

## 3 Статика

### 3.1 Правило моментов.

- 3.1.1** На рисунке 1 показан рабочий, удерживающий доску. В каком случае он прикладывает меньшую силу: когда сила направлена перпендикулярно доску или когда она направлена вертикально вверх?
- 3.1.2** Одинаковы ли показания обоих динамометров (Рис. 3)? Одинаковую ли силу давления испытывает ось блока в обоих случаях?
- 3.1.3** Система неподвижного и подвижного блоков находится в равновесии (Рис. 4). Что произойдет, если точку  $A$  укрепления нити передвинуть вправо?

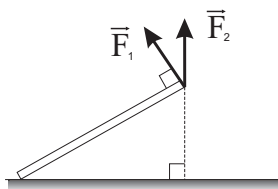


Рис. 1:

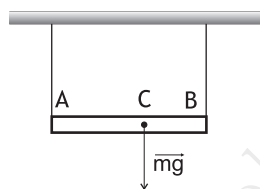


Рис. 2:

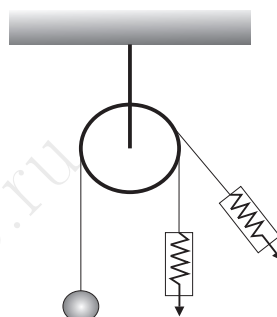


Рис. 3:

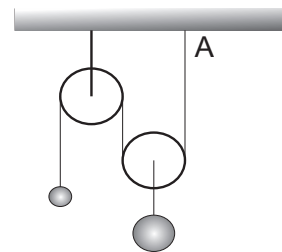


Рис. 4:

- 3.1.4** Балка длиной 100 см и массой 100 кг лежит своими концами на двух опорах. На расстоянии 20 см от левого конца балки лежит груз массой 50 кг. Определить силу давления балки на опоры.
- 3.1.5** К концам рычага приложены силы 24 Н и 27 Н, сонаправленные с силой тяжести. Длина рычага 17 см. Найти плечи рычага. Массой рычага пренебречь.
- 3.1.6** Балка длиной 10 см и массой 50 кг лежит своими концами на двух опорах. На расстоянии 3 см от правого конца балки лежит груз весом 300 Н. Определить силу давления балки на опоры.
- 3.1.7** Балка массой 140 кг подвешена на двух канатах (Рис. 2). Какова сила натяжения этих канатов, если  $AC=3$  м,  $CB=1$  м?
- 3.1.8** На концах рычага действуют силы 4 Н и 24 Н. Расстояние от точки опоры до меньшей силы 6 см. Определите длину рычага, если рычаг находится в равновесии.
- 3.1.9** Два рабочих несут шест длиной 4 м и массой 10 кг, опирающийся концами на их плечи. К шесту подвешен груз весом 400 Н на расстоянии 1 м от одного из концов. Какую силу давления на плечо испытывает каждый рабочий?

- 3.1.10** К стержню длиной 100 см приложены вниз параллельные силы: у левого конца стержня 20 Н, у правого 90 Н. Масса стержня 3 кг. В какой точке нужно поместить опору, чтобы стержень находился в равновесии?
- 3.1.11** Балка массой 400 кг и длиной 5 м несет нагрузку в 500 кг, сосредоточенную на расстоянии 3 м от одного из ее концов. Балка своими концами лежит на опорах. Каковы силы давления на каждую из опор?
- 3.1.12** Рельс длиной 10 м и массой 900 кг, расположенный горизонтально, поднимают на двух параллельных тросах. Найти силу натяжения тросов, если один из них закреплен на конце рельса, а другой на расстоянии 1 м от другого конца рельса. [5 кН, 4 кН]
- 3.1.13** Труба массой 1,2 т лежит на земле. Какое усилие надо приложить, чтобы приподнять краном трубу за один из ее концов?
- 3.1.14** Доска массой 10 кг подперта на расстоянии  $\frac{1}{4}$  ее длины. Какую силу, перпендикулярно доске, надо приложить к ее короткому концу, чтобы удержать доску в равновесии? [100 Н]

## 3.2 Сложение и разложение сил.

- 3.2.1** Найти силы упругости, действующие на балки (Рис.5). Угол  $\alpha = 40^\circ$ , а масса груза  $m = 4$  кг. [67 Н; 47,7 Н]
- 3.2.2** Груз весом  $P=100$  Н удерживается в равновесии на коленчатом рычаге (Рис.6) силой  $F$ . Найти силу  $F$ , если  $|AO|=20$  см, а  $|OB|=50$  см.

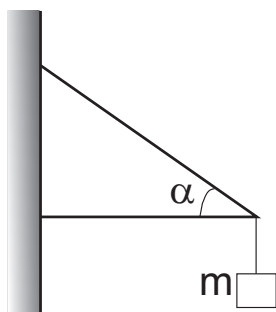


Рис. 5:

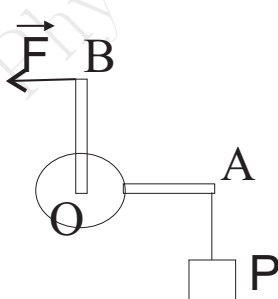


Рис. 6:

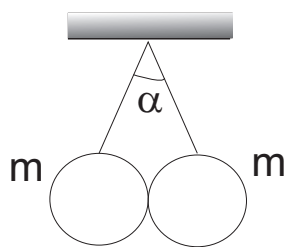


Рис. 7:

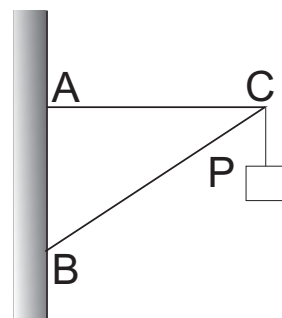


Рис. 8:

- 3.2.3** Определить силу натяжения нитей и силу давления одного шара на другой (Рис.7), если массы шаров одинаковы и равны 174 г, и угол  $\alpha = 60^\circ$ .
- 3.2.4** Определить силу давления балки на опоры, если  $|AB|=6$  м,  $|BD|=1$  м,  $P_1 = 2$  кН,  $P_2 = 3$  кН.
- 3.2.5** К средней точке горизонтально подвешенного провода длиной 20 м подвешен груз весом 17 Н, вследствие чего провод провис на 10 см. Определите силу упругости, с которой каждая половина провода действует на груз.
- 3.2.6** На концах стержня длиной 80 см и весом 20 Н подвешены два груза: слева 10 Н и справа 30 Н. В какой точке следует подпереть стержень, чтобы он был в равновесии?

**3.2.7** Определите силы упругости в стержне  $AC$  и подкосе  $BC$  (Рис.8), если вес груза  $P = 100H$ ,  $AC=150$  мм,  $BC=250$  мм

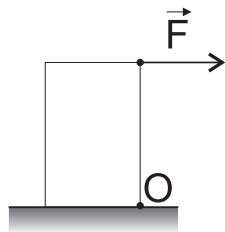


Рис. 9:

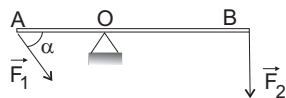


Рис. 10:

**3.2.8** Брусок массой 10 кг (Рис.9) нужно опрокинуть через ребро  $O$ . Найти силу  $F$ , необходимую для этого, если ширина бруска 50 см, а высота 75 см.

**3.2.9** Находится ли рычаг (Рис.10) в равновесии? Вес рычага не учитывать. Известно, что  $\alpha = 30^\circ$ ,  $F_1 = 50$ ,  $F_2 = 30H$ ,  $|OA|=40$  см,  $|OB|=80$  см.

**3.2.10** Найти силы, действующие на подкос  $BC$  и тягу  $AC$  (Рис.11), если  $|AB| = 1,5$  м,  $|AC| = 3$  м,  $|BC| = 4$  м, а масса груза 200 кг.

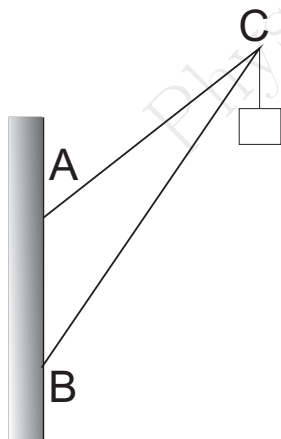


Рис. 11:

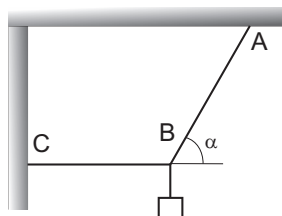


Рис. 12:

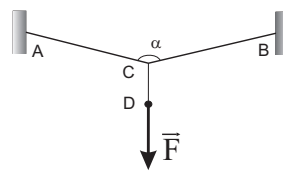


Рис. 13:

**3.2.11** Тело подвешено на шнуре  $AB$  и оттянуто горизонтальной оттяжкой  $BC$  (Рис. 12). Найти силу натяжения шнура и оттяжки, если масса тела 1 кг, а угол  $\alpha = 60^\circ$ .

**3.2.12** К середине горизонтально натянутой веревки между точками  $A$  и  $B$  привязан тонкий шнур  $CD$  (Рис. 13). Если потянуть шнур вертикально вниз, то может оказаться, что веревка разорвется, а шнур останется целым, хотя прочность веревки значительно больше прочности шнура. Объяснить причину. Вывести зависимость силы натяжения веревки от приложенной силы  $F$  и угла  $\alpha$ .

### 3.3 Центр масс и центр тяжести

3.3.1<sup>0</sup> Кто более устойчив: человек, стоящий в лодке, или сидящий в ней?

3.3.2<sup>0</sup> Изменится ли сила тяжести и положения центра тяжести тела, если его: согнуть, поднять, наклонить?

3.3.3<sup>0</sup> Почему по скользкому льду люди ходят маленькими шажками?

3.3.4 Найти центр системы из 5 шариков (Рис. 14) в системе отсчета, связанной с первым шариком, третьим шариком и пятым шариком.

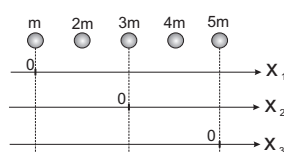


Рис. 14:



Рис. 15:

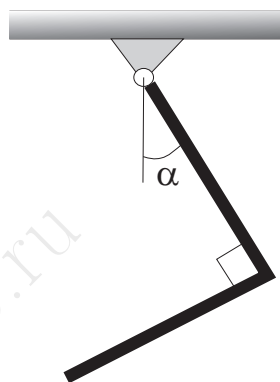


Рис. 16:

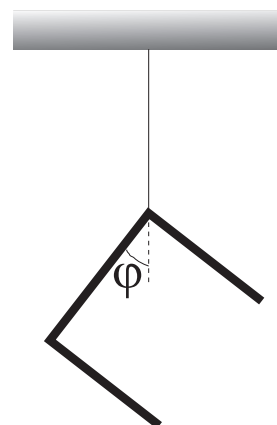


Рис. 17:

3.3.5 Два однородных шара массами 10 и 12 кг с радиусами 4 и 6 см соединены посредством однородного стержня массой 2 кг и длиной 10 см. Центры шаров лежат на продолжении оси стержня. Найти положение центра тяжести этой системы.

3.3.6 Пользуясь только линейкой (без делений) и не производя никаких вычислений, найти построением положение центра тяжести однородной пластинки, изображенной на рисунке 15.

3.3.7 Рассчитайте положение центра масс однородных тел правильной геометрической формы (см. Рис. 18)

3.3.8 Железный прут массой  $M$  изогнут пополам так, то его части образуют прямой угол (Рис. 16). Прут подвешен за один из концов на шарнире. Найти угол  $\alpha$ , который образует с вертикалью верхний стержень в положении равновесия.

3.3.9 Проволочную квадратную рамку с отрезанной стороной подвесили за изгиб (Рис. 17). Найти угол  $\varphi$  при равновесии проволоки.

3.3.10 Доказать, что центр тяжести треугольника находится в точке пересечения медиан.

3.3.11 Брус, имеющий квадратное сечение площадью  $S$ , плавает в воде в вертикальном положении. Плотность бруса  $\rho$ , плотность воды  $\rho_0$ . При какой высоте бруса его равновесие в воде будет устойчивым?

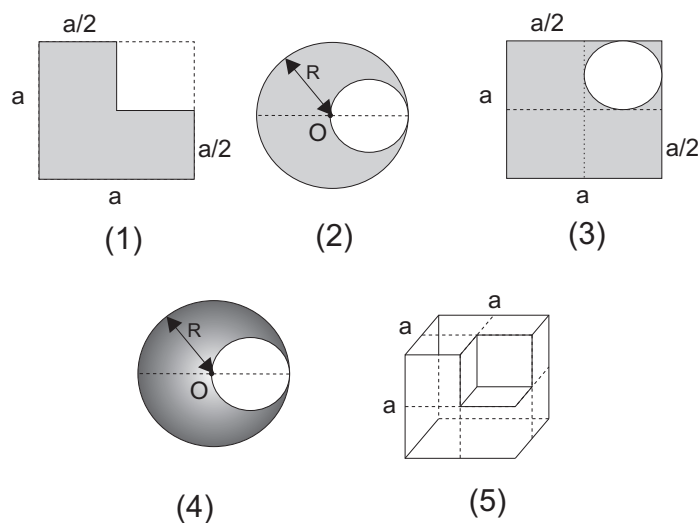


Рис. 18:

### 3.4 Комбинированные задачи на условия равновесия

3.4.1<sup>0</sup> Можно ли натянуть трос горизонтально так, чтобы он не провисал?

3.4.2 К вертикальной гладкой стене в точке  $A$  на веревке длиной  $l$  подвешен шар массой  $m$  (Рис. 19). Какова сила натяжения нити  $T$  и сила давления шара на стену, если его радиус равен  $R$ ? Трением о стену пренебречь. **R**

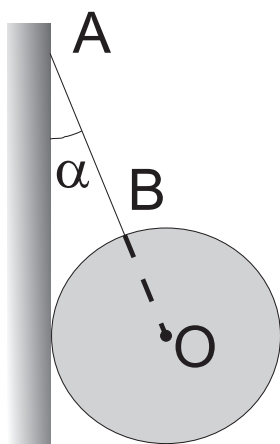


Рис. 19:

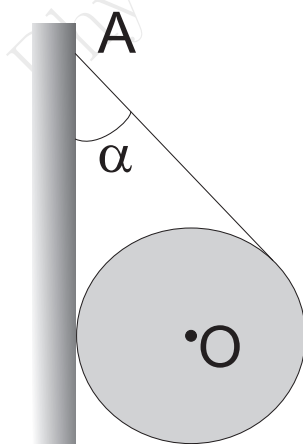


Рис. 20:

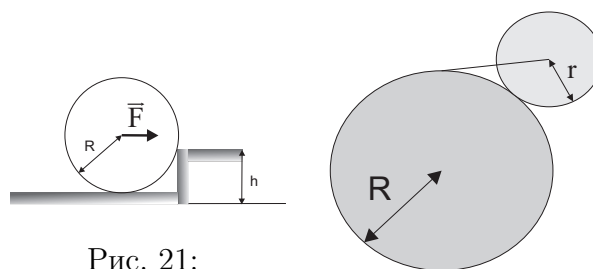


Рис. 21:

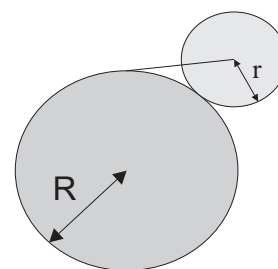


Рис. 22:

3.4.3 Однородный шар массой 1,5 кг подвешен так, что касается вертикальной стены, а нить, образующая со стенкой угол  $60^\circ$ , касается поверхности шара (Рис. 20). Каково натяжение нити?

3.4.4 Колесо радиусом  $R$  и массой  $m$  стоит перед ступенькой высотой  $h$  (Рис. 21). Какую наименьшую горизонтальную силу  $F$  надо приложить к оси  $O$  колеса, чтобы оно могло подняться на ступеньку? Трением пренебречь.

**3.4.5** Шарик радиуса  $r$  и массой  $m$  удерживается на неподвижном шаре радиуса  $R$  невесомой нерастяжимой нитью длиной  $l$ , закрепленной в верхней точке шара (Рис. 22). Найти силу натяжения нити, если трения между шариками отсутствует.

**3.4.6** К совершенно гладкой вертикальной стенке приставлена лестница массой  $m$ . Лестница образует с горизонтальной опорой угол  $\alpha$ . Центр тяжести ее расположен по середине. Как направлены и чему равны силы, действующие на лестницу со стороны стенки и опоры? Найти построением направление силы, действующей на лестницу со стороны опоры.

**3.4.7** У стены стоит лестница. Коэффициент трения лестницы о стену  $\mu_1 = 0,4$ , коэффициент трения о землю  $\mu_2 = 0,5$ . Лестница однородна. Определить наименьший угол  $\alpha$ , который лестница может образовать с горизонтом не соскальзывая.

**3.4.8** Лестница длиной  $l = 4$  м приставлена к гладкой стене под углом  $\alpha = 60^\circ$ . Максимальная сила трения между лестницей и полом  $F_{\text{тр}} = 200$  Н. На какую высоту может подняться по лестнице человек массой  $m = 60$  кг, прежде чем лестница начнет скользить? Массой лестницы пренебречь.

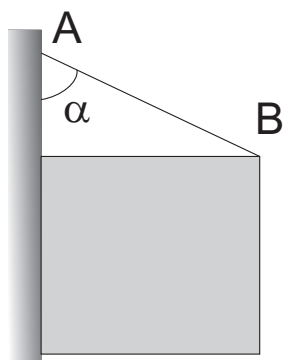


Рис. 23:

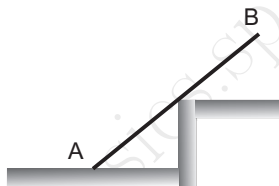


Рис. 24:

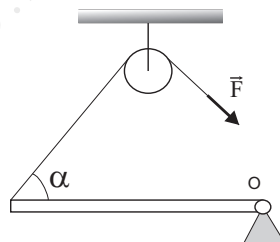


Рис. 25:

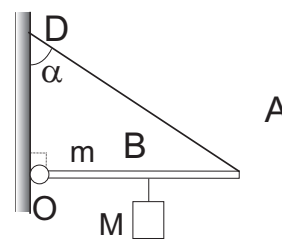


Рис. 26:

**3.4.9** Кубик стоит у стены так, что одна из его граней образует угол  $\alpha$  с полом. При каком коэффициенте трения кубика о пол это возможно, если трение о стенку пренебрежимо мало?

**3.4.10** В гладкий высокий цилиндрический стакан помещена палочка длиной  $l = 15$  см и массой  $m = 0,025$  кг. С какими силами действует палочка на дно и стенки стакана, если радиус основания стакана  $R = 6$  см? Трением пренебречь.

**3.4.11** Однородная постоянного сечения балка опирается одним концом на горизонтальную поверхность, коэффициент трения о которую равен  $\mu$ , а другим концом на гладкий выступ, отстоящий от свободного конца балки на  $\frac{1}{4}$  ее длины. (Рис. 24)) Угол наклона балки к горизонту  $\alpha$ . Какой максимальной массы груз можно повесить к свободному концу балки массой  $M$ , чтобы равновесие не нарушилось?

**3.4.12** Однородный стержень массой 10 кг закреплен шарнирно в точке  $O$  и удерживается при помощи троса перекинутого через неподвижный блок (Рис. 25). Найти силу натяжения

троса и силу реакции в шарнире (величину и направление), если трос образует со стержнем угол  $\alpha = 60^\circ$ .

- 3.4.13** Стержень  $AO$  длиной 60 см (Рис. 26) и массой 0,4 кг укрепленный шарнирно в точке  $O$ , поддерживается нитью  $AD$ , образующей угол  $45^\circ$  со стержнем. В точке  $B$  ( $|AB| = 20$  см) подвешен груз массой 0,6 кг. Найти силу натяжения нити и силу реакции в точке  $O$ .

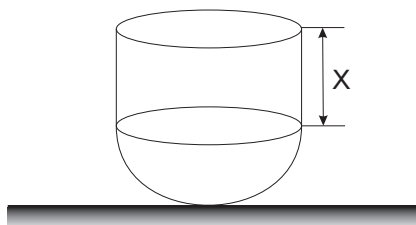


Рис. 27:

- 3.4.14** Полушар и цилиндр одинакового радиуса, из одного и того же материала, соединены, как показано на рис. 27. Система опирается на горизонтальную плоскость. При какой высоте  $x$  цилиндра она будет находиться в безразличном равновесии? Центр тяжести полушара находится на оси симметрии, отступая на  $3/8$  радиуса от центра.
- 3.4.15** На земле лежат вплотную два одинаковых бревна цилиндрической формы. Сверху кладут такое же бревно. При каком коэффициенте трения  $\mu$  между ними они не раскатятся (по земле бревна не скользят)?