

Сила инерции

Рассмотрим тело, движущееся в инерциальной системе отсчёта с ускорением \vec{a} , и запишем для него второй закон Ньютона.

$$\sum \vec{F}_{\text{вз}} = m\vec{a} \quad (1)$$

Здесь $\vec{F}_{\text{вз}}$ — сила, приложенная к материальной точке со стороны других тел (сила взаимодействия). В свою очередь, ускорение \vec{a} можно представить как сумму ускорения тела в неинерциальной системе отсчёта и ускорения самой неинерциальной системы отсчёта.

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{со}} + \vec{a}_{\text{отн}} \quad (2)$$

С учетом (2), (1) примет вид:

$$\sum \vec{F}_{\text{вз}} = m\vec{a}_{\text{со}} + m\vec{a}_{\text{отн}},$$

Или

$$\sum \vec{F}_{\text{вз}} - m\vec{a}_{\text{со}} = m\vec{a}_{\text{отн}}. \quad (3)$$

Правая часть (3) выглядит подобной таковой во втором законе Ньютона. Чтобы добиться еще большего сходства, все величины, находящиеся слева, стоит назвать силами. Однако для этого нам потребуется сформулировать определение.

Вектор, противоположный произведению массы тела на ускорение системы отсчета (в которой рассматриваем его движение) относительно инерциальной системы отсчета, называется силой инерции.

$$- m\vec{a}_{\text{со}} \stackrel{\text{def}}{=} \vec{F}_{\text{ин}} \quad (4)$$

Тогда основное уравнение динамики для неинерциальной системы отсчёта можно записать в виде:

$$\sum \vec{F}_{\text{вз}} + \vec{F}_{\text{ин}} = m\vec{a}_{\text{отн}}, \quad (5)$$

Или просто

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_{\text{отн}}. \quad (5')$$

В словесной формулировке это выглядит так.

Сума всех сил, приложенных к материальной точке, с учетом сил инерции, равна произведению массы точки на ее ускорение в системе отсчета, где эти силы инерции действуют.

Силу инерции иногда называют мнимой или фиктивной силой, противопоставляя ее силам взаимодействия. Но и та, и другая, будучи математическими объектами — векторами, существуют исключительно в нашем воображении. Действительно, хотя мы рисуем брусок на наклонной плоскости, проводим из него стрелку и пишем $m\vec{g}$, но никто никогда не видел таких стрелок, торчащих из реальных брусков. Этот забавный пример наглядно говорит о том, что следует отличать наблюдаемый мир от наших ментальных построений, пусть даже последние отражают его свойства. Поэтому вместо наклеивания фиктивных ярлыков следует указать реальные отличия сил инерции от сил взаимодействия. Можно сформулировать два основных различия этих сил.

1) Сила инерции появляется только в неинерциальной системе отсчета и зависит от ее ускорения относительно инерциальной системы.

Это видно из проделанных нами выкладок. Можно только добавить следующее. Соотношения (5) и (5'), разумеется, останутся верными и в инерциальных системах отсчета, просто сила инерции там обращается в ноль. Но, в отличие от второго закона Ньютона, они не постулируются, а, как видим, выводятся.

2) Сила инерции приложена к телу, но нет такого тела, со стороны которого она приложена.

Действительно, сила инерции появилась в основном уравнении динамики как результат формальных алгебраических преобразований. Но это чисто ментальный процесс и к появлению нового физического тела он вряд ли приведет. Однако, несмотря на отсутствие тела-источника силы инерции, действие этой силы может ощущаться весьма реально. Вот пример. Автобус, неожиданно для нас, тронулся с места вперед. Нас потянуло назад. Какая сила нас потянула? Сила инерции! Но назад относительно чего? Относительно автобуса. Таким образом, сказав «назад» мы неявно выбрали неинерциальную систему отсчета, связанную с ускоренно движущимся автобусом.

Сила инерции вводится в рассмотрение исключительно потому, что в ряде задач использование ее является удобным. Важным, и тоже удобным, моментом здесь является то, что, решая задачу в неинерциальной системе отсчета, мы можем найти и силы взаимодействия, поскольку они-то от выбора системы отсчета никак не зависят.