

Тема: Законы Ньютона

Законам механики подчиняются движения всех окружающих нас тел. Для того чтобы открыть эти законы, Ньютону не потребовались какие-либо сложные приборы. Достаточными оказались простые опыты. Главная задача состояла в том, чтобы в огромном разнообразии движений тел увидеть то существенное, что определяет характер движения каждого тела.

Что является причиной появления ускорения при движении тела?

При каком условии тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения?

Динамика - раздел механики рассматривающий взаимодействия тел, являющиеся причиной изменения движения этих тел, т. е. изменения их скоростей.

Вопрос о выборе системы отсчёта в динамике не является простым. Выберем вначале систему отсчёта, связанную с земным шаром. Движение тел вблизи поверхности Земли будем рассматривать относительно самой земли.

Что вызывает ускорение тел? Если тело, лежащее на полу или на столе, начинает двигаться, то всегда по соседству можно обнаружить предмет, который толкает это тело, тянет или действует на него на расстоянии (например, магнит на железный шар). Поднятый над землёй камень не остаётся висеть в воздухе, а падает. Очевидно, что именно действие Земли приводит к этому.

Изменение скорости тела (а значит, ускорение) всегда вызывается воздействием на него каких-либо других тел.

Футболист ударил по мячу. Ударил — значит, его нога оказала определённое действие на мяч, и скорость мяча увеличилась. А вот какое действие позволяет футболисту быстро устремиться к воротам противника? Одного желания здесь мало. Будь вместо футбольного поля идеально гладкий лёд, а на ногах футболиста вместо бутс с шипами тапочки с гладкой подошвой, это ему не удалось бы. Для того чтобы бежать с ускорением, нужно упираться ногами в землю. Если ноги будут скользить, вы никуда не убежите. Значит, только трение о землю, действие со стороны земли на ноги футболиста позволяет ему, да и всем нам, при беге и ходьбе изменять свою скорость. Точно так же, чтобы остановиться с разбегу, надо упираться ногами в землю.

Явление, при котором тело сохраняет скорость, когда на него не действуют другие тела, называется явлением инерции.

Сила. Масса. Единица массы

Сила — мера взаимодействия тел.

Характеристики силы:

1. Точка приложения
2. Направление
3. Модуль (числовое значение)



Рис. 2.3

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

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.**

Первый закон Ньютона

Закон инерции относится к самому простому случаю движения — движению тела, которое не взаимодействует с другими телами, т. е. движению свободного тела.

Первый закон Ньютона:

Существуют системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых тело движется прямолинейно и равномерно, если на него не действуют другие тела.

Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. До сих пор систему отсчёта мы связывали с Землёй, т. е. рассматривали движение относительно Земли. В системе отсчёта, связанной с Землёй, ускорение тела определяется только действием на него других тел. **Система отсчёта, связанная с Землёй, является инерциальной.**

если есть одна инерциальная система отсчёта, то любая другая движущаяся относительно неё прямолинейно и равномерно также является инерциальной.

Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Система отсчёта, связанная с автомобилем, тоже будет инерциальной, если автомобиль

- 1) движется равномерно по прямолинейному участку шоссе
- 2) разгоняется по прямолинейному участку шоссе
- 3) движется равномерно по извилистой дороге
- 4) по инерции вкатывается на гору

Второй закон Ньютона

На основании экспериментов было выявлено, что отношение модуля силы к модулю ускорения является постоянной величиной, не зависящей от силы:

отношение модуля силы к модулю ускорения является постоянной величиной. Величину F/a , равную отношению модуля силы к модулю ускорения, называют массой тела.

Произведение массы тела на ускорение равно сумме действующих на тело сил: $m\mathbf{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ – 2-ой закон Ньютона

$$\frac{F}{a} = \text{const.}$$

Особенность:

Сила является причиной возникновения ускорения тела, а не скорости

Векторы \mathbf{a} и \mathbf{F} направлены по одной прямой в одну и ту же сторону

Ускорение зависит от массы.

m – масса, кг -количественная мера инертности

За единицу силы в Международной системе единиц принимается сила, которая сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с².

Эта единица называется ньютоном (сокращённое обозначение — Н). Наименование ньютона: 1 Н = 1 кг • 1 м/с².

Измерить массу тела также можно на основе явления инерции. Ускорение тела, согласно второму закону Ньютона, прямо пропорционально силе, действующей на тело, и обратно пропорционально его массе. Если на два тела действуют одинаковые силы, то отношение масс равно обратному отношению ускорений:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

Если у нас есть тело, массу которого мы знаем, то, измерив ускорения этого тела и тела с неизвестной массой, движущихся под действием одинаковых сил, определим неизвестную массу по формуле (2.3). Определяемая таким способом масса является инертной массой.

1. Легкоподвижную тележку массой 3 кг толкают силой 6 Н. Чему равно ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?

2. В инерциальной системе отсчёта сила F сообщает телу массой m ускорение a . Как изменится ускорение тела, если массу тела и действующую на него силу увеличить в 2 раза?

Если на тело одновременно действуют несколько сил, то, как показывают эксперименты, ускорение тела будет пропорционально геометрической сумме всех этих сил.

Это положение называется принципом суперпозиции (наложения) сил. Таким образом, мы заменяем несколько сил одной силой.

Сила, которая производит на тело такое же действие (вызывает такое же движение), как несколько сил, одновременно приложенных к телу, называется равнодействующей.

Рассмотрим сначала случай, когда на тело действуют две силы, направленные вдоль одной прямой.

Если силы направлены в одну сторону (рис. 2.11), то равнодействующая $\vec{F}_p = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, её модуль равен $F_p = F_1 + F_2$.

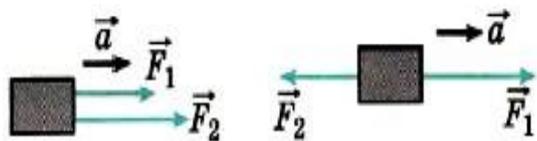


Рис. 2.11

В случае когда силы направлены в противоположные стороны (рис. 2.12), их равнодействующая равна векторной сумме сил $\vec{F}_p = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, но её модуль равен $F_p = F_1 - F_2$. Очевидно, что ускорение тела направлено в сторону большей по модулю силы.

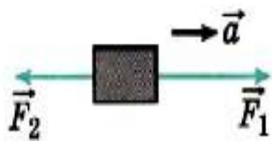


Рис. 2.12

Третий закон Ньютона

В третьем законе Ньютона формулируется одно общее свойство всех сил, рассматриваемых в механике: любое действие тел друг на друга носит характер взаимодействия. Это означает, что если тело А действует на тело В, то и тело В действует на тело А.

Вы действуете на верёвку, и верёвка действует на вас

Взаимодействие тел. Примеров взаимодействия тел и сообщения ими друг другу ускорений можно привести сколь угодно много. Когда вы, находясь в одной лодке, начнёте за верёвку подтягивать другую лодку, то и ваша лодка обязательно будет двигаться к ней (рис. 2.24). Вы действуете на верёвку, и верёвка действует на вас.

Если вы ударите ногой по футбольному мячу или толкнёте плечом товарища, то ощутите обратное действие на ногу или плечо. Всё это проявления закона взаимодействия тел.

Действия тел друг на друга носят характер взаимодействия не только при непосредственном контакте тел. Положите на гладкий стол два сильных магнита разноимёнными полюсами навстречу друг другу, и вы тут же обнаружите, что они начнут двигаться навстречу друг другу.

Изменения скоростей обоих взаимодействующих тел легко наблюдаются лишь в тех случаях, когда массы этих тел мало отличаются друг от друга. Если же взаимодействующие тела значительно различаются по массе, заметное ускорение получает только то из них, которое имеет меньшую массу. Так, при падении камня мы видим, что камень движется с ускорением, но ускорение Земли (а ведь камень тоже притягивает Землю!) практически обнаружить нельзя, так как оно очень мало.

Третий закон Ньютона

Силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные стороны.



Рис. 2.26

Если на тело А со стороны тела В действует сила А (рис. 2.26), то одновременно на тело В со стороны тела А будет действовать сила В, причём $A = -B$ (2.9)

Отметим, что силы взаимодействия двух тел — силы одной физической природы, время их действия одинаково, но они

приложены к разным телам, следовательно, действие первого тела на второе не может быть скомпенсировано действием второго тела на первое.

Используя второй закон Ньютона, равенство (2.6) можно записать так:

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2. \quad (2.10)$$

Отсюда следует, что

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} = \text{const},$$

т. е. отношение модулей ускорений a_1 и a_2 взаимодействующих друг с другом тел обратно пропорционально их массам (см. формулу (2.3) на с. 76).

Закрепление:

Правильна ли следующая запись третьего закона Ньютона:

а) $\vec{F}_{1,2} = \vec{F}_{1,2}$; б) $|F_{1,2}| = |F_{1,2}|$?

Тема: Закон сохранения импульса тела. Реактивное движение

№ 136 (На полях номер) Мяч массой 0,5 кг после удара, длящегося 0,02 с, приобретает скорость 10 м/с. Найти среднюю силу удара.

Дано:	анализ	решение
$m=0,5 \text{ кг}$	$F=ma$	$F=0,5 \frac{10-0}{0,02} = \frac{0,5 \cdot 10}{0,02} = 250 \text{ Н}$
$t=0,02 \text{ с}$	$a=\frac{v-v_0}{t}$	
$v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$F=m \left(\frac{v-v_0}{t}\right)$	$[F] = \frac{\text{кг} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)}{\text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$
$F=?$		
$v_0 = 0$		

Ответ: $F=250 \text{ Н}$

На основании этой задачи 2 закон Ньютона имеет другой вид:

$$\vec{F} = m \left(\frac{v-v_0}{t}\right) \rightarrow \vec{F} \cdot t = m(v - v_0) \rightarrow \text{появляется новая физическая количественная величина.}$$

Мяч после удара, длящегося 0,02 с приобретает скорость, при этом приобретает мяч и количество движения, которое называется импульс тела.

Импульсом материальной точки называется величина, равная произведению массы точки на её скорость.

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ – импульс точки, $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$ – физическая векторная величина, тогда

$m\vec{v} - m\vec{v}_0$ – есть изменение импульса за время Δt

$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$ – изменение импульса материальной точки пропорционально приложенной к ней силе и имеет такое же направление.

Изменение импульса точки равно импульсу силы, действующей на её.

Особенность: Импульс тела могут приобретать и передавать другим телам.

Силы, с которыми тела системы взаимодействуют между собой, являются внутренними силами.

Внутренние силы изменяют импульсы отдельных тел системы, но изменить суммарный импульс системы они не могут. В этом заключается закон сохранения импульса

Если внешние силы на систему не действуют или их сумма равна нулю, то импульс системы сохраняется: $\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = 0$, или $\vec{p}_{\text{сист}} = \text{const}$.

Полученный результат справедлив для системы, содержащей произвольное число тел:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 + \dots = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 + m_3 \vec{u}_3 + \dots \quad (4.9)$$

где $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3, \dots$ — скорости тел до взаимодействия; $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3, \dots$ — скорости тел после взаимодействия.

Особенность: Закон сохранения импульса применяется, если система замкнута и в этой системе на тела вообще не действуют внешние силы или если действуют на тела внешние силы, но их сумма равна нулю.

1) Если даже на тела системы действуют внешние силы, но их сумма равна нулю, то импульс системы всё равно сохраняется.

2) Если сумма внешних сил не равна нулю, но сумма проекций сил на какое-то направление равна нулю, то проекция суммарного импульса системы на это направление не меняется.

3) Если внешние силы много меньше внутренних сил, то можно считать, что импульс системы сохраняется. Например, при разрыве снарядов силы, разрывающие снаряд, много больше внешней силы тяжести.

Реактивное движение. Большое значение закон сохранения импульса имеет для исследования реактивного движения.

Реактивным движением называют движение тела, возникающее при отделении некоторой его части с определённой скоростью относительно него.

Примером реактивного движения является движение ракеты при истечении из неё струи горючего газа, образующегося при сгорании топлива.

Так как вследствие истечения струи ракета движется с ускорением, то можно считать, что на ракету действует сила, называемая реактивной силой.



К. Э. Циолковский
(1857—1935)

Реактивные двигатели. В настоящее время в связи с освоением космического пространства получили широкое распространение реактивные двигатели.

В космическом пространстве использовать какие-либо другие двигатели, кроме реактивных, невозможно, так как там нет опоры (твёрдой, жидкой или газообразной), отталкиваясь от которой космический корабль мог бы получать ускорение.

Успехи в освоении космического пространства

Автором первого в мире проекта реактивного летательного аппарата для полета людей принадлежит русскому революционеру-народовольцу Н.И.Кибальчичу (1853-1881гг) Основы теории реактивного двигателя и научное доказательство **возможности полётов в межпланетном пространстве были впервые высказаны и разработаны русским учёным К. Э. Циолковским** в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами».

Нашей стране принадлежит великая честь запуска

4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли, а 12 апреля 1961 г. космического корабля с космонавтом Ю. А. Гагариным на борту.

Этот и другие полёты были совершены на ракетах, сконструированных отечественными учёными и инженерами под руководством С. П. Королёва.

Большой вклад в исследование космического пространства внесли также американские учёные, инженеры и астронавты. Два американских астронавта из экипажа космического корабля «Аполлон-11» — Н. Армстронг и Э. Олдрин — 20 июля 1969 г. впервые совершили посадку на Луну. На космическом теле Солнечной системы человеком были сделаны первые шаги.

С выходом человека в космос не только открылись возможности исследования других планет, но и представились поистине фантастические возможности изучения природных явлений и ресурсов Земли, о которых можно было только мечтать. Теперь снимки с орбиты, охватывающие миллионы квадратных километров, позволяют выбирать для исследования наиболее интересные участки земной поверхности, экономя тем самым силы и средства.



С. П. Королёв
(1906—1966)



Ю. А. Гагарин
(1934—1968)

Освоение космоса имеет огромное практическое значение.

Нас уже не удивляет, что мы можем заглянуть практически в каждый уголок Земли, поговорить с человеком, находящимся на другом континенте, благодаря космической (спутниковой) связи. В настоящее время можно в режиме онлайн смотреть, что происходит в космосе благодаря телескопам, вращающимся по орбитам вокруг Земли.

Орбитальные аппараты в настоящее время используются не только для научных исследований космического пространства, но и для биологических, медицинских исследований, получения новых материалов.

Закрепление: Задача № 123, 344

Задача № 123 Два тела массами 400 и 600 г двигались друг другу навстречу и после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 3 м/с

(В анализе сначала запишите закон сохранения импульса для двух тел, а затем преобразуете применительно к нашему решению. Так как тела остановились, правая часть уравнения преобразуется в ноль. В левой части между слагаемыми будет стоять минус, так как тела двигались навстречу)

Задача № 344 Движение материальной точки описывается уравнением $X = 5 - 8t + 4t^2$. Приняв её массу равной 2 кг, найти импульс через 2с и через 4с после начала отсчета времени, а также силу, вызвавшую это изменение импульса.

(Из уравнения найдёте характеристики движения, запишите формулу импульса $p = mv$, $v = v_0 + at$, и найдете скорость при $t=2с$ и $t=4с$, тогда найдёте импульс точки)