Лекция № 5.

Пара сил.

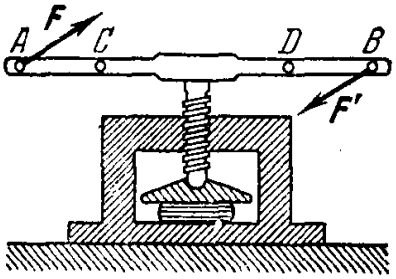
Геометрическая сумма двух равных и противоположно направленных сил всегда равна нулю, но такие две силы уравновешиваются, на основании первой аксиомы статики только тогда, когда они действуют по одной прямой, в данном же случае они имеют различные линии действия. Так как во всех других случаях две параллельные силы, как и силы, сходящиеся в одной точке, всегда могут быть заменены одной равнодействующей, то данная система сил занимает среди других систем особое место и носит особое название. Система двух равных по модулю и противоположных по направлению параллельных сил называется парой сил или просто парой.

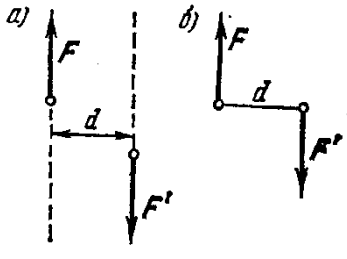
Пара сил не имеет равнодействующей и не может быть уравновешена одной силой. Последнее вытекает из того, что если бы пара уравновешивалась одной силой, то она имела бы и равнодействующую.

Опыт показывает, что пара, действуя на твердое тело, стремится сообщить ему вращательное движение, если этому не препятствуют наложенные на тело связи. Пару можно отыскать везде, где приложенные силы стремятся сообщить телу вращательное движение.

Например, для сообщения вращательного движения винту пресса действуют на его рукоятку силами F и F', равными по модулю, параллельными и направленными в противоположные стороны. При этом, как это ясно из повседневного опыта, при приложении сил в точках А и В рукоятки потребуется для зажима пресса меньшее их значение, чем в том случае, когда эти силы будут приложены в более близких друг к другу точках С и В.

Таким образом, вращательный эффект пары зависит как от модуля ее сил, так и от расстояния между линиями их действия и определяется так





называемым моментом пары.

Абсолютное численное значение момента пары равно произведению модуля одной из сил пары на ее плечо, т. е. на кратчайшее расстояние между линиями действия сил пары.

Действие пары на тело зависит от:

1) абсолютного численного значения момента пары;

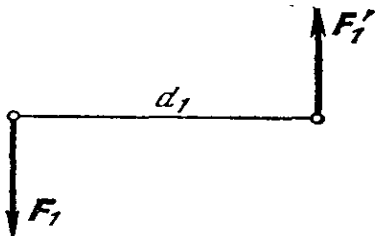
2) положения в пространстве плоскости действия пары;

3) направления вращения пары в плоскости ее действия.

Алгебраической величиной момента пары называется взятое со знаком плюс или минус абсолютное численное значение момента пары. Обозначая алгебраическую величину момента пары буквой M, а плечо пары - буквой d, имеем:

$$M = \pm F \cdot d$$

При этом момент пары считается положительным, если пара стремится вращать тело в направлении, противоположном ходу стрелки часов, и отрицательным, если пара стремится повернуть тело по ходу стрелки часов..

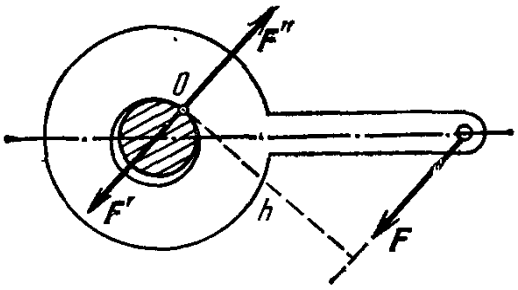


Момент пары имеет, размерность силы, умноженной на размерность длины. Так, если сила измеряется в ньютонах, а плечо—в метрах, то момент пары будет из меряться в ньютон-метрах (Н ·м).

Момент силы относительно точки (центра)

Возникновение понятия момента силы относительно точки связано с задачей о рычаге.

Во всех случаях, когда тело совершает вращательное движение, можно отыскать пару сил, сообщающую ему это вращение.



Алгебраическая величина момента силы относительно какой-либо точки равна взятому со знаком плюс или минус произведению модуля силы на ее плечо, т. е. на длину перпендикуляра, опущенного из этой точки на линию действия силы.

Понятие о моменте силы относительно точки является одним из важнейших понятий механики. Обобщая это понятие, можно находить момент силы относительно любой точки, независимо от того, может ли в действительности тело вращаться вокруг этой точки.

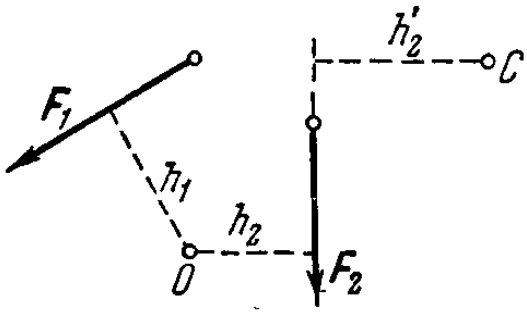
Точка, относительно которой определяют момент силы, называется центром момента.

Обозначая момент силы F относительно центра O символом M_0 (F) и плечо относительно данного центра буквой d, будем иметь:

$$M_0(F) = \pm F \cdot h$$

Аналогично правилу знаков для момента пары, тот или другой знак в формуле берется по правилу: если сила стремится повернуть тело вокруг центра моментов в направлении, противоположном ходу стрелки часов, то момент считается положительным, если по ходу стрелки часов— то отрицательным.

Например, момент силы F относительно точки O $M_0(F) = - F \cdot h$



Для силы F_1 будем иметь $M_o(F_1) = F_1 \cdot h_1$, для силы F_2 имеем $M_0(F_2) = -F_2 h_2$. Момент одной и той же силы может иметь и положительное и отрицательное значение в зависимости от взаимного расположения силы и центра моментов, т. е. той точки, относительно которой берется момент.

Момент силы имеет, очевидно, размерность силы, умноженной на длину, т. е. измеряется в тех же единицах, что и момент пары.

Из определения момента силы относительно точки следует:

1) момент силы относительно данной точки не изменяется при переносе силы вдоль ее линии действия, так как при этом не изменяется ни модуль силы, ни ее плечо;

2) момент силы относительно данной точки равен нулю, если линия действия силы проходит через эту точку, так как в этом случае равно нулю плечо силы.

Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов – М.: Высшая школа, 2000. § 1.10-1.13

Олофинская В.П. Техническая механика: Сборник тестовых заданий. – М., Форум- Инфра-М, 2002.

Задание для самостоятельной работы.

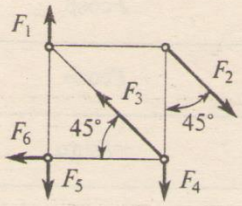
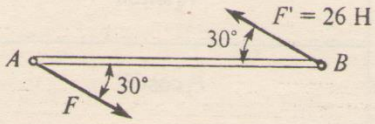
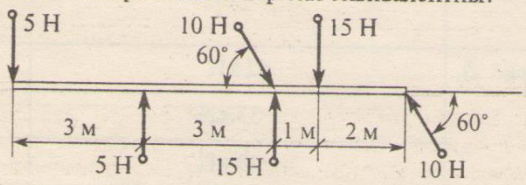
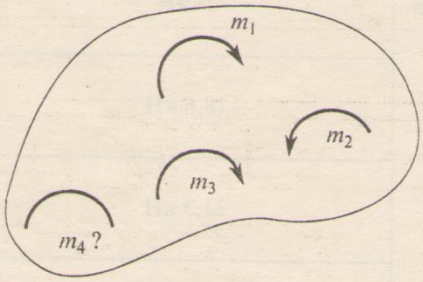
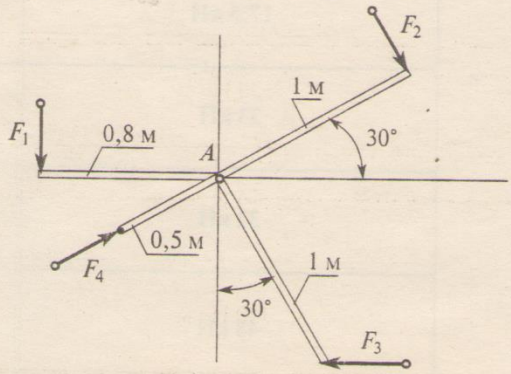
Изучив материал выполнить тесты.

Вариант выбирается в соответствии с нумерацией в журнале.

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

СТАТИКА

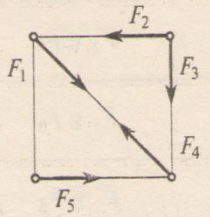
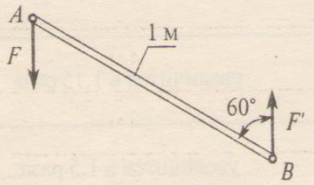
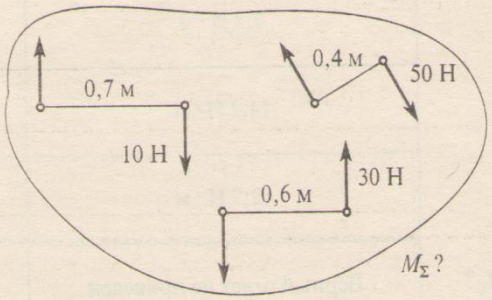
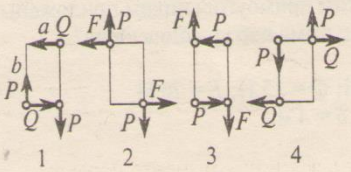
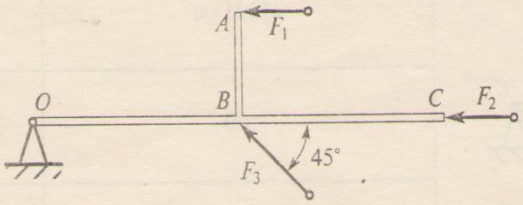
Пара сил. Момент силы относительно точки **Тема 1.3** **Вариант 1**

Вопросы	Ответы	Код
1. Какие силы из заданной системы образуют пары сил? $F_1 = F_4 = F_5$ $F_2 = F_3 = F_6$  	$(\bar{F}_1; \bar{F}_4)$ и $(\bar{F}_2; \bar{F}_3)$	1
	$(\bar{F}_2; \bar{F}_3)$ и $(\bar{F}_4; \bar{F}_5)$	2
	$(\bar{F}_4; \bar{F}_5)$ и $(\bar{F}_2; \bar{F}_5)$	3
	$(\bar{F}_2; \bar{F}_5)$ и $(\bar{F}_2; \bar{F}_6)$	4
2. Момент пары сил $M = 104$ Н · м. Найти AB  	2 м	1
	4 м	2
	6 м	3
	8 м	4
3. Какие из изображенных пар сил эквивалентны?  	5, 5 и 10, 10	1
	5, 5 и 15, 15	2
	10, 10 и 15, 15	3
	Верный ответ не приведен	4
4. Тело находится в равновесии $m_1 = 15$ Н · м; $m_2 = 8$ Н · м; $m_3 = 12$ Н · м; $m_4 = ?$  Определить величину момента пары m_4	14 Н · м	1
	19 Н · м	2
	11 Н · м	3
	15 Н · м	4
5. Определить сумму моментов сил относительно точки A $F_1 = 10$ Н; $F_2 = 20$ Н; $F_3 = 30$ Н; $F_4 = 40$ Н  	35 Н · м	1
	42 Н · м	2
	38 Н · м	3
	54 Н · м	4

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

СТАТИКА

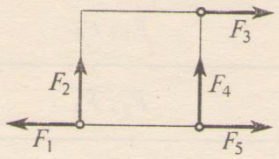
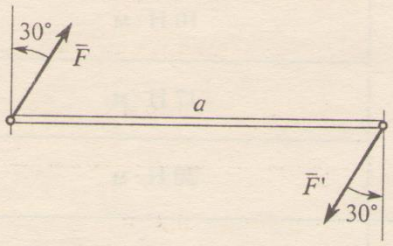
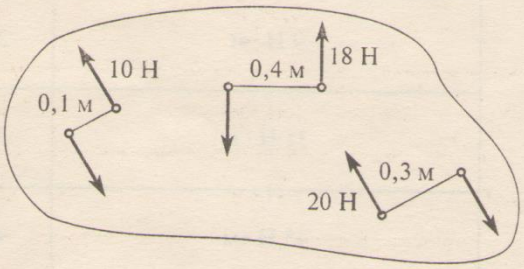
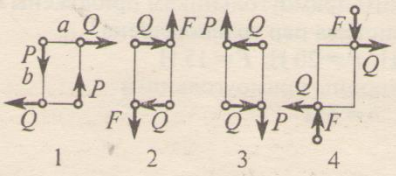
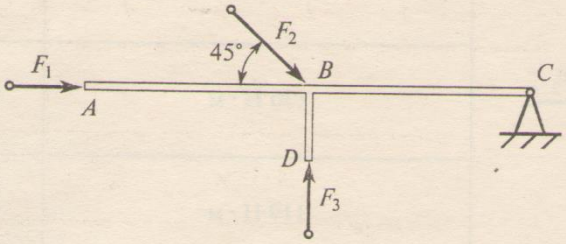
Пара сил. Момент силы относительно точки **Тема 1.3** **Вариант 2**

Вопросы	Ответы	Код
1. Какие силы из заданной системы образуют пару? $F_1 = F_2 = F_5 = F_3 = F_4$; 	$\bar{F}_1$; $\bar{F}_2$	1
	$\bar{F}_1$; $\bar{F}_5$	2
	$\bar{F}_3$; $\bar{F}_4$	3
	$\bar{F}_2$; $\bar{F}_5$	4
2. Определить момент заданной пары сил  $\lvert F\rvert = \lvert F'\rvert = 20$ Н	5 Н · м	1
	10 Н · м	2
	17 Н · м	3
	20 Н · м	4
3. Определить момент результирующей пары сил 	5 Н · м	1
	9 Н · м	2
	31 Н · м	3
	45 Н · м	4
4. К жестким прямоугольникам приложены пары сил. Какая система пар уравновешена? $Q = 10$ Н; $P = 20$ Н; $F = 15$ Н; a, b – стороны прямоугольника; $a = 3$ м; $b = 4$ м		1
		2
		3
		4
5. Определить сумму моментов относительно точки O  $AB = 2$ м; $OB = BC$; $OB = 5$ м; $F_1 = 12$ Н; $F_2 = 2$ Н; $F_3 = 30$ Н	81 Н · м	1
	130 Н · м	2
	119 Н · м	3
	130 Н · м	4

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

СТАТИКА

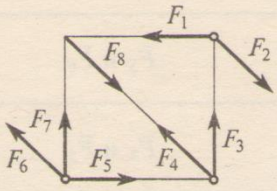
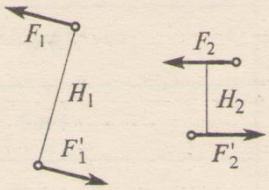
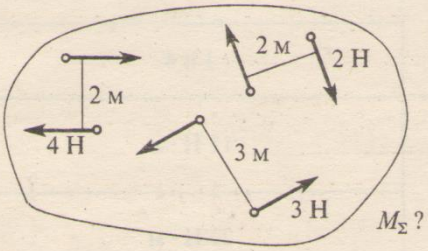
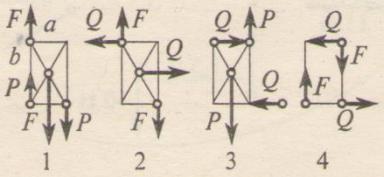
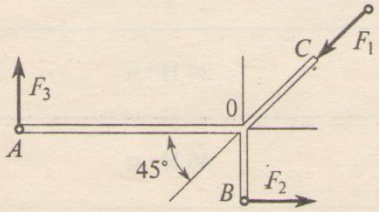
Пара сил. Момент силы относительно точки **Тема 1.3** **Вариант 3**

Вопросы	Ответы	Код
1. Какие силы из заданной системы образуют пару сил? Модули всех сил равны 	$\bar{F}_1$ и $\bar{F}_5$	1
	$\bar{F}_2$ и $\bar{F}_4$	2
	$\bar{F}_1$ и $\bar{F}_3$	3
	$\bar{F}_3$ и $\bar{F}_5$	4
2. Как изменится момент пары при повороте сил на 30°? $a = 5$ м $F = 10$ Н 	уменьшится в 1,15 раза	1
	увеличится в 1,15 раза	2
	увеличится в 1,5 раза	3
	Не изменится	4
3. Определить момент результирующей пары сил 	2,2 Н · м	1
	14,2 Н · м	2
	12,2 Н · м	3
	Верный ответ не приведен	4
4. К жестким прямоугольникам приложены пары сил. Какая система пар уравновешена? $P = 10$ Н; $Q = 15$ Н; $F = 20$ Н $a = 3$ м; $b = 4$ м		1
		2
		3
		4
5. Определить сумму моментов относительно точки C  $AB = 2$ м; $BC = 4$ м; $DB = 1$ м $F_1 = 100$ Н; $F_2 = 50$ Н; $F_3 = 35$ Н	240 Н · м	1
	≈0	2
	40 Н · м	3
	140 Н · м	4

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

СТАТИКА

Пара сил. Момент силы относительно точки **Тема 1.3** **Вариант 4**

Вопросы	Ответы	Код
1. Какие силы из заданной системы образуют пару сил?  Модули всех сил равны	$\bar{F}_1$ и $\bar{F}_3$	1
	$\bar{F}_4$ и $\bar{F}_8$	2
	$\bar{F}_2$ и $\bar{F}_6$	3
	$\bar{F}_3$ и $\bar{F}_7$	4
2. Известно, что пары сил ($\bar{F}_1$ и $\bar{F}_1'$) и ($\bar{F}_2$ и $\bar{F}_2'$) эквивалентны. $F_1 = 2$ Н; $F_2 = 5$ Н; $H_1 = 0{,}4$ м. Определить H_2 	0,8 м	1
	0,16 м	2
	0,24 м	3
	0,36 м	4
3. Для заданной системы пар сил найти момент результирующей пары 	1 Н · м	1
	3 Н · м	2
	13 Н · м	3
	21 Н · м	4
4. К жестким прямоугольникам приложены пары сил. Какая система пар сил уравновешена? $a = 3$ м; $b = 4$ м; $Q = 9$ Н; $F = 12$ Н; $P = 15$ Н. a, b – стороны прямоугольника 		1
		2
		3
		4
5. Определить сумму моментов относительно точки O  $AO = 2$ м; $OC = OB = 1$ м; $F_1 = 12$ Н; $F_2 = 18$ Н; $F_3 = 9$ Н	36 Н · м	1
	24 Н · м	2
	0	3
	124 Н · м	4