

1.7. Статика

Статика – это раздел механики, в котором изучается равновесие тел. Тело находится в равновесии, если в данной системе отсчета оно **покоится**. Законы статики обычно формулируются для **инерциальных** систем отсчета, где действуют только реальные физические силы, являющиеся результатом взаимодействия тел.

1. Равновесие материальной точки

В задачах статики тело можно считать **материальной точкой**, если оно может двигаться **только поступательно**. В этом случае форма и размеры тела не играют роли, и все силы можно перенести в одну точку.

Если силы приложены к одной точке, то их можно складывать по правилам сложения векторов. Отсюда следует условие равновесия материальной точки: **векторная сумма всех сил равна нулю**

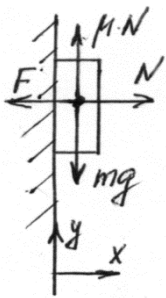
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$$

Векторное равенство эквивалентно системе трех скалярных равенств для проекций:

$$F_{1x} + F_{2x} + \dots = 0$$

$$F_{1y} + F_{2y} + \dots = 0$$

$$F_{1z} + F_{2z} + \dots = 0$$



Пример. Чтобы удержать брусок в равновесии, прижимая его к вертикальной стене, требуется минимальная горизонтально направленная сила 500 Н. Чему равна масса бруска, если коэффициент трения между бруском и стенкой 0,1? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение: Брусок может двигаться только поступательно, поэтому для него используем модель материальной точки. Все силы считаются приложенными к одной точке. Тогда из условий равновесия тела для горизонтальной и вертикальной проекций

$$N - F = 0$$

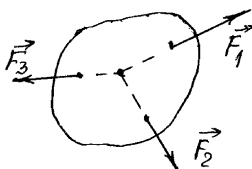
$$\mu N - mg = 0$$

получим

$$m = \frac{\mu F}{g} = 5 \text{ кг}$$

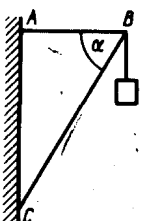
2. Равновесие твердого тела

Если **тело может поворачиваться**, то используют модель **твердого тела**, в которой форма и размеры тела существенны, но в данной задаче не изменяются. В этом случае точками приложения сил считаются места их фактического действия. В модели твердого тела силу можно переносить не в любом направлении, а только **вдоль линии ее действия**. Тогда возможны 2 случая:



1) Если **линии действия всех сил проходят через одну точку**, то все силы можно перенести в эту точку, и задача на равновесие твердого тела сводится к задаче на равновесие одной этой точки

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$$



Пример. Груз массой 10 кг подвешен на кронштейне ABC. Угол между горизонтальным стержнем AB и подкосом BC равен $\alpha = 60^\circ$. Определить силы, действующие на стержень и подкос.

Решение: Линии действия всех сил проходят через точку B . Тогда из условий равновесия точки B для горизонтальной и вертикальной проекций,

$$F_2 \cos \alpha - F_1 = 0$$

$$F_2 \sin \alpha - mg = 0$$

находим:

$$F_2 = \frac{mg}{\sin \alpha} = 113 \text{ Н}$$

$$F_1 = \frac{mg}{\tan \alpha} = 56 \text{ Н}$$

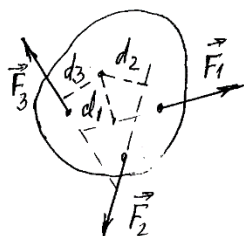
2) **Линии действия всех сил не проходят через одну точку.** В этом случае для равновесия твердого тела необходимы два условия:

- **правило сил:** векторная сумма всех сил равна нулю

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0;$$

- **правило моментов сил:** алгебраическая сумма моментов всех сил относительно любой оси равна нулю

$$M_1 + M_2 + \dots = 0$$



Моментом силы называется произведение силы на плечо $M = F \cdot d$.

Плечо силы d – это расстояние от оси вращения до линии действия силы. Момент считается положительным, если он вращает тело против часовой стрелки, и отрицательным – если по часовой стрелке.

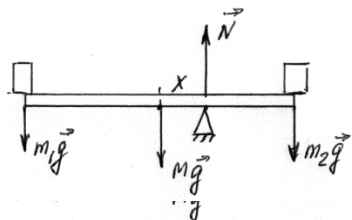
В частности, для тела на рисунке:

$$F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2 - F_3 \cdot d_3 = 0$$

Сумма моментов сил равна нулю относительно **любой оси**, поэтому ось вращения следует выбирать так, чтобы задача решалась проще. Если ось вращения выбрать на линии действия неизвестной силы, то эту силу можно исключить из рассмотрения, так как момент этой силы будет равен нулю.

Если линии действия сил не проходят через одну точку, то правило моментов нужно записывать обязательно. Если правила моментов недостаточно, то можно записать правило сил для одной или двух проекций.

Пример 1. На однородной доске длиной $l = 4$ м и массой $M = 30$ кг качаются два мальчика массами $m_1 = 30$ кг и $m_2 = 40$ кг. Где должна находиться точка опоры доски, если мальчики сидят на ее концах?

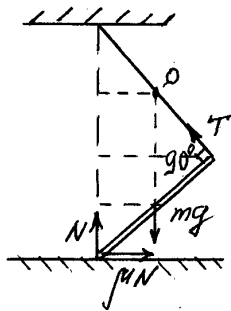


Решение. Выбираем ось вращения в точке опоры, тогда неизвестная сила реакции опоры исключается. За x обозначаем расстояние от точки опоры до центра доски. Сумма моментов сил веса двух мальчиков и силы тяжести доски будет равна нулю

$$-m_2 g \cdot \left(\frac{l}{2} - x\right) + m_1 g \cdot \left(\frac{l}{2} + x\right) + Mg \cdot x = 0$$

Отсюда следует

$$x = \frac{-m_1 \cdot l/2 + m_2 \cdot l/2}{m_1 + m_2 + M} = 0,2 \text{ м}$$



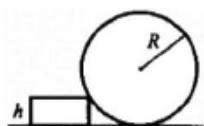
Пример 2. Стержень подвешен на нити так, как показано на рисунке. При каком минимальном коэффициенте трения возможен такой подвес? Длина нити равна длине стержня.

Решение. Записываем правило моментов, принимая за ось вращения середину нити. Тогда исключаются неизвестные силы T и mg . Для оставшихся сил при начале скольжения правило моментов имеет вид

$$-N \cdot d + \mu N \cdot 3d = 0$$

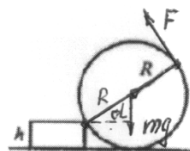
Отсюда получаем минимальный коэффициент трения при равновесии

$$\mu = \frac{1}{3}$$



Пример 3. Колесо радиусом $R = 1$ м и массой $m = 5$ кг упирается в ступеньку высотой $h = 20$ см. Проскальзывания между колесом и ступенькой нет. Определите минимальную силу, которую надо приложить к колесу, чтобы вкатить его на ступеньку.

Решение.



Колесо считаем твердым телом, так как оно может поворачиваться. За ось вращения принимаем точку контакта колеса со ступенькой, это исключает из рассмотрения неизвестную силу реакции ступеньки. После отрыва колеса от плоскости сила ее реакции отсутствует.

Сила тяжести колеса приложена к его центру и вращает колеса по часовой стрелке. В начальный момент плечо этой силы равно

$$d = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} = \sqrt{2Rh - h^2}$$

Сила F вращает колесо против часовой стрелки. Она будет минимальна, если ее плечо будет максимально, то есть, равно диаметру колеса. Тогда из правила моментов находим минимальную силу

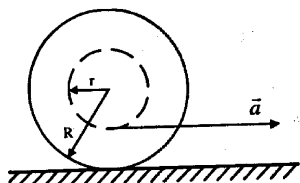
$$F \cdot 2R - mg \cdot \sqrt{2Rh - h^2} = 0$$

$$F = \frac{mg}{2R} \cdot \sqrt{2Rh - h^2} = 15 \text{ Н}$$

При дальнейшем подъеме колеса плечо силы тяжести и ее момент уменьшается, поэтому найденной сила F будет достаточно для полного подъема колеса на ступеньку.

3. Неинерциальные системы отсчета*

Равновесие тел можно рассматривать также и в неинерциальных системах отсчета, если к реальным физическим силам добавить силы инерции.



Пример. Катушку тянут за нить по полу так, что ускорение катушки постоянно и равно a . При каком коэффициенте трения между ободом катушки и полом катушка будет скользить, не вращаясь?

Решение. В неинерциальной системе отсчета, связанной с центром масс, катушка покоится. Сила тяжести и сила инерции приложены к центру масс, а сила нормальной реакции и сила трения - к точке контакта с полом.

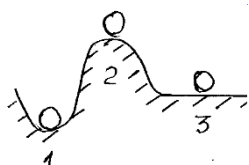
Запишем правило моментов для оси вращения в точке контакта нити с катушкой и правило сил для вертикальной оси координат

$$-\mu N \cdot (R - r) + ma \cdot r = 0 \qquad N - mg = 0$$

Отсюда находим

$$\mu = \frac{r}{R - r} \cdot \frac{a}{g}$$

4. Виды равновесия*



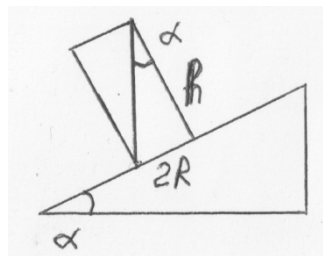
Равновесие тела **устойчиво**, если при малом смещении тело самопроизвольно возвращается в положение равновесия. При **неустойчивом** равновесии тело самопроизвольно удаляется от него, а при **безразличном** равновесии тело остается в смещенном положении. Примеры равновесия:

1 - устойчивое; 2 – неустойчивое; 3 - безразличное.

В поле силы тяжести равновесие устойчиво, если при смещении тела высота его центра масс увеличивается, и неустойчиво – если уменьшается (в общем случае, в устойчивом положении равновесия потенциальная энергия минимальная, а в неустойчивом – максимальная).

При равновесии тела, стоящего на плоскости, вертикаль из центра масс тела не должна выходить за пределы контура опоры. При попытке опрокидывания мерой устойчивости тела служит величина момента опрокидывающей силы.

Пример 1. На плоскости, имеющей угол наклона к горизонту 30° , стоит цилиндр с радиусом 0,5 м. Какова наибольшая высота цилиндра, при которой он еще не опрокидывается?



Решение. Цилиндр сохраняет устойчивость от опрокидывания, пока вертикаль из центра масс не выходит за пределы контура опоры.

Высота цилиндра будет наибольшей, если вертикаль проходит через границу опоры. Учитывая свойства углов с соответственно перпендикулярными сторонами, получаем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2R}{h} \qquad h = \frac{2R}{\operatorname{tg} \alpha} = 1,73 \text{ м}$$

Основные понятия

Статика изучает равновесие тел. Тело находится в равновесии, если в данной системе отсчета оно покоится. Условия равновесия тел формулируются для **инерциальных систем отсчета**.

Модель материальной точки используют для тела, которое может двигаться только поступательно. Тогда все силы можно считать приложенными к одной точке. Материальная точка находится в равновесии, если векторная сумма всех сил равна нулю (**правило сил**)

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$$

Модель твердого тела используют для тела, которое может поворачиваться. Тогда точками приложения сил считаются места их фактического действия, а силы можно переносить только вдоль линии их действия.

Если линии действия всех сил **проходят через одну точку**, то задача сводится к условию равновесия этой точки (**правилу сил**).

Если линии действия всех сил **не проходят через одну точку**, то для равновесия твердого тела необходимы два условия

- **правило сил**: векторная сумма всех сил равна нулю

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$$

- **правило моментов**: алгебраическая сумма моментов всех сил относительно любой оси равна нулю

$$M_1 + M_2 + \dots = 0$$

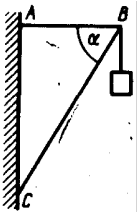
Моментом силы называется произведение силы на ее плечо $M = F \cdot d$.

Плечо силы d – это расстояние от оси вращения до линии действия силы. Положительный момент вращает тело против часовой стрелки, и отрицательный – по часовой стрелке.

Неизвестную силу можно исключить из рассмотрения, если ось вращения выбрать на линии действия этой силы.

Задачи 1.7. Статика

5.20. Чтобы удержать брусок в равновесии, прижимая его к вертикальной стене, требуется минимальная горизонтально направленная сила 500 Н. Чему равна масса бруска, если коэффициент трения между бруском и стенкой 0,1? $g = 10 \text{ м/с}^2$.

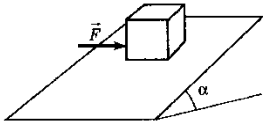


10.10. Груз массой 10 кг подвешен на кронштейне ABC. Угол между горизонтальным стержнем AB и подкосом BC $\alpha = 60^\circ$. Определить силы, действующие на стержень и подкос.

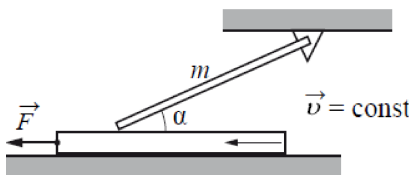
11.16. Каков должен быть коэффициент трения для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина $\alpha = 30^\circ$.



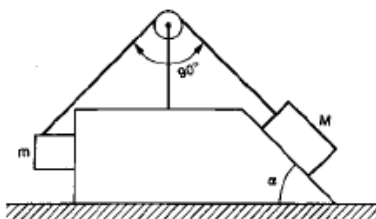
11.28. Шар массы M и радиуса R висит на нити длиной L у вертикальной стены. Найти силу натяжения нити и силу давления шара на стену. Трения нет.



1.40. Небольшой кубик массой $m = 100 \text{ г}$ покоится на шероховатой плоскости, наклоненной к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент трения кубика о плоскость $\mu = 0,8$. Определите минимальную горизонтальную силу F , с которой нужно толкать кубик, чтобы он начал двигаться. Сила лежит в плоскости склона.



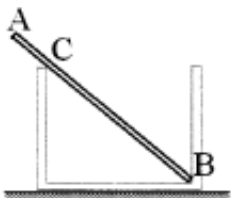
C1. Однородный тонкий стержень массой $m = 1 \text{ кг}$ одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы F доска движется поступательно влево с постоянной скоростью. Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.



C2. Два груза массами m и M связаны нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок. Коэффициент трения между грузами и гранями клина $\mu = 0,2$. Угол наклона клина $\alpha = 45^\circ$. Определите, при каком соотношении между массами грузов возможно равновесие системы. Массой нити и блока можно пренебречь.

C3. Шайба лежит на наклонной плоскости с углом наклона 30° . Ее масса 500 грамм, коэффициент трения 0,7. Какую минимальную силу нужно приложить, чтобы сдвинуть шайбу с места?

C4. На земле лежит бревно, торцы бревна имеют разные диаметры. Объем бревна $0,2 \text{ м}^3$, средняя плотность 450 кг/м^3 . Чтобы поднять один край бревна необходима сила $F_1 = 350 \text{ Н}$. Найти силу F_2 , которую необходимо приложить, чтобы приподнять второй край.

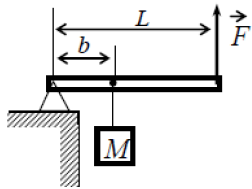


C5. Однородный стержень AB массой $m = 100 \text{ г}$ покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом B и опираясь на край банки в точке C (см. рисунок). Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке C, равен 0,5 Н. Чему равен модуль вертикальной составляющей силы, с которой стержень давит на сосуд в точке B, если модуль горизонтальной составляющей этой силы равен 0,3 Н? Трением пренебречь.

Задачи 1.7. Статика

5.41. На однородной доске длиной 4 м и массой 30 кг качаются два мальчика массами 30 и 40 кг. Где должна находиться точка опоры доски, если мальчики сидят на ее концах?

5.6. Два человека несут металлическую трубу, положив ее себе на плечи. Первый человек поддерживает трубу на расстоянии 1 м от конца, второй держит противоположный конец трубы. Во сколько раз нагрузка, приходящаяся на первого человека, больше, чем на второго, если длина трубы 2,5 м.

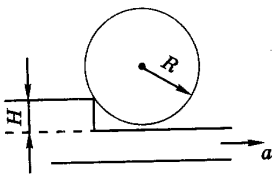


A22. Груз удерживают на месте с помощью рычага, приложив вертикальную силу 400 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира и однородного стержня массой 20 кг и длиной 4 м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Чему равна масса груза?

11.23. Под каким минимальным углом к горизонту можно прислонить к вертикальной гладкой стене однородную лестницу? Коэффициент трения между лестницей и полом $\mu = 0,40$.

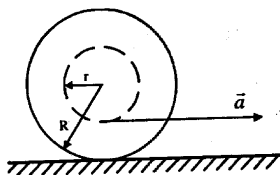
2.11. Лестница длиной 4 м приставлена к гладкой стене под углом к горизонту 60° . Максимальная сила трения между лестницей и полом 200 Н. На какую максимальную высоту может подняться по лестнице человек массой 60 кг, прежде чем лестница начнет скользить. Массой лестницы пренебречь.

12. Колесо радиусом 0,5 м и массой 10 кг стоит перед ступенькой высотой 0,1 м. Какую наименьшую горизонтальную силу надо приложить к оси колеса, чтобы поднять его на ступеньку.

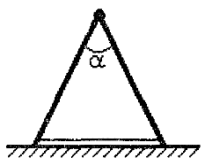


1.71. Горизонтальная доска имеет ступеньку высотой H , в которую упирается свободно лежащий на доске однородный цилиндр радиусом $R > H$. Доску двигают в горизонтальном направлении с ускорением a . Определите максимально возможное ускорение, при котором цилиндр еще не будет подниматься на ступеньку. Трением пренебречь. $H = 5$ см, $R = 10$ см.

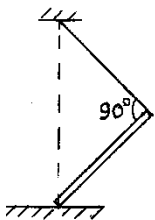
11.10. При взвешивании на неравноплечих весах, на одной чашке весов масса тела оказалась равна $m_1 = 3$ кг, а на другой – $m_2 = 3,4$ кг. Какова истинная масса тела?



2.1. Катушку тянут за нить по полу так, что ускорение катушки постоянно и равно a . При каком коэффициенте трения между ободом катушки и полом катушка будет скользить не вращаясь?



11.22. Лестница - стремянка состоит из двух одинаковых половинок, скрепленных сверху шарнирно. Масса каждой половинки равна M . Стремянку раскрывают на угол α и ставят на пол, а чтобы половинки не разъезжались, внизу их связывают веревкой. Найти силу натяжения веревки. Трения нет.

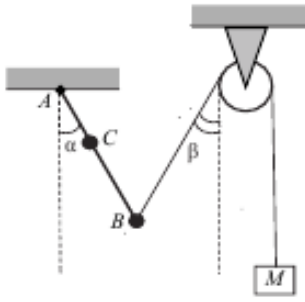


219. Стержень подвешен на нити так, как показано на рисунке. При каком коэффициенте трения возможен такой подвес? Длина нити равна длине стержня.

228. На доске стоит цилиндр высотой h и диаметром $d = h/2$. Доску начинают медленно поднимать за один из концов. Что произойдет раньше: цилиндр опрокинется или начнет скользить? Коэффициент трения между поверхностями цилиндра и доски равен 0,4.

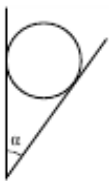
С6. На плоскости, имеющей угол наклона к горизонту 30° , стоит цилиндр с радиусом 0,5 м. Какова наибольшая высота цилиндра, при которой он еще не опрокидывается?

Задачи 1.7. Статика

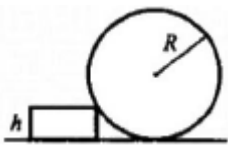


C10. Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 100$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой $M = 100$ г подвешен к невесомому блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединен с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонен от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 30^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень.

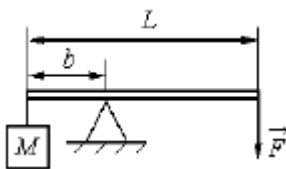
C11. Брусок массой $m_1 = 1$ кг лежит на наклонной плоскости с углом при основании, равным $\alpha = 53^\circ$. Коэффициент трения бруска с плоскостью равен $\mu = 0,5$. К бруску привязана невесомая нить, другой конец которой перекинут через неподвижный идеальный блок. К этому концу нити подвешивается груз массой $m_2 = 1$ кг. Определите, придет ли в движение брусок при подвешивании груза. Если придет в движение, то в каком направлении? ($\sin 53^\circ \approx 0,8$; $\cos 53^\circ \approx 0,6$)



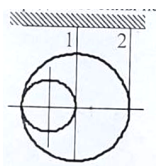
C12. Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку в $n = \sqrt{3}$ раза превышает силу тяжести, действующую на шар. Найдите угол α между плоскостями. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.



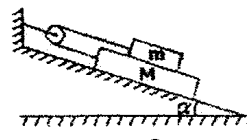
C13. Колесо радиусом $R = 1$ м и массой $m = 5$ кг упирается в ступеньку высотой $h = 20$ см. Проскальзывания между колесом и ступенькой нет. Определите минимальную силу, которую надо приложить к колесу, чтобы вкатить его на ступеньку.



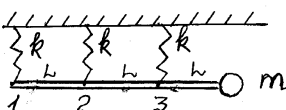
C14. Груз массой 160 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу $F = 480$ Н. Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 16 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 0,5 м. Чему равна длина стержня?



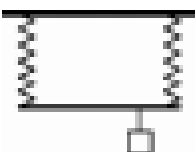
M25. В сплошной однородной тонкой пластине, имеющей форму круга радиуса R и первоначальную массу M , вырезали отверстие вдвое меньшего радиуса, касающееся края пластины. Платину подвесили на двух невесомых нитях 1 и 2, как показано на рисунке. Определите силы натяжения этих нитей T_1 и T_2



10.2. К концам нити, перекинутой через невесомый блок, привязаны бруски с массами m и $M = 4m$, находящиеся на гладкой наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$. При каком минимальном значении коэффициента трения скольжения между брусками они будут покоиться относительно земли? Нить считать невесомой и нерастяжимой.



C15. Груз массы m и невесомый стержень подвешены на одинаковых пружинах жесткостью k . Определить растяжение пружин.

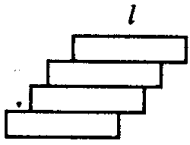


C16. К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины подвесили однородный стержень длиной $L = 30$ см. Если к этому стержню подвесить груз массой $m = 3$ кг на расстоянии $d = 5$ см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, и растяжения обеих пружин будут одинаковы. Жесткость левой пружины в 2 раза меньше, чем правой. Чему равна масса стержня M ? Сделайте рисунок с указанием используемых в решении сил.

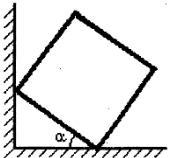
Задачи 1.7. Статика

234. На гладкое горизонтальное бревно радиуса R кладут палочку, согнутую пополам. Длина палочки $L=8R$. Какой угол имеет изгиб палочки в положении равновесия?

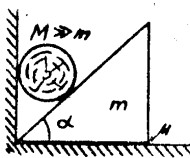
98.3. Однородный стержень положили в гладкую полуцилиндрическую чашу, диаметр d которой равен длине стержня. Какая часть стержня будет высываться из чаши при равновесии.



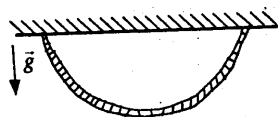
1.4. Кирпичи укладывают друг на друга без связующего вещества так, что часть каждого последующего кирпич выступает над нижележащим. На какое максимальное расстояние правый край верхнего кирпича может выступать над правым краем самого нижнего кирпича, служащего основанием всей кладки. Длина каждого кирпича l .



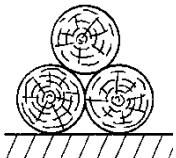
11.52. Кубик стоит наклонно в углу комнаты. При каком наименьшем значении угла α возможно такое равновесие, если коэффициент трения везде одинаков и равен μ ?



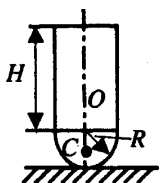
99.5. На горизонтальном полу лежит клин, вершина которого касается вертикальной стенки. Сверху на клин кладут массивное бревно, масса которого много больше массы клина. При каком угле α клин не сдвинется с места, если коэффициент трения клина о пол μ , а трение бревна о стенку и клин отсутствует?



2.4. Трос массой m подвесили за концы. Натяжение троса в нижней точке равно T . Определите натяжение троса в точках подвеса.



1.44. На земле вплотную друг к другу лежат два одинаковых цилиндрических бревна. Сверху на них кладут такое же бревно. При каком минимальном коэффициенте трения μ между бревнами они не будут раскатываться? Скольжения бревен по земле не происходит.



2.12. Однородное тело, состоящее из цилиндра и полушара, стоит на гладкой горизонтальной плоскости. При каких значениях H это положение устойчиво? Центр тяжести полушара в точке C . $OC = 3/8 R$.

1.3. Определите максимальное ускорение, с которым заднеприводный автомобиль с расстоянием между осями $L=1,2$ м, центр тяжести которого расположен на высоте $h=1$ м от земли посередине между осями, может начать двигаться, если он находится а) на льду, б) на асфальте. Коэффициент трения скольжения колес по льду $0,1$; по асфальту $0,7$.

20. Велосипед укреплен в вертикальном положении так, что он не падает и может двигаться вперед и назад. Одна педаль расположена в нижней точке, другая – в верхней. К нижней педали привязали шнурок и тянут назад. Куда поедет велосипед – вперед или назад?

ОТВЕТЫ:

5.20. 5 кг;

10.10. 56 Н; 113 Н;

11.16. $\mu \geq \operatorname{tg}(\alpha / 2) = 0,27$;

11.28. $T = \frac{Mg \cdot (L + R)}{\sqrt{L(L + 2R)}} ; \quad N = \frac{MgR}{\sqrt{L(L + 2R)}} ;$

1.40. $F = mg \cdot \sqrt{(\mu \cos \alpha)^2 - (\sin \alpha)^2} = 0,47 \text{ Н};$

C1. $F = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \cdot \operatorname{tg} \alpha)} = 0,9 \text{ Н};$

C2. $0,32 \leq \frac{m}{M} \leq 0,72$;

C3. $F = \frac{mg}{\sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot (\mu \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) = 0,435 \text{ Н};$

C4. 550 Н;

C5. 0,6 Н;

ОТВЕТЫ:

5.41. 20 см;

5.6. 5;

A22. 120 кг;

11.23. $>51^0$;

2.11. $H = 2$ м;

12.
$$F = mg \cdot \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h} = 75 \text{ Н};$$

1.71.
$$a_{\max} = \frac{g \cdot \sqrt{H \cdot (2R + H)}}{R - H} = 17 \text{ м/с}^2;$$

11.10.
$$m = \sqrt{m_1 m_2} = 3,2 \text{ кг};$$

2.1.
$$\mu = \frac{r}{R - r} \cdot \frac{a}{g};$$

11.22.
$$T = \frac{1}{2} Mg \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right);$$

219. $\mu > 1/3$;

228. Начнет соскальзывать;

C6. 1,73 м;

Ответы:

C10. 68,3 см;

C11. тела будут покоиться;

C12. 30^0 ;

C13. 15 Н;

C14. 2 м;

M25. $T_1 = \frac{5}{8} \cdot Mg$; $T_2 = \frac{1}{8} \cdot Mg$;

10.2. $\mu \geq \frac{M-m}{m} \cdot \alpha = 0,866$;

C15. $x_1 = -\frac{2}{3} \cdot \frac{mg}{k}$; $x_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{mg}{k}$; $x_3 = \frac{4}{3} \cdot \frac{mg}{k}$;

C16. 3 кг;

ОТВЕТЫ:

234. 90^0 ;

98.3. $4x^2 - 7d \cdot x + d^2 = 0$; $x = \frac{7 - \sqrt{33}}{8} \cdot d = 0,16 d$;

1.4. $\frac{11}{12} \cdot l$;

11.52. $tg\alpha = \frac{1 - \mu}{1 + \mu}$;

99.5. $tg\alpha \leq \mu$;

2.4. $\sqrt{T^2 + \left(\frac{mg}{2}\right)^2}$;

1.44. $\mu = \frac{1}{2 + \sqrt{3}} = 0,27$;

2.12. $H = \frac{R}{\sqrt{2}}$;

1.3. $0,55 \text{ м/с}^2$; 6 м/с^2 ;

1.11. $M_{\max} = \frac{\mu \cdot ctg\alpha - 1}{1 - \mu} \cdot m$;

20. назад;