

## Виды равновесия

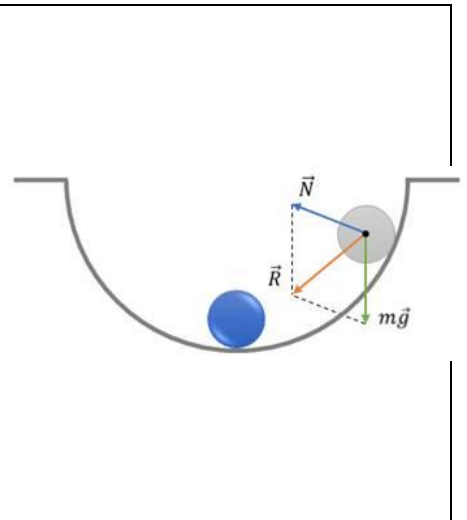
В механике часто возникает необходимость ответить на вопрос: *в каких случаях тело может сколь угодно долго оставаться в покое, если оно находилось в покое в начальный момент?* Естественно, что должны выполняться условия равновесия. Но практически не во всяком положении равновесия, тело, находящееся в начальный момент в покое, будет оставаться в покое и в последующие моменты времени. Дело в том, что в реальных условиях, помимо учитываемых сил (сила тяжести, сила реакции подвеса или опоры, силы трения и так далее), тело испытывает и не учитываемые случайные воздействия. Это могут быть, например, небольшие сотрясения, колебания воздуха и тому подобное. Под действием таких сил тело хотя бы немного, но будет отклоняться от положения равновесия, а в этом случае дальнейшее поведение тела может быть различным.

Поэтому, для того, чтобы судить о поведении тела в реальных условиях необходимо уметь оценивать равновесие. Различают **три вида равновесия** — это устойчивое равновесие, неустойчивое равновесие и равновесие безразличное.

**Равновесие** тела называют **устойчивым**, если при отклонении тела от положения равновесия возникают силы, возвращающие тело в положение равновесия.

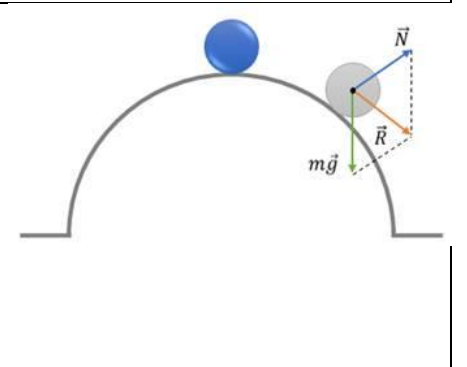
Примером устойчивого равновесия может служить шарик, находящийся на вогнутой поверхности. Если отклонить шарик от положения равновесия, то спустя некоторое время он вернется в первоначальное положение. Это объясняется тем, что **равнодействующая сила** в любой точке траектории шарика (за исключением исходной) **направлена к положению равновесия**.

В устойчивом положении равновесия **центр тяжести тела занимает наинизшее из всех близких положений**. Тогда очевидно, что такое равновесие тела связано с минимумом его потенциальной энергии.



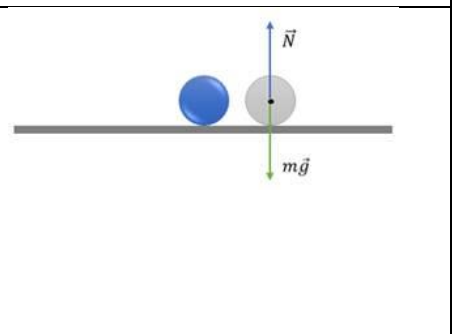
Если же равнодействующая сила не возвращает тело в первоначальное положение равновесия, а вызывает его дальнейшее отклонение от него, то такое **равновесие называется неустойчивым**.

В таком положении, например, находится шарик на выпуклой подставке. При отклонении **равнодействующая сила направлена от положения равновесия**. В положении неустойчивого равновесия высота центра тяжести тела максимальна. Следовательно, такое равновесие связано с максимумом потенциальной энергии тела.



Если смещения тела в любом направлении не вызывает изменение действующих на него сил (то есть равнодействующая всех сил, приложенных к телу, остается равной нулю), то такое положение **равновесия называется безразличным**.

В таком положении находится шарик на горизонтальной плоскости. Безразличное равновесие связано с неизменной потенциальной энергией, а высота центра тяжести тела одинакова во всех достаточно близких положениях.



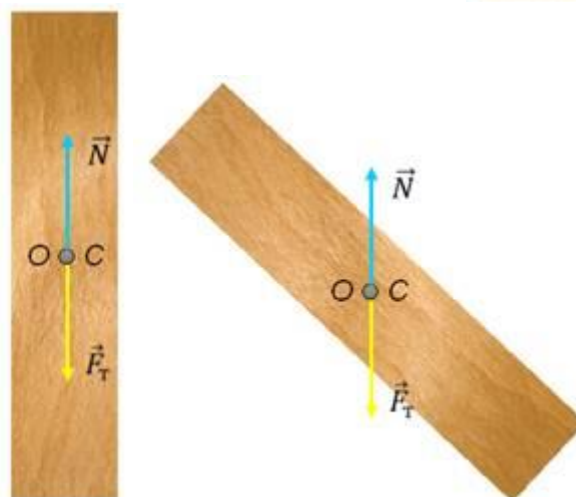
Другим примером равновесий может быть равновесие тела, имеющего ось вращения. В качестве примера рассмотрим однородное тело прямоугольной формы (например, линейку), которое может вращаться вокруг оси, проходящей через точку  $O$ .

Линейка будет находиться в устойчивом равновесии, если ее центр тяжести (точка  $C$ ) находится ниже оси вращения (то есть ниже точки  $O$ ). При отклонении от положения равновесия возникает момент силы тяжести, который возвращает линейку в положение равновесия. Очевидно, что в отклоненном положении потенциальная энергия линейки больше, чем в положении равновесия. Таким образом, *тело, имеющее ось вращения, будет находиться в устойчивом равновесии, если центр тяжести тела находится на вертикальной прямой, проходящей через ось вращения, ниже оси вращения.*

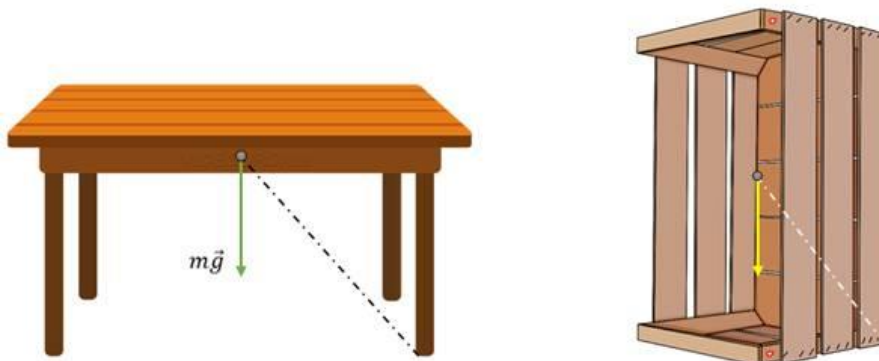


Если же центр тяжести находится на вертикальной прямой, проходящей через ось вращения, расположен выше оси вращения, то равновесие будет неустойчивым. В этом случае при отклонении момент силы тяжести отклоняет тело еще дальше от первоначального положения равновесия. При этом потенциальная энергия тела уменьшается.

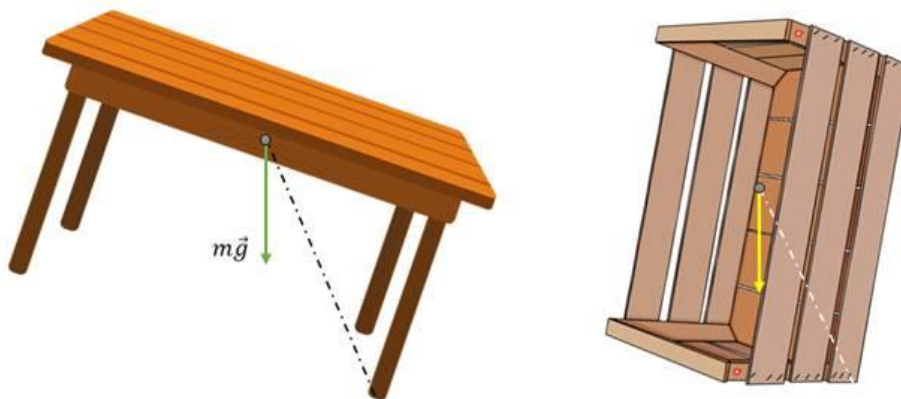
Если центр тяжести тела и ось вращения будут совпадать, то при любом положении тела **момент силы тяжести равен нулю, поскольку равно нулю плечо этой силы**. Иными словами, мы с вами будем наблюдать безразличное равновесие. Что касается потенциальной энергии тела, то она будет оставаться неизменной.



Рассмотрим теперь условия устойчивости тела, опирающегося не на одну точку, как в ранее рассмотренных случаях, а на несколько точек (например, стол) или имеющее площадь опоры (например, ящик). В этих случаях для устойчивого равновесия тела необходимо, чтобы **вертикаль, проведенная через центр тяжести, проходила внутри площади опоры тела**, то есть внутри контура, образованного линиями, соединяющими точки опоры, или внутри площадки, на которую опирается тело.



Если наклонять стол или ящик, то их центр тяжести будет подниматься. Но момент силы тяжести относительно оси вращения будет стремиться вернуть его в первоначальное положение до тех пор, пока линия действия силы тяжести проходит через площадь опоры.



Однако, если их наклонить так, что линия действия силы тяжести выйдет за пределы площади опоры, то тела опрокинутся вследствие действия момента силы тяжести. Очевидно, что имеется предельный угол наклона, то есть угол между прямой, соединяющей центр тяжести тела и крайнюю точку соприкосновения площади опоры с горизонтальной плоскостью, после которого первоначальное равновесие уже не восстанавливается и тело опрокидывается. Этот предельный угол будет тем меньше, чем выше расположен центр тяжести тела при данной площади опоры.

