

6. Первый закон Ньютона.

Материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.

Стремление тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется **инертностью**. Поэтому первый закон Ньютона называют также **законом инерции**. Первый закон Ньютона постулирует существование **инерциальных систем отсчета** — таких, относительно которых, материальная точка, не подверженная воздействию других тел, движется равномерно и прямолинейно.

Чтобы описывать воздействия, упоминаемые в первом законе Ньютона, вводят понятие **силы**. Для описания *инерционных* свойств тел вводится понятие **массы**.

7. Сила.

Сила — векторная величина, являющаяся мерой механического действия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет форму и размеры.

Механическое взаимодействие может осуществляться как между непосредственно контактирующими телами (например, при ударе, трении, давлении друг на друга и т. п.), так и между удаленными телами.

Особая форма материи, связывающая частицы вещества в единые системы и передающая с конечной скоростью действие одних частиц на другие, называется **физическим полем** или просто **полем**.

Взаимодействие между удаленными телами осуществляется посредством связанных с ними гравитационных и электромагнитных полей.

Пользуясь понятием силы, в механике обычно говорят о движении и деформации рассматриваемого тела *под действием приложенных к нему сил*. При этом, конечно, каждой силе всегда соответствует какое-то определенное тело или поле, действующее с этой силой.

Сила \vec{F} полностью задана, если указаны ее модуль F , направление в пространстве и точка приложения.

Прямая, вдоль которой направлена сила, называется **линией действия силы**. **Центральными** называются силы, которые всюду направлены вдоль прямых, проходящих через одну и ту же неподвижную точку — *центр сил*, и зависят только от расстояния до центра сил.

Поле, действующее на материальную точку с силой \vec{F} , называется **стационарным полем**, если оно не изменяется с течением времени.

Одновременное действие на материальную точку нескольких сил эквивалентно действию одной силы, называемой **равнодействующей**, или **резльтирующей**, силой и *равной их геометрической сумме*.

Единица силы — ньютон (Н): 1Н — сила, которая массе в 1кг сообщает ускорение 1м/с² в направлении действия силы.

8. Механические системы.

Механической системой называется совокупность материальных точек (тел), рассматриваемых как единое целое.

Тела, не входящие в состав исследуемой механической системы, называются **внешними телами**. Силы, действующие на систему со стороны внешних тел, называются **внешними силами**.

Внутренними силами называются силы взаимодействия между частями рассматриваемой системы.

Механическая система называется **замкнутой**, или **изолированной, системой**, если она не взаимодействует с внешними телами (на нее не действуют внешние силы).

Тело называется **свободным**, если на его положение и движение в пространстве не наложено никаких ограничений, и — **несвободным** — если на его возможные положения и движения наложены те или иные ограничения, называемые в механике **связями**. Несвободное тело можно рассматривать как свободное, заменив действие на него тел, осуществляющих связи, соответствующими силами. Эти силы называются **реакциями связей**, а все остальные силы, действующие на тело, — **активными силами**.

9. Масса.

Масса — физическая величина, одна из основных характеристик материи, определяющая ее инерционные и гравитационные свойства.

Единица массы — килограмм (кг).

Плотностью тела ρ в данной его точке M называется отношение массы dm малого элемента тела, включающего точку M , к величине dV объема этого элемента.

$$\rho = \frac{dm}{dV}$$

10. Импульс.

Векторная величина \vec{p} , равная произведению массы m материальной точки на ее скорость \vec{v} , и имеющая направление скорости, называется **импульсом**, или **количеством движения**, этой материальной точки.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

11. Второй закон Ньютона

Второй закон Ньютона — основной закон динамики поступательного движения — отвечает на вопрос, как изменяется механическое движение материальной точки (тела) под действием приложенных к ней сил.

Ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки (тела):

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{или} \quad \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \dot{\vec{p}}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Более общая формулировка второго закона Ньютона: скорость изменения импульса материальной точки равна действующей на нее силе.

Векторная величина $\vec{F}dt$ называется **элементарным импульсом силы** \vec{F} за **малое** время dt ее действия. Импульс силы за промежуток времени t_1

определяется интегралом $\int_0^{t_1} \vec{F}dt$. Согласно второму закону Ньютона **изменение**

импульса материальной точки равно импульсу действующей на нее силы:

$$d\vec{p} = \vec{F}dt \quad \text{и} \quad \Delta p = p_2 - p_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt$$

Основной закон динамики материальной точки выражает принцип причинности в классической механике — **однозначная связь** между изменением с течением времени состояния движения и положения в пространстве материальной точки и действующими на нее силами, что позволяет, зная начальное состояние материальной точки, вычислить ее состояние в любой последующий момент времени.

12. Принцип независимости действия сил.

В механике большое значение имеет принцип независимости действия сил: если на материальную точку действует одновременно несколько сил, то каждая из этих сил сообщает материальной точке ускорение согласно второму закону Ньютона, как будто других сил не было. Согласно этому принципу силы и ускорения можно разлагать на составляющие, использование которых приводит к существенному упрощению решения задач.

Например, *нормальное и тангенциальное ускорения* материальной точки определяются соответствующими составляющими силы:

$$\begin{aligned} \vec{a}_\tau &= \frac{\vec{F}_\tau}{m}; & a_\tau &= \frac{dv}{dt} = \frac{F_\tau}{m}; & F_\tau &= m \frac{dv}{dt} \\ \vec{a}_n &= \frac{\vec{F}_n}{m}; & a_n &= \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{F_n}{m}; & F_n &= \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R \end{aligned}$$

Сила \vec{F}_n , сообщающая материальной точке *нормальное* ускорение, направлена к центру кривизны траектории и потому называется **центростремительной силой**.

13. Третий закон Ньютона

Всякое действие материальных точек (тел) друг на друга имеет характер взаимодействия; силы с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки.

Эти силы приложены к разным материальным точкам (телам), всегда действуют парами и являются силами одной природы.

Третий закон Ньютона позволяет перейти от динамики отдельной материальной точки к динамике произвольной системы материальных точек, поскольку позволяет свести любое взаимодействие к силам парного взаимодействия между материальными точками.

14. Закон сохранения импульса

Импульс замкнутой системы не изменяется с течением времени (сохраняется):

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

Закон сохранения импульса является следствием однородности пространства: при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел как целого ее физические свойства не изменяются (не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета).

15. Закон движения центра масс.

В механике Ньютона из-за независимости массы от скорости *импульс системы может быть выражен через скорость ее центра масс. **Центром масс** (или **центром инерции**) системы материальных точек называется воображаемая точка C , положение которой характеризует распределение массы этой системы. Ее радиус-вектор равен:*

$$\vec{r}_C = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{m} \quad \left| \begin{array}{l} \text{где } m_i \text{ и } \vec{r}_i \text{ — соответственно масса и радиус-вектор } i\text{-й} \\ \text{материальной точки; } n \text{ — число материальных точек в} \\ \text{системе; } m = \sum_{i=1}^n m_i \text{ — масса системы.} \end{array} \right.$$

В этом случае импульс системы: $\vec{p} = m \frac{d\vec{r}_C}{dt} = m \vec{v}_C$

Закон движения центра масс: центр масс системы движется как материальная точка, в которой сосредоточена масса всей системы и на которую действует сила, равная геометрической сумме всех внешних сил, действующих на систему.

$$m \frac{d\vec{v}_C}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

Из закона сохранения импульса следует, что **центр масс замкнутой системы либо движется прямолинейно и равномерно, либо остается неподвижным.**

16. Силы в механике.

1) Силы тяготения (гравитационные силы).

В системе отсчета связанной с Землей, на всякое тело массой m действует сила:

$$\vec{P} = m \vec{g},$$

называемая **силой тяжести** — сила, с которой тело притягивается Землей. Под действием силы притяжения к Земле все тела падают с одинаковым ускорением $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, называемым **ускорением свободного падения**.

Весом тела — называется сила, с которой тело вследствие тяготения к Земле действует на опору или натягивает нить подвеса.

Сила тяжести действует всегда, а вес проявляется лишь тогда, когда на тело кроме силы тяжести действуют другие силы. Сила тяжести равна весу тела только в том случае, когда ускорение тела относительно земли равно нулю. В противном случае $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$, где \vec{a} — ускорение тела с опорой относительно Земли. Если тело свободно движется в поле силы тяготения, то $\vec{a} = \vec{g}$ и вес равен нулю, т.е. тело будет невесомым.

Невесомость — это состояние тела, при котором оно движется только под действием силы тяжести.

2) Силы упругости возникают в результате взаимодействия тел, сопровождающегося их деформацией.

Упругая сила пропорциональна смещению частицы из положения равновесия и направлена к положению равновесия:

$$\vec{F} = -k\vec{r},$$

где \vec{r} — радиус-вектор, характеризующий смещение частицы из положения равновесия, k — упругость. Примером такой силы является *сила упругости деформации пружины* при растяжении или сжатии:

$$F = -kx,$$

где k — жесткость пружины, x — упругая деформация.

3) Сила трения скольжения возникает при скольжении данного тела по поверхности другого:

$$F_{\text{тр}} = kN,$$

где k — коэффициент трения скольжения, зависящий от природы и состояния соприкасающихся поверхностей; N — сила нормального давления, прижимающая трущиеся поверхности друг к другу. *Сила трения направлена по касательной к трущимся поверхностям в сторону, противоположную движению данного тела относительно другого.*