

1.7. Свободные оси вращения прямоугольного бруса

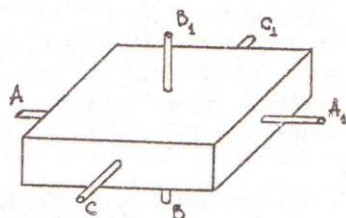


Рис. II.

Из пенопласта приготавливают прямоугольный брусок размером $200 \times 100 \times 25$ мм. По всем трем осям симметрии делают отверстия и заклеивают металлические стержни AA_I , BB_I и CC_I . Параллельные грани бруска раскрашивают в разные цвета (рис. II).

Демонстратор становится боком к слушателям и держа за металлические стержни в вытянутых руках брусок, бросает его в воздух, сообщая ему усилием пальцев вращение. Сначала бросает брусок, вращая его относительно осей AA_I и BB_I . При этом наблюдая устойчивое вращение бруска в воздухе, которым доказывают то, что к слушателям всегда обращена одна и та же сторона бруска, отличающаяся по его окраске.

Наконец, бросает тело вверх, вращая около оси CC_I . Попытки заставить брусок вращаться вокруг этой оси всегда приводит к качениям: зрители всегда видят то одну, то другую сторону.

Если тело находится во вращательном движении, то на его точки действуют центробежные силы, равнодействующая которых приложена к оси вращения. В случае закрепленных осей, на них действуют большие моменты центробежных сил, которые приводят к разрушению осей и подшипников.

Но оказывается, что твердые тела обладают такими осями, при вращении около которых не возникает дополнительных давлений из-за связи вследствие центробежных и других сил инерции. Такие оси называются свободными осями вращения.

Прямоугольный брусок обладает тремя свободными осями вращения: AA_I , BB_I и CC_I . Все они проходят через центр инерции бруска O (рис. II) и ориентированы взаимно перпендикулярно. Распределение массы тела относительно этих осей такое, что центробежные силы, возникающие при вращении, взаимно компенсируются. При вращении бруска вокруг оси AA_I момент инерции наименьший, вокруг оси BB_I — наибольший, а при оси CC_I — промежуточный.

Опыт показывает, что свободной осью тела может служить ось, относительно которой тело имеет либо наибольший либо наименьший момент инерции (оси AA_I и BB_I).

Люди и животные часто используют вращение вокруг свободных осей. Например:

А. Сальто-мортале. Прыгун, слегка наклонившись вперед и поднимая руки вверх, сообщает себе вращательный момент импульса вокруг оси, относительно которой он имеет наибольший момент инерции и, следовательно, малую угловую скорость. Затем он сгибается, прижимая колени к груди. В этом положении относительно оси вращения прыгун приобретает наименьший момент инерции (рис.12). При этом момент инерции уменьшается примерно

в три раза, а угловая скорость по закону сохранения момента импульса утраивается. С этой скоростью прыгун совершает два или даже три полных оборота и в нужное ему мгновение снова выпрямляет тело, увеличивая момент инерции и уменьшая угловую скорость вращения. С малой угловой скоростью прыгун приземляется.

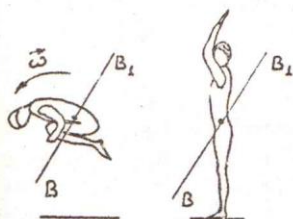


Рис.12.

Б. Пируэт. Балерина (или артисты фигурного катания) вращается вокруг вертикальной оси, которая проходит через ее тело (рис.13). При этом она использует свободную ось вращения, относительно которой она имеет наименьший момент инерции. Вокруг этой оси она вращается с большой угловой скоростью.

Чтобы замедлить вращение и остановиться, она выпрямляет руки в сторону и отклоняет ногу. Этим момент инерции ее увеличивается примерно в семь раз. Во столько же раз уменьшается угловая скорость вращения. Затем она упирает пятку в пол, возникает момент сил торможения. Остается только подвести точку опоры под центр инерции, чтобы не упасть.

В. Падающая кошка (рис.14)

Отпуская с некоторой высоты кошку лапками вверх, она

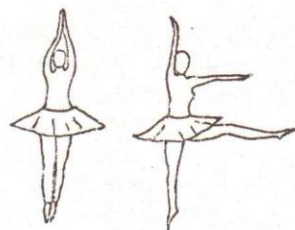


Рис. I3.

Все описанные примеры поучительно записать на пленку видеоманитофона и при рассмотрении этих вопросов показывать слушателям в замедленном темпе. Тогда можно детально увидеть все быстропротекающие процессы.

обязательно поворачивается вокруг свободной оси вращения с наименьшим моментом инерции. Эта ось у животных находится в горизонтальном положении. При падении кошка маневрирует задними лапками и хвостом так, что после этих манипуляций передняя часть ее поворачивается в нужное положение — лапками вниз.

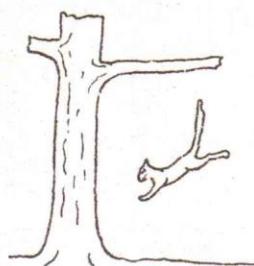


Рис. I4.