

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ КАРТЫ ПО СТАТИКЕ

Студент_____

Класс_____

Севастополь
СевГУ
2022

УДК [531/534+621] (076)
ББК 22.21я73
Т66

Рецензент:
А.Ю. Тараховский - канд. техн. наук, доцент кафедры ЦТ

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

Т66 Тренировочные карты по статике : методические указания / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет; сост.: Н.К.Корнеева, Л.Н. Пичугова, Е.В. Глушкова. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 19 с.: ил. – Текст : электронный.

В методических указаниях кратко изложена теория, необходимая для подготовки к тестовым работам по заданным темам. Даны примеры заданий для самостоятельной работы студентов при подготовке к тестированию по первому разделу теоретической механики - «Статика». Полученные знания при решении данных задач используются для выполнения РГР.

Предназначены для студентов направления подготовки 14.05.02 «Атомные станции, проектирование, эксплуатация и инжиниринг», профиль подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», 27.03.01 «Стандартизация и метрология», 18.03.01 «Химическая технология», 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» и других специальностей, изучающих теоретическую, техническую и прикладную механику.

УДК [531/534+621] (076)
ББК 22.21я73

Рассмотрены и рекомендованы на заседании кафедры «Цифровое проектирование», протокол № 3 от 1 декабря 2021 г.

Задания разбиты по основным темам:

- связи и их реакции;
- система сходящихся сил;
- момент силы относительно точки;
- момент силы относительно оси.

ПРАВИЛА ВЕДЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ КАРТ ПО СТАТИКЕ

1. Перед работой в тренировочных картах студент должен проработать соответствующий материал по конспекту лекций или учебнику.
2. При решении задач необходимо строго соблюдать принятую последовательность выполнения отдельных операций.
3. Записи должны быть аккуратными и четкими, чертежи оформлять карандашом, использовать чертежный инструмент.
4. Выполненные тренировочные карты предъявляются в течение семестра для проверки преподавателю, а также на экзамене или зачете.
5. Отсутствие студента на занятии не освобождает его от необходимости решать задачи по данной теме.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Тема 1 (С1). Связи и их реакции

Методические указания к решению задач. Связи и их реакции, плоская система сил (лист 1, 2)

Задача: Освободить объекты AB и M от связей и указать направление их реакций.

1. Выбрать объект равновесия - тело AB или M .
2. Применить аксиому связей.
3. Изобразить свободный объект AB или M во второй колонке с приложенными к нему активными силами.
4. Написать в третьей колонке название связей.
5. Изобразить реакции связей на чертежах во второй колонке.

Методические указания к решению задач. Связи и их реакции пространственная система сил (лист 3)

Задача: Указать на чертеже для объекта M реакции связей и назвать их.

1. Выбрать объект равновесия - тело AB или M .
2. Применить аксиому связей.
3. Написать во второй колонке название связей.
4. Изобразить реакции связей на чертежах в первой колонке.

Краткая теория

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

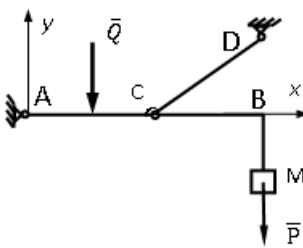
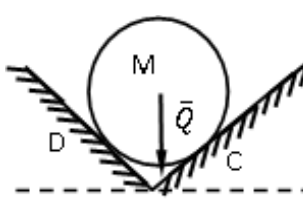
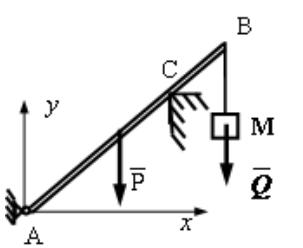
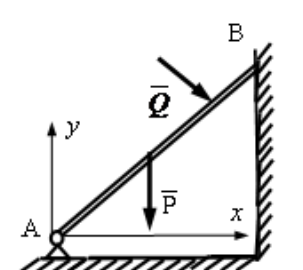
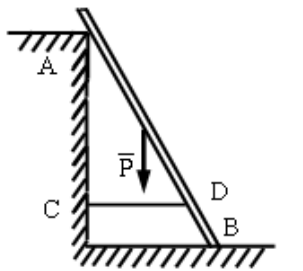
Связями называются ограничения, налагаемые на перемещение тела, выполняющиеся при любых действующих силах.

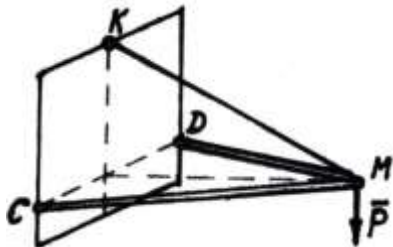
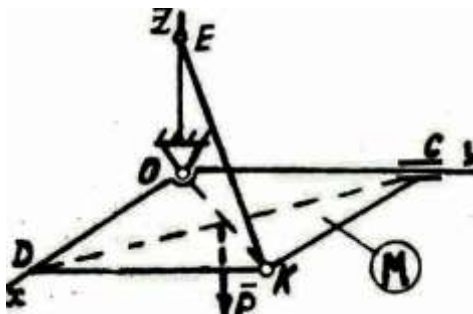
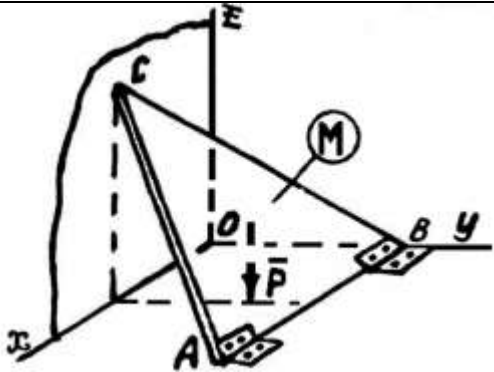
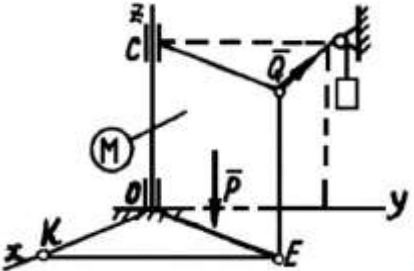
Сила, с которой связь действует на несвободное тело, называется силой реакции или просто **реакцией**

Аксиома связей или принцип освобождаемости от связей:

Всякое несвободное тело можно освободить от связей, заменив их действие реакциями, и рассматривать тело как свободное, находящееся под действием приложенных сил и реакций связи.

С-1	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 1
Задача: Освободить объекты AB и M от связей и указать направление их реакций			
№	Д а н о:	Р е а к ц и и	Название связей
1			<u>Для AB:</u> 1. A – шарнирно-неподвижная опора (ШНО); 2. BC – гибкая связь <u>Для M</u> MC – гибкая связь; $T_1 = T_2 = Q$
2			
3	M – точечный шарнир (узел) CM, DM – невесомые стержни		
4			
5			

С-1	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 2
№	Д а н о:	Р е а к ц и и	Название связей
6	CD – невесомый стержень 		
7			
8			
9			
10	CD - гибкая нерастяжимая нить 		

С-1	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 3
Задача: Указать на чертеже для объекта M реакции связей и назвать их.			
№	Д а н о	Названия связей	
11	KM – гибкая нерастяжимая нить CM и DM – невесомые стержни 		
12	KE – гибкая нерастяжимая нить 		
13			
14	KE – гибкая нерастяжимая нить 		

**Тема 2 (С2). Система сходящихся сил.
Методические указания к решению задач (лист 1, 2, 3)**

Задача: Пользуясь теоремой о равновесии трех непараллельных сил, найти на схеме направление реакции в точке A и построить силовой треугольник

1. Применить аксиому связей
2. Построить точку схода. Для этого продлить линию действия заданной силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ или $\vec{Q}$. Построить линию действия известной реакции.
3. Точку схода соединить точкой с A .
4. Построить силовой треугольник. Перенести заданную силу параллельно самой себе во вторую колонку.
5. Через начало и конец построенного вектора провести линии параллельные реакциям связей.
6. Обходя по периметру построенного треугольника, расставить стрелки реакций последовательно друг за другом.
7. На схеме в первой колонке изобразить истинные направления реакций связей.

Краткая теория

Геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил.

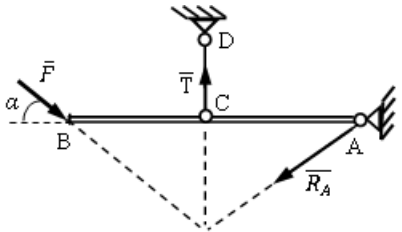
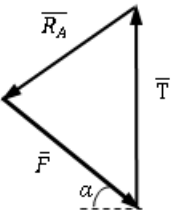
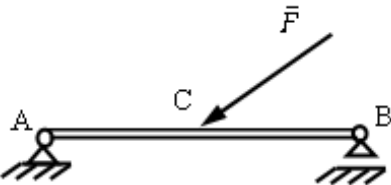
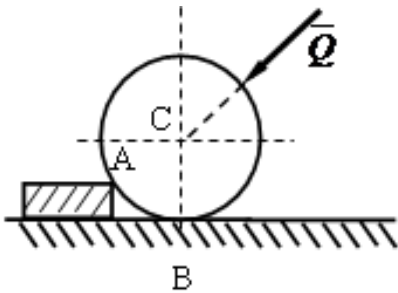
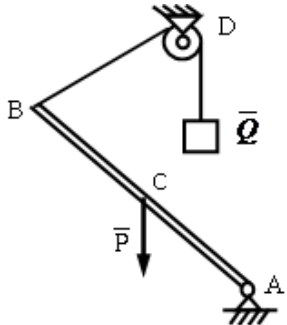
Для равновесия системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы силовой многоугольник был замкнут.

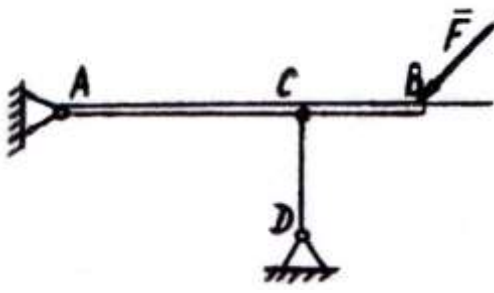
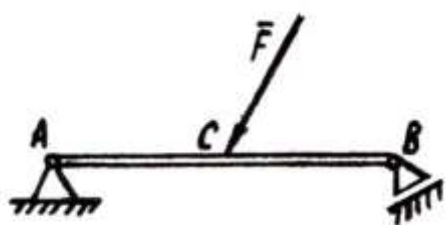
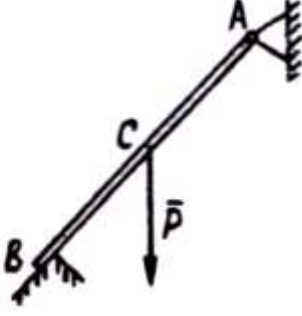
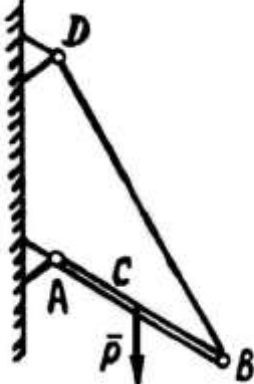
Теорема о равновесии трех непараллельных сил.

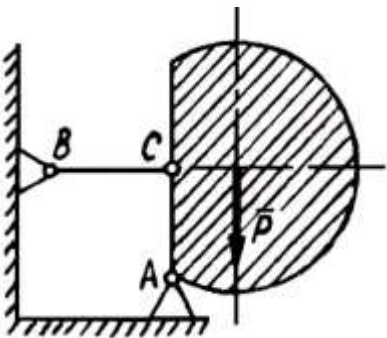
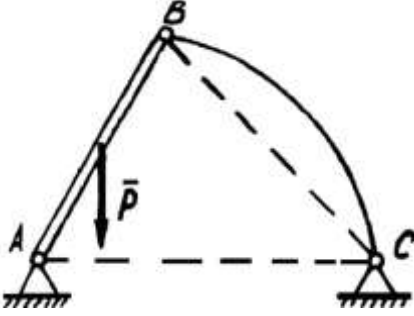
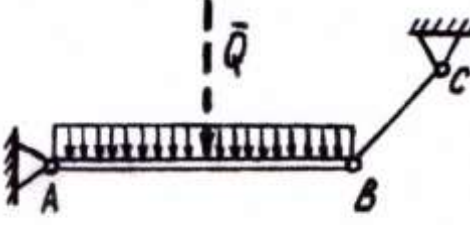
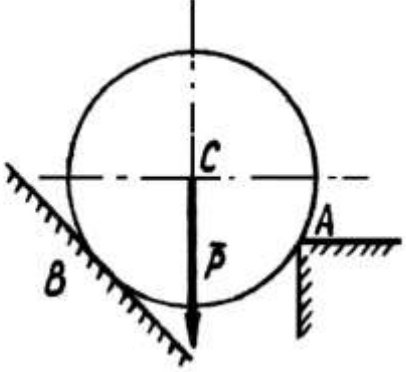
Если система трех сил удовлетворяет следующим условиям:

1. ее силы лежат в одной плоскости;
2. эти силы непараллельны друг другу;
3. система находится в равновесии,

то линии действия сил такой системы пересекаются в одной точке.

С-2	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 1
Задача: Пользуясь теоремой о равновесии трех непараллельных сил, найти на схеме направление реакции в точке A и построить силовой треугольник			
№	С х е м а	Силовой треугольник	
1			
2			
3			
4			

С-2	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 2
№	С х е м а	Силовой треугольник	
5	CD - невесомый стержень 		
6			
7			
8			

С-2	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 3
№	С х е м а	Силовой треугольник	
9			
10	<i>BC</i> - невесомый криволинейный стержень 		
11			
12			

Тема 3 (СЗ). Момент силы относительно точки.
Методические указания к решению задач (лист 1, 2, 3)

Задача: Определить проекции сил на координатные оси и моменты сил относительно точек.

1. Во второй колонке записать проекции сил на координатные оси.
2. В третьей колонке записать моменты сил относительно заданных центров моментов.

Краткая теория

Проекцией вектора силы $\vec{F}$ на ось x называется скалярная величина, равная, со знаком плюс или минус, длине отрезка ab оси, заключённого между проекциями начала и конца данного вектора.

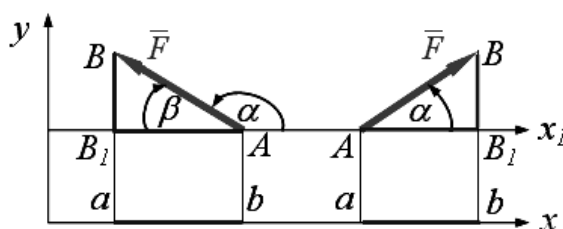
Проекция считается положительной, если направление отрезка $\overline{ab}$ совпадает с положительным направлением оси x , и отрицательной — в противном случае.

Из рисунка видно, что проекции вектора силы на параллельные и одинаково направленные оси x и x_1 будут одинаковы. Поэтому проекция F_x равна с соответствующим знаком катету AB_1 в прямоугольном треугольнике AB_1B :

$$F_x = ab = AB_1 = F \cos \alpha .$$

Заметим, что эта формула остаётся справедливой и в случае, когда α — тупой угол. В самом деле

$$F_x = -ab = -AB_1 = -F \cos \beta = -F \cos(\pi - \alpha) = F \cos \alpha .$$

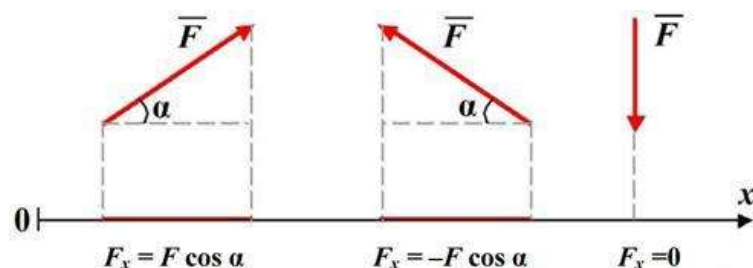


Таким образом, проекция вектора силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси, причём

$$F_x = \begin{cases} > 0, \text{ если } \alpha - \text{острый угол;} \\ = 0, \text{ если } \alpha - \text{прямой угол;} \\ < 0, \text{ если } \alpha - \text{тупой угол.} \end{cases}$$

Очевидно, проекция вектора $\vec{F}$ на ось y равна с *соответствующим знаком* катету B_1B в прямоугольном треугольнике AB_1B :

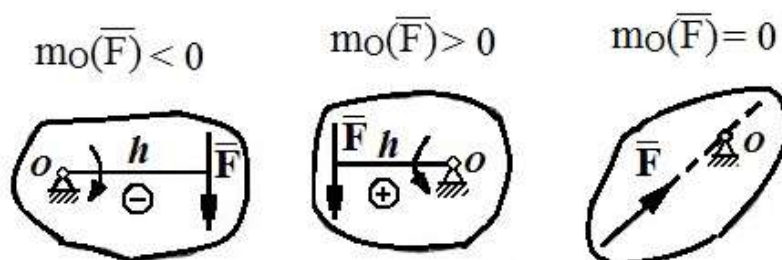
$$F_y = \begin{cases} F \sin \alpha, & \text{если } \alpha - \text{острый угол;} \\ F \sin \beta, & \text{если } \alpha - \text{тупой угол.} \end{cases}$$



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

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

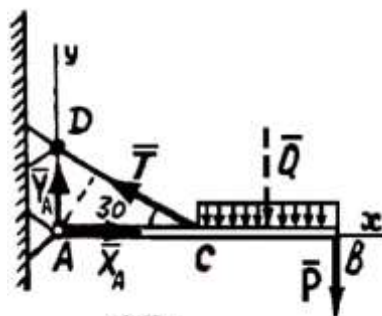
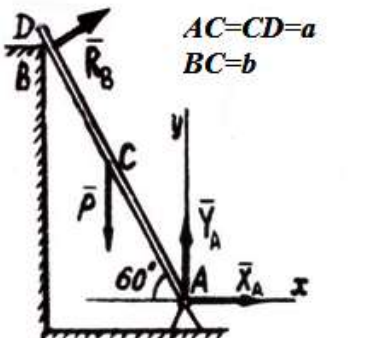
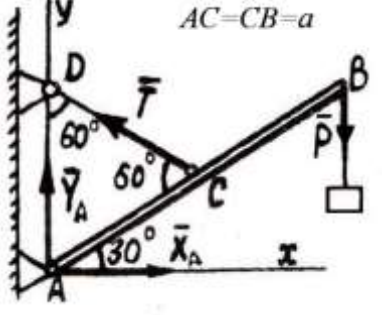
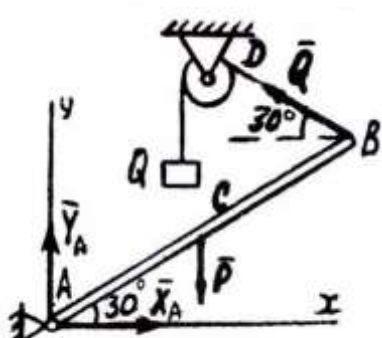
$$m_o(\vec{F}) = \pm Fh$$

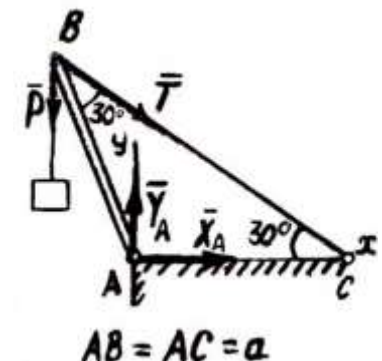
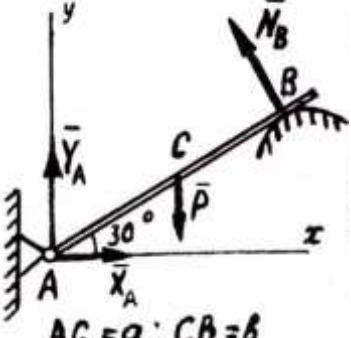
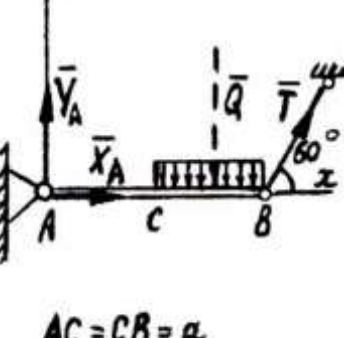
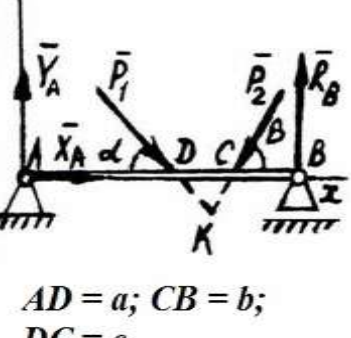


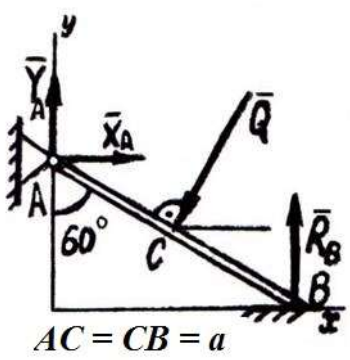
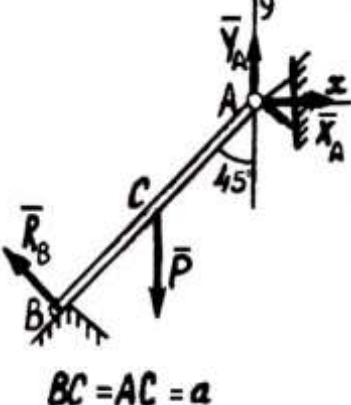
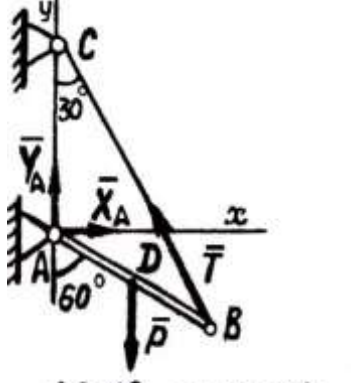
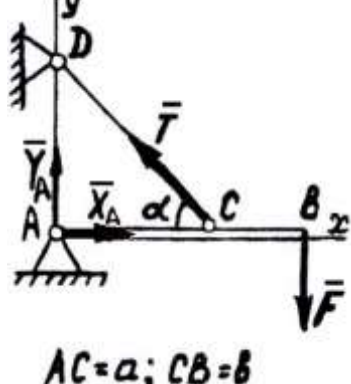
Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.

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.

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

С-3	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 1
Задача: Определить проекции сил на координатные оси и моменты сил относительно точек			
1	 $AC=CB=a$	$T_x = -T \cdot \cos 30$ $T_y = T \cdot \sin 30$ $P_x = 0$ $Q_y = -Q$ $X_{Ax} = X_A$	$m_A(\bar{T}) = T \cdot a \cdot \sin 30$ $m_B(\bar{T}) = -T \cdot a \cdot \sin 30$ $m_D(\bar{T}) = 0$ $m_A(\bar{P}) = -P \cdot 2a$ $m_A(\bar{Q}) = -Q \cdot \frac{3}{2}a$
2	 $AC=CD=a$ $BC=b$	$R_{Bx} =$ $R_{By} =$ $P_x =$ $P_y =$ $X_{Ax} =$	$m_A(\bar{R}_B) =$ $m_A(\bar{P}) =$ $m_B(\bar{P}) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
3	 $AC=CB=a$	$T_x =$ $T_y =$ $P_x =$ $P_y =$ $Y_{Ax} =$	$m_D(\bar{T}) =$ $m_A(\bar{T}) =$ $m_A(\bar{P}) =$ $m_C(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
4	 $AC=CB=a$	$Q_x =$ $Q_y =$ $P_x =$ $P_y =$ $X_{Ay} =$	$m_D(\bar{Q}) =$ $m_A(\bar{Q}) =$ $m_A(\bar{P}) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$

С-3	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист 2
5	 $AB = AC = a$	$P_x =$ $P_y =$ $T_x =$ $T_y =$ $X_{Ax} =$	$m_A(\bar{P}) =$ $m_A(\bar{T}) =$ $m_C(\bar{Y}_A) =$ $m_C(\bar{P}) =$ $m_C(\bar{X}_A) =$
6	 $AC = a; CB = b$	$N_{Bx} =$ $N_{By} =$ $P_x =$ $P_y =$ $Y_{Ay} =$	$m_A(\bar{N}_B) =$ $m_A(\bar{P}) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$ $m_B(\bar{P}) =$
7	 $AC = CB = a$	$T_x =$ $T_y =$ $Q_x =$ $Q_y =$ $X_{Ax} =$	$m_A(\bar{Q}) =$ $m_B(\bar{Q}) =$ $m_A(\bar{T}) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
8	 $AD = a; CB = b;$ $DC = c.$	$P_{1x} =$ $P_{1y} =$ $P_{2x} =$ $Y_{Ay} =$ $R_{Bx} =$	$m_K(\bar{P}_2) =$ $m_B(\bar{P}_2) =$ $m_A(\bar{P}_1) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$

С-3	Теоретическая механика	Всего листов 3	Лист
9	 $AC = CB = a$	$R_{Bx} =$ $R_{By} =$ $Q_x =$ $Q_y =$ $X_{Ay} =$	$m_A(\bar{Q}) =$ $m_A(\bar{R}_B) =$ $m_B(\bar{R}_B) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
10	 $BC = AC = a$	$P_x =$ $P_y =$ $R_{Bx} =$ $R_{By} =$ $Y_{Ay} =$	$m_A(\bar{R}_B) =$ $m_A(\bar{P}) =$ $m_B(\bar{P}) =$ $m_A(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
11	 $AC = AB = a; AD = DB$	$P_x =$ $P_y =$ $T_x =$ $T_y =$ $X_{Ay} =$	$m_A(\bar{P}) =$ $m_A(\bar{T}) =$ $m_C(\bar{T}) =$ $m_C(\bar{X}_A) =$ $m_B(\bar{Y}_A) =$
12	 $AC = a; CB = b$	$F_x =$ $F_y =$ $T_x =$ $T_y =$ $X_{Ax} =$	$m_A(\bar{F}) =$ $m_B(\bar{T}) =$ $m_A(\bar{T}) =$ $m_C(\bar{Y}_A) =$ $m_B(\bar{X}_A) =$

Тема 4 (С4). Момент силы относительно оси. Методические указания к решению задач (лист 1, 2)

Задача: Определить проекции сил на координатные оси и моменты сил относительно осей координат.

1. Во второй колонке записать проекции сил на координатные оси.
2. В третьей колонке записать моменты сил относительно заданных координатных осей.

Краткая теория

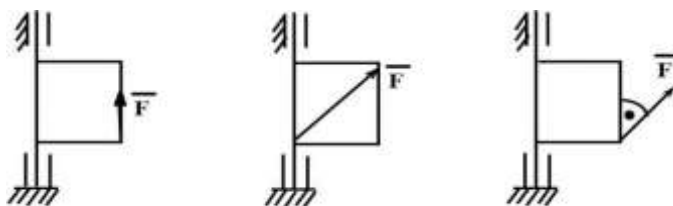
Моментом силы $\vec{F}$ относительно оси называется алгебраическая величина, равная моменту проекции этой силы на любую плоскость перпендикулярную оси, относительно точки О пересечения оси с плоскостью.

Момент силы считается **положительным**, если смотря с положительного конца оси Z, поворот который стремится совершить сила $\vec{F}_{xy}$, виден происходящим против часовой стрелки, в противном случае он будет **отрицательным**.

Момент силы относительно оси равен нулю, если сила параллельна оси, или линия действия силы пересекает ось (если сила и ось Z лежат в одной плоскости).

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

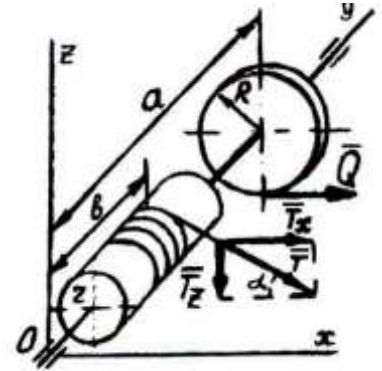
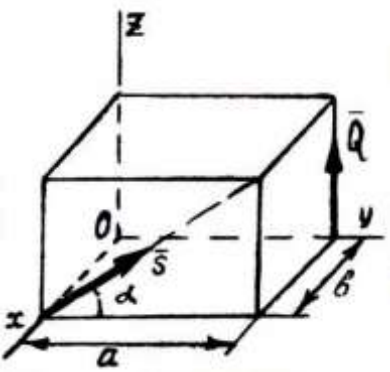
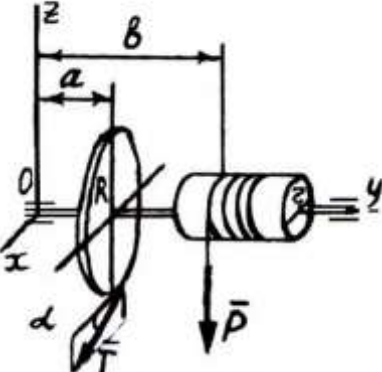
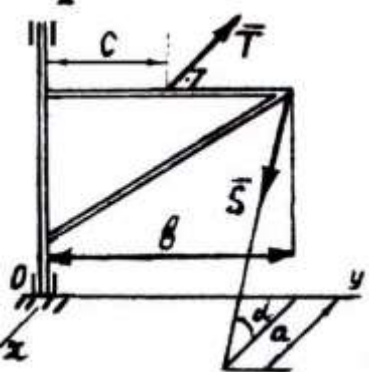
Если сила находится в плоскости перпендикулярной оси, то ее момент относительно этой оси будет равен произведению этой силы на кратчайшее расстояние между этой осью и линией действия силы.

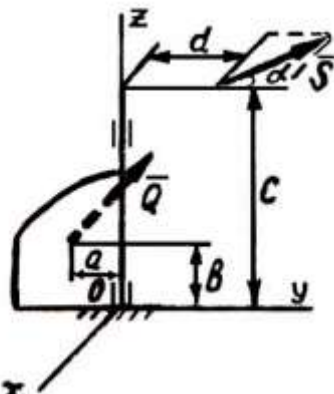
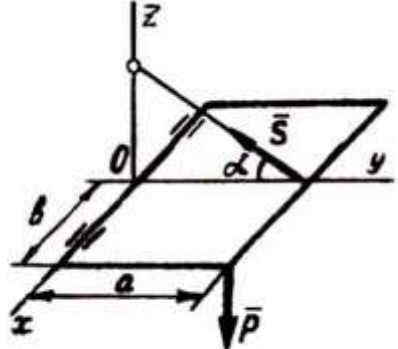
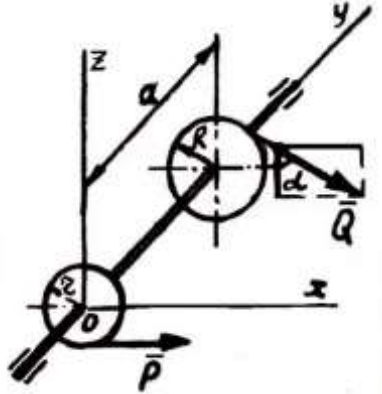
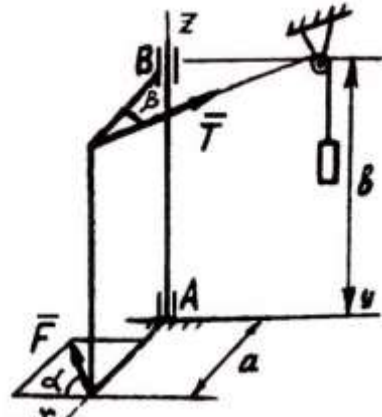


Теорема Вариньона о моменте равнодействующей:

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

$$\bar{m}_\ell(\vec{R}) = \sum_{k=1}^n \bar{m}_\ell(\vec{F}_k).$$

С-4	Теоретическая механика	Всего листов 2	Лист 1
Задача: Определить проекции сил на координатные оси и моменты сил относительно координатных осей			
1		$Q_x = Q$ $Q_z = 0$ $T_x = T \cdot \cos \alpha$ $T_y = 0$ $T_z = -T \cdot \sin \alpha$	$m_x(\bar{Q}) = 0$ $m_y(\bar{Q}) = -Q \cdot R$ $m_y(\bar{T}) = T \cdot r$ $m_x(\bar{T}) = - T_z b = -T \sin \alpha b$ $m_z(\bar{T}) = - T_x b = -T \cos \alpha b$
2		$Q_x =$ $Q_z =$ $S_x =$ $S_y =$ $S_z =$	$m_x(\bar{Q}) =$ $m_z(\bar{Q}) =$ $m_x(\bar{S}) =$ $m_y(\bar{S}) =$ $m_z(\bar{S}) =$
3		$P_x =$ $P_z =$ $T_x =$ $T_y =$ $T_z =$	$m_x(\bar{P}) =$ $m_z(\bar{P}) =$ $m_x(\bar{T}) =$ $m_y(\bar{T}) =$ $m_z(\bar{T}) =$
4		$T_x =$ $T_z =$ $S_x =$ $S_y =$ $S_z =$	$m_x(\bar{T}) =$ $m_z(\bar{T}) =$ $m_x(\bar{S}) =$ $m_y(\bar{S}) =$ $m_z(\bar{S}) =$

С-4	Теоретическая механика	Всего листов 2	Лист 2
5		$Q_x =$ $Q_z =$ $S_x =$ $S_y =$ $S_z =$	$m_x(\bar{Q}) =$ $m_y(\bar{Q}) =$ $m_z(\bar{Q}) =$ $m_x(\bar{S}) =$ $m_z(\bar{S}) =$
6		$P_x =$ $P_z =$ $S_x =$ $S_y =$ $S_z =$	$m_x(\bar{P}) =$ $m_z(\bar{P}) =$ $m_x(\bar{S}) =$ $m_y(\bar{S}) =$ $m_z(\bar{S}) =$
7		$P_x =$ $P_y =$ $Q_x =$ $Q_y =$ $Q_z =$	$m_x(\bar{P}) =$ $m_y(\bar{P}) =$ $m_x(\bar{Q}) =$ $m_y(\bar{Q}) =$ $m_z(\bar{Q}) =$
8		$T_x =$ $T_y =$ $T_z =$ $F_x =$ $F_y =$	$m_x(\bar{T}) =$ $m_y(\bar{T}) =$ $m_z(\bar{T}) =$ $m_x(\bar{F}) =$ $m_z(\bar{F}) =$

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ КАРТЫ ПО СТАТИКЕ

Методические указания

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

В авторской редакции

Изд. № 207/2021. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»