Лабораторная работа: Исследование равновесия произвольной плоской системы сил.

Контрольные вопросы:

1. Что называется алгебраическим моментом силы относительно точки?
2. Что такое пара сил?
3. Чему равен алгебраический момент пары сил?
4. Записать условия равновесия произвольной плоской системы сил в трех различных формах

Разбираем и решаем:

Задачи из тренировочных карт задание С3.

Решаем задачи № 7, 8

Задание на самостоятельную работу:

Решаем задачи № 10,12.

Решаем тренировочные карты до конца заданий С3.

Лабораторная работа: Исследование равновесия произвольной плоской системы сил с учетом сил трения.

Контрольные вопросы:

1. Какие силы действуют на тело, находящееся на шероховатой поверхности, при попытке переместить тело вдоль этой поверхности?
2. Что называется статической силой трения?
3. Чему равна наибольшая сила трения в покое?
4. Что такое статический коэффициент трения и от чего он зависит?
5. Каково соотношение между статической силой трения и наибольшей силой трения в покое?
6. Что называется углом трения? Чему равен тангенс этого угла?
7. Что называется конусом трения, и какому условию должна соответствовать сила, чтобы она могла сдвинуть тело?
8. Как определяется сила трения скольжения при движении тела по шероховатой поверхности?

Разбираем и решаем:

Решаем задачи № 15

Задание на самостоятельную работу:

Решаем задачи № 13,14, 16.

Лабораторная работа: Исследование равновесия произвольной пространственной системы параллельных сил.

Контрольные вопросы:

1. Что называется моментом силы относительно оси? В каких случаях он равен нулю?
2. Как определяется момент силы относительно оси, если линия действия силы перпендикулярна оси?
3. В чем состоит теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы относительно оси?
4. Сформулировать и записать аналитические условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Разбираем и решаем:

Задачи из тренировочных карт задание С4.

Задание на самостоятельную работу:

Решаем тренировочные карты до конца заданий С4.

Лабораторная работа: Исследование равновесия произвольной пространственной системы сил.

Контрольные вопросы:

1. Что называется моментом силы относительно оси? В каких случаях он равен нулю?
2. Как определяется момент силы относительно оси, если линия действия силы перпендикулярна оси?
3. В чем состоит теорема Вариньона о моменте равнодействующей силы относительно оси?
4. Сформулировать и записать аналитические условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Разбираем и решаем:

Решаем задачи № 17,18, 19

Задание на самостоятельную работу:

Решаем задачи № 20,21, 22.

Лабораторная работа: Исследование положения центра тяжести.**Контрольные вопросы:**

1. Что называется центром тяжести твердого тела?
2. По каким формулам определяются координаты центра тяжести твердого тела?
3. Как определяется положение центра тяжести однородного тела (объема, пластины, линии)?
4. Как записываются статические моменты веса, объема, площади, линии относительно координатных плоскостей или осей координат?
5. В чем состоят методы определения положения центра тяжести
 - а) метод симметрии;
 - б) метод разбиения (группировки)
 - в) метод отрицательных масс (дополнений)?

Разбираем и решаем:

Решаем задачи № 17, 18, 19

Задание на самостоятельную работу:

Решаем задачи № 20, 21, 22.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики: статика, кинематика, динамика : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим специальностям / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. - 8-е издание, стереотипное. - Санкт-Петербург : Лань, 2001. - 763, [1] с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиография: с. 741. - Предметно-именной указатель: с. 742-750. - ISBN 5-8114-0390-9 (в пер.)
2. Краткий курс теоретической механики : учебник для студентов вузов / С. М. Тарг. - 12-е издание, стереотипное. - Москва : Высшая школа, 1998. - 416 с. : ил. ; 21 см. - Предметный указатель: с. 409-411. - ISBN 5-06-003523-9
3. Прусов, В. М. Методические указания и контрольные задания по теоретической механике / В. М. Прусов, Л. О. Наголюк, Н. К. Корнеева. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2015. - 66, [1] с. : ил. ; 21 см. - Текст : непосредственный. <http://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/7438>
4. Прусов, В. М. Статика в вопросах и ответах : учеб. пособие для подготовки студентов к тестированию по теорет. механике / В.М. Прусов, Л.О. Наголюк. - Севастополь : СМУЭИП, 2006. - 88 с. : рис. - Текст : непосредственный.
5. Корнеева, Н. К. Обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплинам : «Теоретическая механика», «Механика», «Теоретическая и прикладная механика», «Техническая механика» : методические указания / Н. К. Корнеева, Л. Н. Пичугова, А. И. Рыжков. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2022. - 16 с. : ил. - URL: <https://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/10969>. - Загл. с титул. экрана. - Библиография: с. 16. - Текст : электронный.
6. Мещерский, И. В. Задачи по теоретической механике : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по техн. спец. / И. В. Мещерский; Ред. В. А. Пальмов, Д. Р. Меркин. - 43-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2005. - 448 с. : ил. - ISBN 5-9511-0019-4 : 41.00 грн. - Текст : непосредственный.
7. Прусов, В. М. Статика : учебное пособие по теоретической механике / В. М. Прусов. - 3-е изд. переработ. - Севастополь : СВВМИУ, 1991. - 206 с. - Текст : непосредственный.
8. Тренировочные карты по статике : методические указания / составители: Н. К. Корнеева [и др.]. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2022. - 19 с. : ил. - URL: <https://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/10053>. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

9. Теоретическая механика. Краткий курс : учебник для вузов / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13208-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517437>

10. Чуркин, В. М. Теоретическая механика в решениях задач. Кинематика : учебное пособие для вузов / В. М. Чуркин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 386 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04644-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514956>

11. Акимов, В. А. Теоретическая механика. Кинематика. Практикум : уч. пос. / В. А. Акимов, О. Н. Складар, А. А. Федута ; под общ. ред. проф. А. В. Чигарева. — Москва : ИНФРА-М; Минск : Нов. знание, 2012. — 635 с. (Высш. образ.). — ISBN 978-5-16-005064-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/235510>

Учебное издание

**СБОРНИК
ТИПОВЫХ ЗАДАЧ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО СТАТИКЕ**

Учебно-методическое пособие

Составители: **Корнеева** Надежда Константиновна, **Пичугова** Луиза Николаевна,
Глушкова Елена Владимировна, **Пантель** Валентин Олегович

В авторской редакции

Изд. № 143/2024. Объем 4 п.л. Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,92.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»