Заданные вопросы наводят на мысль о том, что если на тело не действуют внешние силы или действие их скомпенсировано и одна часть тела начинает вращение в одну сторону, то другая часть должна вращаться в другую сторону, подобно тому как при выбросе горючего из ракеты сама ракета движется в противоположную сторону.

Момент импульса. Если рассмотреть вращающийся диск, то становится очевидным, что суммарный импульс диска равен нулю, так как любой частице тела соответствует частица, движущаяся с равной по модулю скоростью, но в противоположном направлении (рис. 6.9).

Но диск движется, угловая скорость вращения всех частиц одинакова. Однако ясно, что чем дальше находится частица от оси вращения, тем больше её импульс. Следовательно, для вращательного движения надо ввести ещё одну характеристику, подобную импульсу, - момент импульса.

Моментом импульса частицы, движущейся по окружности, называют произведение импульса частицы на расстояние от неё до оси вращения (рис. 6.10):

Линейная и угловая скорости связаны соотношением, тогда.

Все точки твёрдого дела движутся относительно неподвижной оси вращения с одинаковой угловой скоростью. Твёрдое тело можно представить как совокупность материальных точек.

Момент импульса твёрдого тела равен произведению момента инерции на угловую. скорость вращения.

Момент импульса - векторная величина, согласно формуле (6.3) момент импульса направлен так же, как и угловая скорость.

Основное уравнение динамики вращательного движения в импульсной форме. Угловое ускорение тела равно изменению угловой скорости, делённому на промежуток времени, в течение которого это изменение произошло. Подставим это выражение в основное уравнение динамики вращательного движения.

Изменение момента импульса равно произведению суммарного момента сил, действующих на тело или систему, на время действия этих сил.

Сформулируем закон сохранения момента импульса.

Если суммарный момент сил, действующих на тело или систему тел, имеющих неподвижную ось вращения, равен нулю, то изменение момента импульса также равно нулю, т е. момент импульса системы остаётся постоянным.

Закон сохранения момента импульса можно продемонстрировать с помощью следующего опыта, называемого опыт со скамьёй Жуковского». На скамью, имеющую вертикальную ось вращения, проходящую через её центр, встаёт человек. Человек держит в руках гантели. Если скамью заставить вращаться, то человек может изменять скорость вращения, прижимая гантели к груди или опуская руки, а затем разводя их. Разводя руки, он увеличивает момент инерции, и угловая скорость вращения уменьшается (рис. 6.11, а), опуская руки, он уменьшает момент инерции, и угловая скорость вращения скамьи увеличивается (рис. 6.11, б).

Человек может также заставить вращаться скамью, если пойдёт вдоль её края. При этом скамья будет вращаться в противоположном направлении, так как суммарный момент импульса должен остаться равным нулю.

На законе сохранения момента импульса основан принцип действия приборов, называемых гироскопами. Основное свойство гироскопа - это сохранение направления оси вращения, если на эту ось не действуют внешние силы. В XIX в. гироскопы использовались мореплавателями для ориентации в море.

Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела. Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела равна сумме кинетических энергий отдельных его частиц. Разделим тело на малые элементы, каждый из которых можно считать материальной точкой. Тогда кинетическая энергия тела равна сумме кинетических энергий материальных точек, из которых оно состоит.

Угловая скорость вращения всех точек тела одинакова, следовательно.

Величина в скобках, как мы уже знаем, это момент инерции твёрдого тела. Окончательно формула для кинетической энергии твёрдого тела, имеющего неподвижную ось вращения и имеет вид.

В общем случае движения твёрдого тела, когда ось вращения свободна, его кинетическая энергия равна сумме энергий поступательного и вращательного движений. Так, кинетическая энергия колеса, масса которого сосредоточена в ободе, катящегося по дороге с постоянной скоростью, равна.

В таблице сопоставлены формулы механики поступательного движения материальной точки с аналогичными формулами вращательного движения твёрдого тела.