

Механика

Механика – раздел физики, изучающий механическое движение тел и происходящие при этом взаимодействия между ними. Основные разделы механики – кинематика и динамика.

Механическое движение тел – это изменение взаимного положения тел с течением времени. Классическая механика изучает задачу определения положения тела в пространстве в любой момент времени.

Законы механики определяют причины и принципы движения тела и положения тела в пространстве, а также взаимодействия тел.

Кинематика – раздел механики, изучающий движение тел, без учёта взаимодействия тел, физических причин или сил, вызывающих это движение.

Механическое движение

- **Механическое движение** – это изменение положения тела в пространстве относительно других тел.
- Например, автомобиль движется по дороге. В автомобиле находятся люди. Люди движутся вместе с автомобилем по дороге. То есть люди перемещаются в пространстве относительно дороги. Но относительно самого автомобиля люди не движутся. В этом проявляется **относительность механического движения**. Далее кратко рассмотрим **основные виды механического движения**.
- **Поступательное движение** – это движение тела, при котором все его точки движутся одинаково.
- Например, всё тот же автомобиль совершает по дороге поступательное движение. Точнее, поступательное движение совершает только кузов автомобиля, в то время как его колёса совершают вращательное движение.
- **Вращательное движение** – это движение тела вокруг некоторой оси. При таком движении все точки тела совершают движение по окружностям, центром которых является эта ось. Упомянутые нами колёса совершают вращательное движение вокруг своих осей, и в то же время колёса совершают поступательное движение вместе с кузовом автомобиля. То есть относительно оси колесо совершает вращательное движение, а относительно дороги – поступательное.
- **Колебательное движение** – это периодическое движение, которое совершается поочерёдно в двух противоположных направлениях. Например, колебательное движение совершает маятник в часах. Поступательное и вращательное движения – самые простые виды механического движения.
- **Относительность механического движения** Все тела во Вселенной движутся, поэтому не существует тел, которые находятся в абсолютном покое. По той же причине определить движется тело или нет, можно только относительно какого-либо другого тела.
- Например, автомобиль движется по дороге. Дорога находится на планете Земля. Дорога неподвижна. Поэтому можно измерить скорость автомобиля относительно неподвижной дороги. Но дорога неподвижна относительно Земли. Однако сама Земля вращается вокруг Солнца. Следовательно, дорога вместе с автомобилем также вращается вокруг Солнца. Следовательно, автомобиль совершает не только поступательное движение, но и вращательное (относительно Солнца). А вот относительно Земли автомобиль совершает только поступательное движение. В этом проявляется **относительность механического движения**.
- **Относительность механического движения** – это зависимость траектории движения тела, пройденного пути, перемещения и скорости от выбора **системы отсчёта**.

Материальная точка

- Во многих случаях размером тела можно пренебречь, так как размеры этого тела малы по сравнению с расстоянием, которое проходит это тело, или по сравнению с расстоянием между этим телом и другими телами. Такое тело для упрощения расчетов условно можно считать материальной точкой, имеющей массу этого тела.
- Материальная точка** – это тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь.
- Многократно упоминавшийся нами автомобиль можно принять за материальную точку относительно Земли. Но если человек перемещается внутри этого автомобиля, то пренебрегать размерами автомобиля уже нельзя.
- Как правило, решая задачи по физике, рассматривают движение тела как **движение материальной точки**, и оперируют такими понятиями, как скорость материальной точки, ускорение материальной точки, импульс материальной точки, инерция материальной точки и т.п.

Система отсчёта

- Материальная точка движется относительно других тел. Тело, по отношению к которому рассматривается данное механическое движение, называется телом отсчёта. **Тело отсчёта** выбирают произвольно в зависимости от решаемых задач.
- С телом отсчёта связывается **система координат**, которая представляет из себя точку отсчёта (начало координат). Система координат имеет 1, 2 или 3 оси в зависимости от условий движения. Положение точки на линии (1 ось), плоскости (2 оси) или в пространстве (3 оси) определяют соответственно одной, двумя или тремя координатами. Для определения положения тела в пространстве в любой момент времени также необходимо задать начало отсчёта времени.
- Система отсчёта** – это система координат, тело отсчета, с которым связана система координат, и прибор для измерения времени. Относительно системы отсчёта и рассматривается движение тела. У одного и того же тела относительно разных тел отсчёта в разных системах координат могут быть совершенно различные координаты.
- Траектория движения** также зависит от выбора системы отсчёта.
- Виды систем отсчёта** могут быть различными, например, неподвижная система отсчёта, подвижная система отсчёта, инерциальная система отсчёта, неинерциальная система отсчёта.

Траектория

- **Траектория** (от позднелатинского trajectories – относящийся к перемещению) – это линия, по которой движется тело (материальная точка). Траектория движения может быть прямой (тело перемещается в одном направлении) и криволинейной, то есть механическое движение может быть прямолинейным и криволинейным.
- **Траектория прямолинейного движения** в данной системе координат – это прямая линия. Например, можно считать, что траектория движения автомобиля по ровной дороге без поворотов является прямолинейной.
- **Криволинейное движение** – это движение тел по окружности, эллипсу, параболе или гиперболе. Пример криволинейного движения – движение точки на колесе движущегося автомобиля или движение автомобиля в повороте.
- Движение может быть сложным. Например, траектория движения тела в начале пути может быть прямолинейной, затем криволинейной. Например, автомобиль в начале пути движется по прямой дороге, а затем дорога начинает «петлять» и автомобиль начинает криволинейное движение.

Вектор перемещения

- **Вектор перемещения** (или просто **перемещение**) – это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением (рис. 1.1). Перемещение – величина векторная. Вектор перемещения направлен от начальной точки движения к конечной.
- **Модуль вектора перемещения** (то есть длина отрезка, который соединяет начальную и конечную точки движения) может быть равен пройденному пути или быть меньше пройденного пути. Но никогда модуль вектора перемещения не может быть больше пройденного пути.
- Модуль вектора перемещения равен пройденному пути, когда путь совпадает с траекторией (см. разделы Траектория и Путь), например, если из точки А в точку Б автомобиль перемещается по прямой дороге. Модуль вектора перемещения меньше пройденного пути, когда материальная точка движется по криволинейной траектории

Скорость

- **Скорость** – это количественная характеристика движения тела.
- **Средняя скорость** – это физическая величина, равная отношению вектора перемещения точки к промежутку времени Δt , за который произошло это перемещение. Направление вектора средней скорости совпадает с направлением вектора перемещения. Средняя скорость определяется по формуле

$$\vec{v}_{CP} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

- **Мгновенная скорость**, то есть скорость в данный момент времени – это физическая величина, равная пределу, к которому стремится средняя скорость при бесконечном уменьшении промежутка времени Δt :

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

- Иными словами, мгновенная скорость в данный момент времени – это отношение очень малого перемещения к очень малому промежутку времени, за который это перемещение произошло. Вектор мгновенной скорости направлен по касательной к траектории движения тела
- В системе СИ скорость измеряется в метрах в секунду, то есть единицей скорости принято считать скорость такого равномерного прямолинейного движения, при котором за одну секунду тело проходит путь в один метр. Единица измерения скорости обозначается м/с. Часто скорость измеряют в других единицах. Например, при измерении скорости автомобиля, поезда и т.п. обычно используется единица измерения километр в час:
 - $1 \text{ км/ч} = 1000 \text{ м} / 3600 \text{ с} = 1 \text{ м} / 3,6 \text{ с}$ или $1 \text{ м/с} = 3600 \text{ км} / 1000 \text{ ч} = 3,6 \text{ км/ч}$

Сложение скоростей

- Скорости движения тела в различных системах отсчёта связывает между собой классический **закон сложения скоростей**.
- Скорость тела относительно **неподвижной системы отсчёта** равна сумме скоростей тела в **подвижной системе отсчёта** и самой подвижной системы отсчёта относительно неподвижной.
- Например, пассажирский поезд движется по железной дороге со скоростью 60 км/ч. По вагону этого поезда идет человек со скоростью 5 км/ч. Если считать железную дорогу неподвижной и принять её за систему отсчёта, то скорость человека относительно системы отсчёта (то есть относительно железной дороги), будет равна сложению скоростей поезда и человека, то есть
- $60 + 5 = 65$, если человек идёт в том же направлении, что и поезд $60 - 5 = 55$, если человек и поезд движутся в разных направлениях
- Однако это справедливо только в том случае, если человек и поезд движутся по одной линии. Если же человек будет двигаться под углом, то придётся учитывать этот угол, вспомнив о том, что скорость – это **векторная величина**.
- А теперь рассмотрим описанный выше пример более подробно – с деталями и картинками.
- Итак, в нашем случае железная дорога – это **неподвижная система отсчёта**. Поезд, который движется по этой дороге – это **подвижная система отсчёта**. Вагон, по которому идёт человек, является частью поезда.

Ускорение

- **Ускорение** – это величина, которая характеризует быстроту изменения скорости.
- Например, автомобиль, трогаясь с места, увеличивает скорость движения, то есть движется ускоренно. Вначале его скорость равна нулю. Тронувшись с места, автомобиль постепенно разгоняется до какой-то определённой скорости. Если на его пути загорится красный сигнал светофора, то автомобиль остановится. Но остановится он не сразу, а за какое-то время. То есть скорость его будет уменьшаться вплоть до нуля – автомобиль будет двигаться замедленно, пока совсем не остановится. Однако в физике нет термина «замедление». Если тело движется, замедляя скорость, то это тоже будет ускорение тела, только со знаком минус (как вы помните, скорость – это векторная величина).

Среднее ускорение

- **Среднее ускорение** – это отношение изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло. Определить среднее ускорение можно формулой:

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

В СИ единица ускорения – это 1 метр в секунду за секунду (или метр на секунду в квадрате), то есть

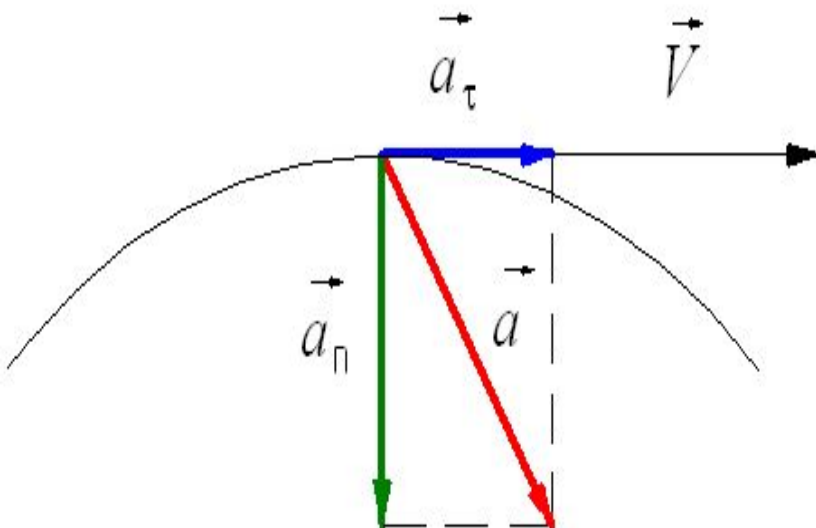
$$\frac{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1 \text{с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Метр на секунду в квадрате равен ускорению прямолинейно движущейся точки, при котором за одну секунду скорость этой точки увеличивается на 1 м/с. Иными словами, ускорение определяет, насколько изменяется скорость тела за одну секунду. Например, если ускорение равно 5 м/с², то это означает, что скорость тела каждую секунду увеличивается на 5 м/с.

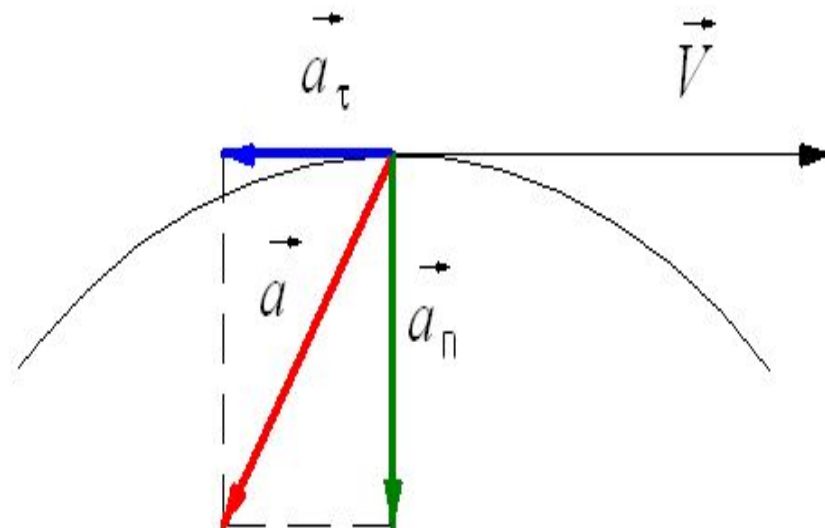
Нормальное ускорение

- Нормальное ускорение – это составляющая вектора ускорения, направленная вдоль нормали к траектории движения в данной точке на траектории движения тела. То есть вектор нормального ускорения перпендикулярен линейной скорости движения. Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению и обозначается буквой a_n . Вектор нормального ускорения направлен по радиусу кривизны траектории.

$$\Delta V > 0$$

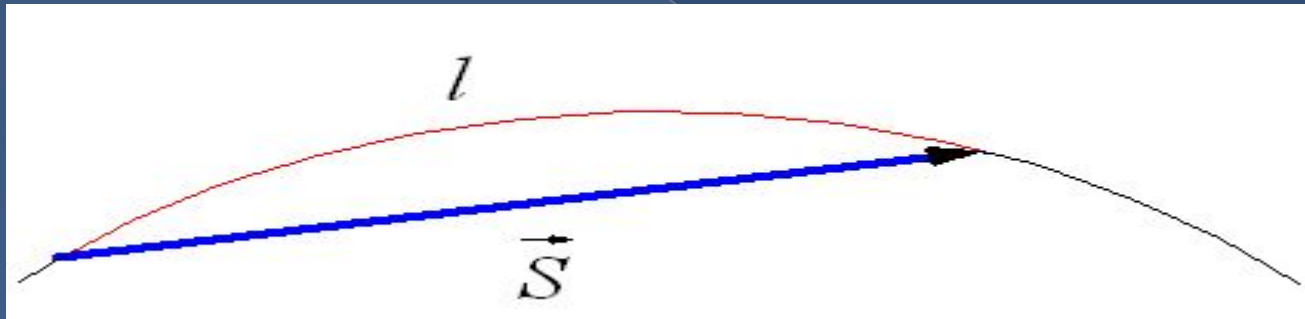


$$\Delta V < 0$$



Криволинейное движение

- Криволинейное движение – это движение, траектория которого представляет собой кривую линию (например, окружность, эллипс, гиперболу, параболу). Примером криволинейного движения является движение планет, конца стрелки часов по циферблату и т.д. В общем случае **скорость при криволинейном движении** изменяется по величине и по направлению.
- Криволинейное движение материальной точки считается равномерным движением, если модуль **скорости** постоянен (например, равномерное движение по окружности), и равноускоренным, если модуль и направление **скорости** изменяется (например, движение тела, брошенного под углом к горизонту).



Свободное падение тел

- **Свободное падение тел** – это падение тел на Землю в вакууме при отсутствии помех. **Движение тела** под действием силы тяжести при отсутствии сопротивления воздуха можно считать свободным падением. Например, в свободном падении находится спортсмен, прыгающий в воду с вышки или мяч, выпущенный из руки.
- В 1583 году итальянский учёный **Галилео Галилей** (1564-1642) установил, что при отсутствии сопротивления воздуха все тела, независимо от их массы, падают на землю с одинаковым **ускорением** g , которое направлено вертикально вниз. Это ускорение называется **ускорение свободного падения**. При свободном падении тела с небольшой высоты h от поверхности Земли (причём h намного меньше радиуса Земли R_z , **Земли** $R_z \sim 6000$ км) сила притяжения остаётся практически постоянной, поэтому ускорение свободного падения также остаётся постоянным.
- Это заключение подтверждает опыт с падением тел в стеклянной трубке, из которой выкачан воздух (рис. 1.24). Кусочек свинца, лёгкое перышко и дробишка достигают дна трубки одновременно. Следовательно, они падают с одинаковым ускорением.
- Свободное падение можно рассматривать как частный случай **равноускоренного движения**. Ускорение свободного падения зависит от высоты над уровнем моря и от географической широты места. Оно изменяется примерно от $9,83$ м/с² на полюсе и до $9,78$ м/с² на экваторе. На широте Москвы ускорение свободного падения принимается равным $g = 9,8$ м/с². Поэтому в большинстве случаев при решении задач по физике ускорение свободного падения принимается равным $9,8$ м/с².
- Различие в значении ускорения объясняется суточным вращением Земли и формой Земли – Земля сплюснута у полюсов, поэтому полюсный радиус Земли меньше экваториального радиуса.