Основное утверждение механики состоит в том, что ускорения тел определяются действиями на них других тел.

Силой в механике называют количественную меру действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорения или испытывают деформацию.

Это определение основано на главном утверждении механики: 1) ускорения тел вызываются силами; 2) силы, действующие на тело, обусловлены действиями на него других тел.

Сила - мера взаимодействия тел.

Понятие силы относится к двум телам. С самого начала нужно отчётливо представить себе, что понятие силы относится именно к двум телам, а не к одному. Всегда можно указать тело, на которое действует сила, и тело, со стороны которого она действует. Так, сила тяжести действует на камень со стороны Земли, а на шарик, подвешенный на пружине, действует сила упругости со стороны пружины.

Сила имеет направление. Так, сила упругости растянутой пружины действует вдоль её оси. Сила трения останавливает скользящую по льду шайбу и направлена против скорости её движения.

Сила - векторная величина.

Сравнение сил. Для количественного определения силы мы должны уметь её измерять. Только при этом условии можно говорить о силе как об определённой физической величине. Но ведь действия на данное тело могут быть самыми разнообразными. Что общего, казалось бы, между силой притяжения Земли к Солнцу и силой, которая, преодолевая тяготение, заставляет взмывать вверх ракету, или между этими двумя силами и силой, сжимающей мяч в руке, определяемой сокращением мускул? Ведь они совершенно различны по своей природе! Можно ли говорить о них как о чём-то физически родственном? Можно ли сравнивать их?

Две силы независимо от их природы считаются равными и противоположно направленными, если их одновременное действие на тело не меняет его скорости (т.е. не сообщает телу ускорение).

Это определение позволяет измерять силы, если одну из них принять за единицу измерения.

Измерение сил. Для измерения сил необходим эталон единицы силы.

В качестве эталона единицы силы выберем силу, с которой некоторая определённая (эталонная) пружина при фиксированном растяжении действует на прикреплённое к ней тело (рис. 2.1). Сила упругости пружины направлена вдоль оси пружины.

Установим способ сравнения сил с эталонной силой.

По определению две силы считаются равными и противоположными по направлению, если при одновременном действии они не сообщают телу ускорение. Следовательно, измеряемая сила равна по модулю эталонной силе и направлена в противоположную сторону, если под воздействием этих сил тело не получает ускорение (см. рис. 2.1). Причём сила может быть любой природы: силой давления, силой трения и т.д.

Если к телу прикрепить две пружины и растянуть их также на (рис. 2.2), то равнодействующая сила будет равна. Сила, направленная в противоположную сторону, по модулю также равна, если все три силы, действуя одновременно на тело, не сообщают ему ускорение.

Таким образом, располагая эталоном силы, мы можем измерять силы, кратные эталону. Для этого к телу, на которое действует измеряемая сила, прикладывают в сторону, противоположную её направлению, такое количество эталонных сил, чтобы тело не получило ускорение, и подсчитывают число эталонных сил. Естественно, что при этом мы можем измерить силу не меньше эталонной силы и ошибка измерения будет также не меньше ошибки измерения эталонной силы.

Выбрав эталонную силу достаточно малой, можно в принципе производить измерения разных сил с требуемой точностью.

Динамометр. На практике для измерения сил применяют динамометр (рис. 2.3). Использование динамометра основано на том, что при упругой деформации удлинение пружины прямо пропорционально приложенной к ней силе. Поэтому по длине пружины можно судить о значении силы.

О силах в механике. В механике не рассматривается природа тех или иных сил и не делаются попытки выяснить, вследствие каких физических процессов появляются те или иные силы. Это задача других разделов физики.

В механике важно лишь знать, при каких условиях возникают силы, каковы их направления и чему равны их модули, т.е. знать, как силы зависят от расстояний между телами и от скоростей их движения . А знать модули сил, определять, когда и как они действуют, можно, не вникая в природу сил, а лишь располагая способами их измерения.

В механике имеют дело с тремя типами сил: гравитационными силами, силами упругости и силами трения. Модули и направления этих сил определяются опытным путём. Важно, что все рассматриваемые в механике силы зависят либо только от расстояний между телами или от расположения частей тела (гравитация и упругость), либо только от относительных скоростей тел (трение).

Когда человек не может поднять тяжёлую вещь, он говорит: «Не хватает сил». При этом, в сущности, происходит сравнение двух совершенно разных по своей природе сил - мускульной силы и силы, с которой Земля притягивает этот предмет. Но если вы подняли тяжёлый предмет и держите его на весу, то ничто не мешает вам утверждать, что сила, действующая на тело со стороны ваших рук, по модулю равна силе тяжести. Это утверждение, по существу, и является определением равенства сил в механике.

Инертность тела. Мы уже говорили о явлении инерции. Именно вследствие инерции покоящееся тело приобретает заметную скорость под действием силы не сразу, а лишь за некоторый интервал времени.

Инертность - свойство тел по-разному изменять свою скорость под действием одной и той же силы.

Ускорение возникает сразу, одновременно с началом действия силы, но скорость нарастает постепенно. Даже очень большая сила не в состоянии сообщить телу сразу значительную скорость. Для этого нужно время. Чтобы остановить тело, опять-таки нужно, чтобы тормозящая сила, как бы она ни была велика, действовала некоторое время.

Именно эти факты имеют в виду, когда говорят, что тела инертны, т.е. одним из свойств тела является инертность, а количественной мерой инертности является масса.

Приведём примеры простых опытов, в которых очень отчётливо проявляется инертность тел.

На рисунке 2.4 изображён массивный шар, подвешенный на тонкой нити. Внизу к шару привязана точно такая же нить. Если медленно тянуть за нижнюю нить, то порвётся верхняя нить: ведь на неё действуют и шар своей тяжестью, и сила, с которой мы тянем шар вниз. Однако если за нижнюю нить очень быстро дёрнуть, то оборвётся именно она, что на первый взгляд довольно странно.

Но это легко объяснить. Когда мы тянем за нить медленно, то шар постепенно опускается, растягивая верхнюю нить до тех пор, пока она не оборвётся. При быстром рывке с большой силой шар получает большое ускорение, но скорость его не успевает увеличиться сколько-нибудь значительно за тот малый промежуток времени, в течение которого нижняя нить сильно растягивается и обрывается. Верхняя нить поэтому мало растягивается и остаётся целой.

2. Интересен опыт с длинной палкой, подвешенной на бумажных кольцах (рис. 2.5). Если резко ударить по палке железным стержнем, то палка ломается, а бумажные кольца остаются невредимыми.

3. Наконец, самый, пожалуй, эффектный опыт. Если выстрелить в пустой пластмассовый сосуд, пуля оставит в стенках правильные отверстия, но сосуд останется целым. Если же выстрелить в такой же сосуд, заполненный водой, то сосуд разорвётся на мелкие части. Это объясняется тем, что вода малосжимаема и небольшое изменение её объёма приводит к резкому возрастанию давления. Когда пуля очень быстро входит в воду, пробив стенку сосуда, давление резко возрастает. Из-за инертности воды её уровень не успевает повыситься, и возросшее давление разрывает сосуд на части.

Чем больше масса тела, тем больше его инертность, тем сложнее вывести тело из первоначального состояния, т.е. заставить его двигаться или, наоборот, остановить его движение.

Единица массы. В кинематике мы пользовались двумя основными физическими величинами - длиной и временем. Для единиц этих величин установлены соответствующие эталоны, сравнением с которыми определяются любая длина и любой интервал времени. Единицей длины является метр, а единицей времени - секунда. Все другие кинематические величины не имеют эталонов единиц. Единицы таких величин называются производными.

При переходе к динамике мы должны ввести ещё одну основную единицу и установить её эталон.

В Международной системе единиц (СИ) за единицу массы - один кило­ грамм (1 кг) - принята масса эталонной гири из сплава платины и иридия, которая хранится в Международном бюро мер и весов в Севре, близ Парижа. Точные копии этой гири имеются во всех странах. Приближённо массу 1 кг имеет вода объёмом 1 л при комнатной температуре. Легко осуществимые способы сравнения любой массы с массой эталона путём взвешивания мы рассмотрим позднее.