



§ 28.

Центр тяжести. Виды равновесия

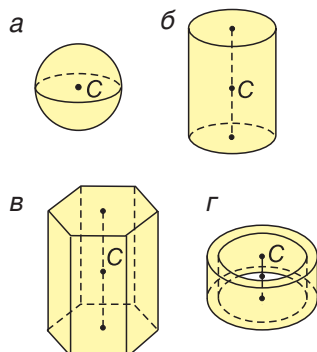


Рис. 198

Читаем сводку очередного происшествия: «Из-за смещения центра тяжести корабль потерял устойчивость». А что такое «центр тяжести»? Что такое «устойчивость»?

Центром тяжести тела называется точка приложения силы тяжести, действующей на него.

У однородных тел правильной формы центр тяжести находится в геометрическом центре тела (рис. 198, а, б, в, г). При этом центр тяжести может не совпадать ни с одной из точек этого тела (рис. 198, г).

А как найти центр тяжести тела произвольной формы? Это можно сделать с помощью простого опыта. Подвесим пластину на нити, прикрепленной к ней в некоторой точке A_1 (рис. 199, а). Центр тяжести пластины будет находиться на одной линии с нитью — на вертикальной прямой A_1B_1 . Отметим на пластине эту прямую.

Изменим точку подвеса (рис. 199, б) и отметим вертикаль A_2B_2 . Точка C , лежащая на пересечении прямых A_1B_1 и A_2B_2 , — центр тяжести пластины.

Центр тяжести тела можно определить путем расчетов.

Например, для тела, состоящего из двух грузов, соединенных легким стержнем (рис. 200), с помощью правила моментов легко найти отношение расстояний от центра тяжести C до грузов: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1}$.

Следовательно, центр тяжести расположен ближе к более массивному грузу.

Положение центра тяжести очень важно для устойчивости высотных сооружений, подъемных кранов, автомобилей, кораблей и т. д. Смещение центра тяжести судна из-за неправильной загрузки может привести к его опрокидыванию.

А что такое *устойчивость*? От чего она зависит?

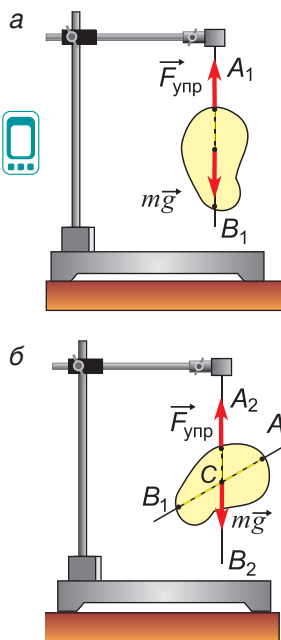


Рис. 199

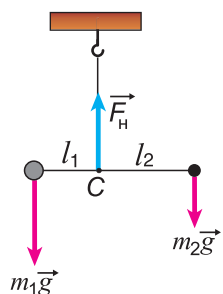


Рис. 200

Проведем опыт. Поместим шарик 1 в лунку (рис. 201, а), шарик 2 — на вершину горки (рис. 201, б), а шарик 3 — на горизонтальную поверхность (рис. 201, в). Каждый из шариков *находится в состоянии равновесия (в покое)*.

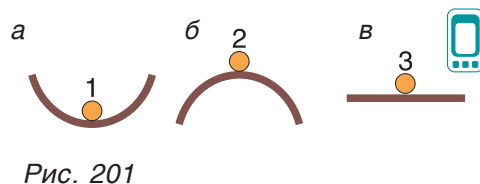


Рис. 201

Отклоним шарик от положений равновесия и отпустим. Шарик 1 вернется в исходную точку (рис. 202, а), шарик 2 отклонится от исходного положения еще больше (рис. 202, б). Шарик 3 останется в состоянии равновесия (рис. 202, в).

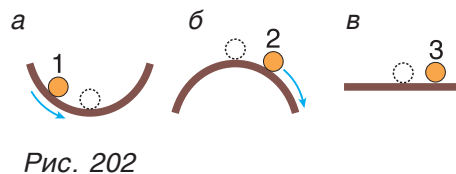


Рис. 202

Каждый случай соответствует одному из трех *видов равновесия*: а — *устойчивому*, б — *неустойчивому*, в — *безразличному*.

Равновесие называется устойчивым, если при малом отклонении от него тело *возвращается* в исходное положение, **неустойчивым** — если *отдаляется* от него еще больше, **безразличным** — если *остается в равновесии*.

Почему в нашем опыте шарик вел себя по-разному? Все зависело от результирующей силы $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N}$ (рис. 203), действующей на шарик при его отклонении от положения равновесия. В случае а сила $\vec{F}$ была направлена к положению равновесия, в случае б — от него. В случае в сила $\vec{F}$ была равна нулю.

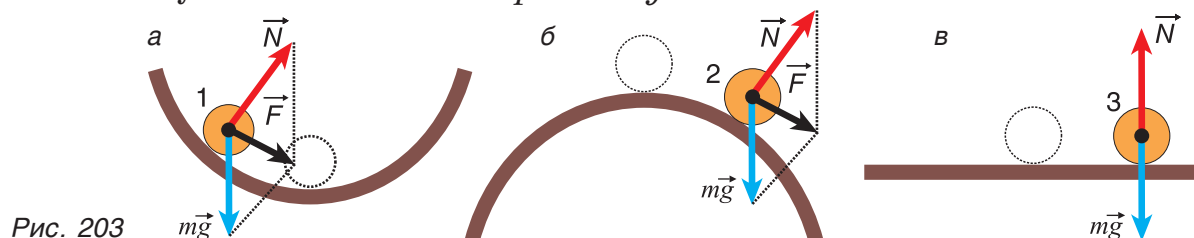


Рис. 203

А как при этом изменялась потенциальная энергия тела?

Из рисунка 203件но, что потенциальная энергия тела при его отклонении от положения устойчивого равновесия увеличивалась, от неустойчивого — уменьшалась, от безразличного — не изменялась. Значит, **положению устойчивого равновесия соответствует минимум потенциальной энергии**.

Проведем еще один опыт. Расположим на горизонтальной доске три одинаковых бруска А, Б и В (рис. 204).

Какой из брусков находится в состоянии равновесия? Все три.

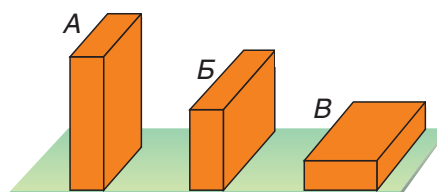


Рис. 204

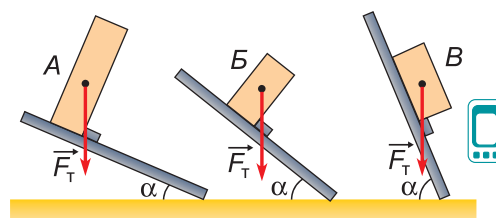


Рис. 205

Но одинакова ли *степень устойчивости* состояний этих брусков? Продолжим опыт (рис. 205). Будем постепенно наклонять доску, оставляя на ней по одному бруску (чтобы брусок при этом не соскальзывал, приделаем к доске небольшую ступеньку). Первым опрокинется брусок *А*, вторым — *Б*, третьим — *В*.

Значит, степень устойчивости равновесия у брусков разная. Почему? Потому, что опрокидывание тела происходит тогда, когда *линия действия силы тяжести* выходит за пределы *опорной площадки*. Видно, что угол опрокидывания α тем больше, чем больше размеры этой площадки и чем ниже расположен центр тяжести тела.

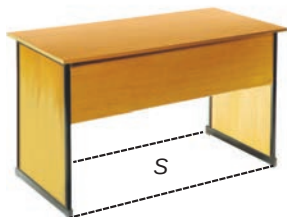


Рис. 206

Сделаем практически важный вывод: **чем ниже центр тяжести тела и чем больше опорная площадка, тем состояние тела более устойчиво.**

Обратите внимание: *опорная площадка* — это *плоскость, ограниченная прямыми, проходящими через крайние точки контакта тела с опорой*. Площадь *S* опорной площадки может во много раз превосходить площадь непосредственного контакта тела с поверхностью опоры (рис. 206).

▼ Для любознательных



Рис. 207

Достаточная опорная площадка и правильное положение центра тяжести предусматривается в конструкции всех высотных сооружений. Так, устойчивость 540-метровой Останкинской телебашни (рис. 207) обеспечивается прежде всего тем, что ее центр тяжести находится практически на уровне земли. Это обеспечено заглублением в землю железобетонного фундамента массой около 200 000 тонн.

■ Главные выводы

1. Точка приложения силы тяжести тела называется центром тяжести.
2. Существует три вида равновесия: устойчивое, неустойчивое и безразличное.
3. Чем ниже расположен центр тяжести тела и чем больше опорная площадь, тем более устойчиво состояние тела.

? Контрольные вопросы

1. Что такое центр тяжести тела?
2. Где находится центр тяжести тел правильной формы?
3. Как определить центр тяжести тела на опыте?
4. Какие виды равновесия существуют? Чем они отличаются друг от друга?
5. Почему тела стремятся занять положение с минимальной потенциальной энергией?
6. От чего зависит степень устойчивости тела?



Пример решения задачи

Из однородной квадратной пластинки со стороной $a = 10$ см вырезана $\frac{1}{4}$ часть (рис. 208). Определите положение центра тяжести пластинки с вырезом.

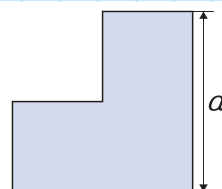


Рис. 208

Дано:

$a = 10$ см

$x_C = ?$

Решение

Для определения положения центра (точки C) вернем на свое место вырезанную часть (рис. 209). Сила тяжести всей пластинки будет равна сумме сил тяжести вырезанной части $m_1 g$ и оставшейся части $m_2 g$. Относительно точки O алгебраическая сумма моментов этих сил равна нулю:

$$m_2 g x_C = m_1 g l.$$

$$\text{Отсюда } x_C = \frac{m_1 l}{m_2}.$$

$$\text{Так как } m_1 = \frac{1}{4} m, \text{ а } m_2 = \frac{3}{4} m, \text{ то } x_C = \frac{1}{3} l.$$

$$\text{Поскольку плечо } l = \frac{a\sqrt{2}}{4}, \text{ то } x_C = \frac{a\sqrt{2}}{12} = 1,2 \text{ см.}$$

Ответ: $x_C = 1,2$ см.

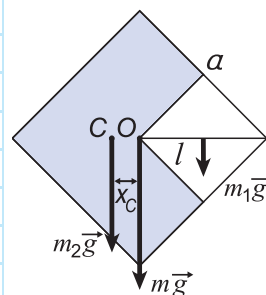


Рис. 209