

## 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?

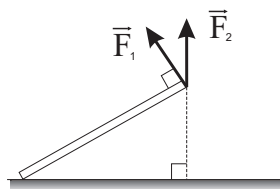


Рис. 1:

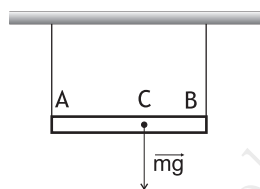


Рис. 2:

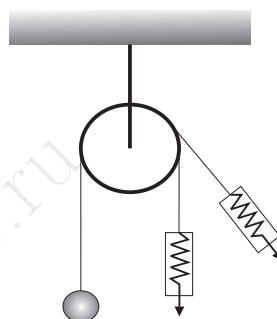


Рис. 3:

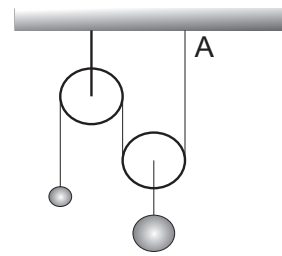


Рис. 4:

- 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, опирающейся 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? [0,75 м]
- 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? [5 кН, 6 кН]
- 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? [6 кН]
- 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. [40 Н]

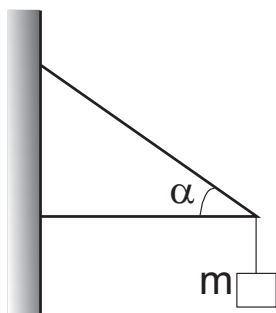


Рис. 5:

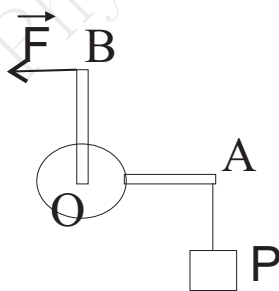


Рис. 6:

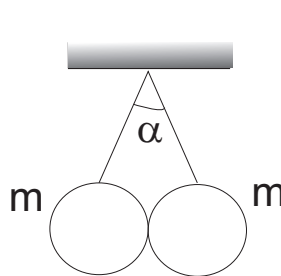


Рис. 7:

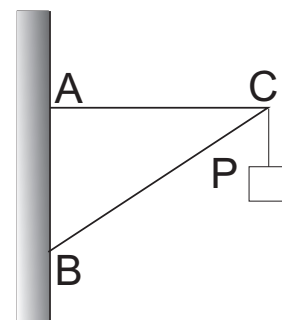


Рис. 8:

- 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  $\alpha = 60^\circ$ . [2 Н; 1 Н]
- 3.2.4** Определить силу давления балки на опоры, если  $|AB|=6$  м,  $|BD|=1$  м,  $P_1 = 2$  кН,  $P_2 = 3$  кН. [3,5 кН; 1,5 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. [850 Н]

**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? [27 см]

**3.2.7** Определите силы упругости в стержне AC и подкосе BC (Рис.8), если вес груза  $P = 100\text{ Н}$ ,  $AC=150\text{ мм}$ ,  $BC=250\text{ мм}$  [125 Н; 75 Н]

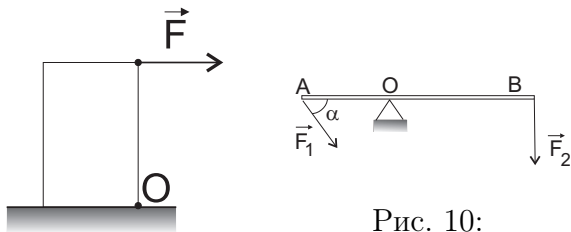


Рис. 10:

Рис. 9:

**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. [33 Н]

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

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

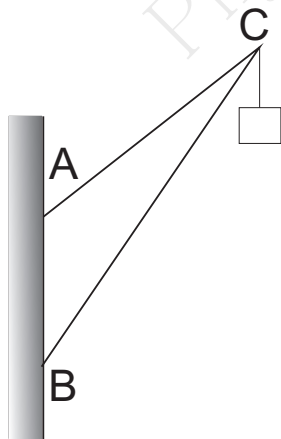


Рис. 11:

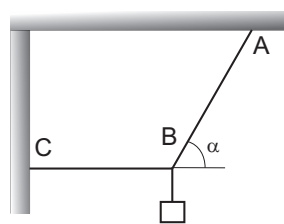


Рис. 12:

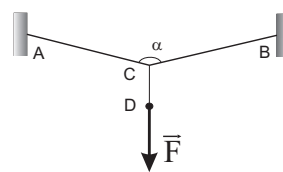


Рис. 13:

**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.

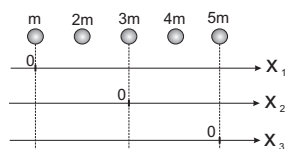


Рис. 14:



Рис. 15:

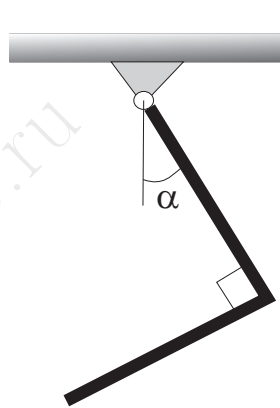


Рис. 16:

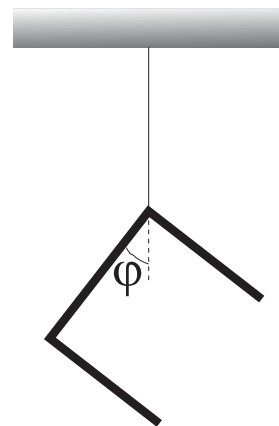


Рис. 17:

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 масти 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.

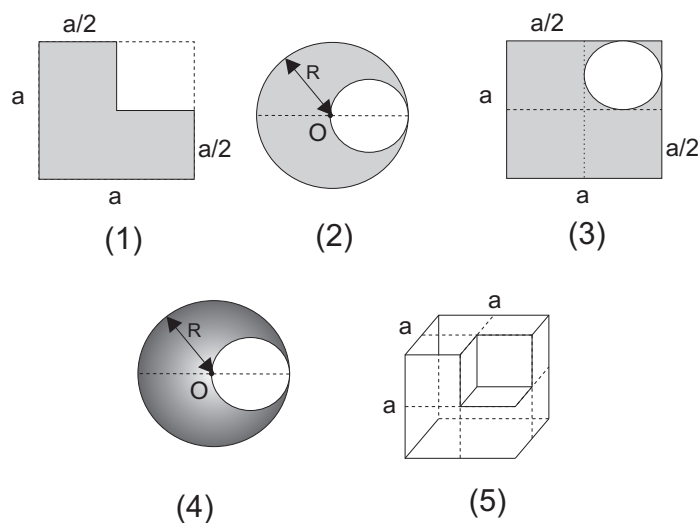


Рис. 18:

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

### 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

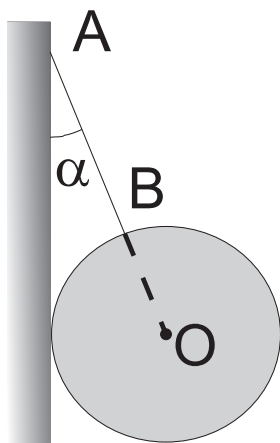


Рис. 19:

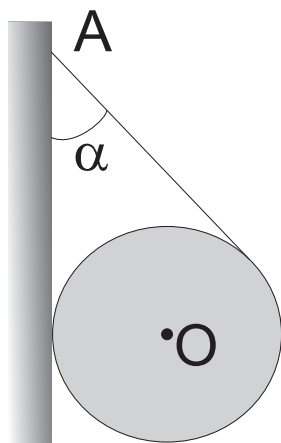


Рис. 20:

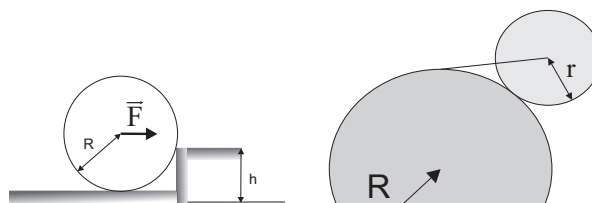


Рис. 21:

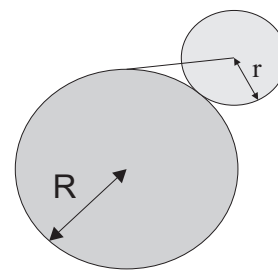


Рис. 22:

**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.

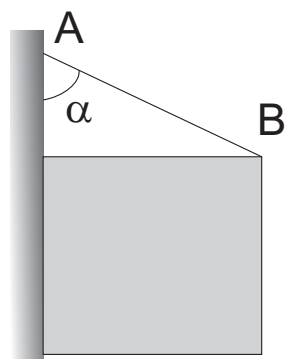


Рис. 23:

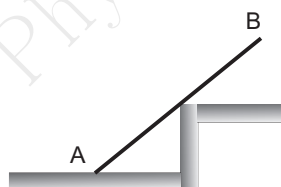


Рис. 24:

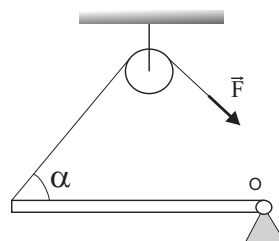


Рис. 25:

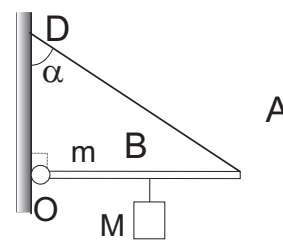


Рис. 26:

- 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 подвесить 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  $O$ .

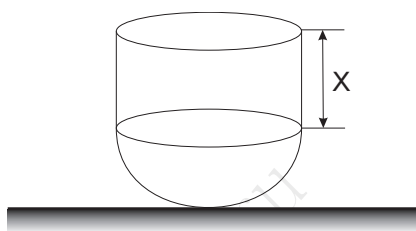


Рис. 27:

**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)?