

Механика.

- Лектор:
- Парахин А.С., к. ф.-м. наук, доцент.

3. Динамика материальной точки.

- 3.1. Понятие силы.
- Определение. Динамикой называется раздел механики, изучающий влияние взаимодействия тел на характер их движения.

Определение силы.

- Основным понятием динамики является сила.
- Определение. Физическая величина, характеризующая направление и интенсивность действия на данное тело других тел и определяющая его ускорение, называется силой, действующей со стороны других тел на данное тело.

Фундаментальные взаимодействия.

- В природе существует 4 вида фундаментальных взаимодействий, к которым сводятся все встречающиеся в природе силы. К таким фундаментальным взаимодействиям относятся следующие.
- Электромагнитное взаимодействие.
- Гравитационное взаимодействие.
- Сильное взаимодействие.
- Слабое взаимодействие.

Принцип суперпозиции.

- Сила есть векторная величина, поэтому, если на тело действует несколько сил, их общий результат определяется векторным сложением отдельных сил.
- Иначе говоря: ускорение, приобретаемое телом под действием суммы сил, равно сумме ускорений, приобретаемых телом под действием каждой из сил в отдельности. Это утверждение и носит название принципа суперпозиции сил.

3.2. Понятие массы.

- Опыт показывает, что чем больше сила, действующая на тело, тем больше ускорение, которое оно получает. Однако одна и та же сила разным телам сообщает разные ускорения. Это означает, что кроме силы ускорение определяется некоторым собственным свойством тел, которое не зависит от силы.

Определение инертности

- Этим свойством тел является т.н. их инертность.
- Определение. Свойство тел сопротивляться ускорению называется инертностью тел.

Отношение ускорений взаимодействующих тел.

- Опыт показывает, что одни тела обладают большей инертностью, другие меньшей. Для характеристики инертности вводится специальное понятие масса тела, как мера инертности. Из опыта также следует, что действие одних тел на другие всегда является взаимодействием.

Отношение ускорений.

- В процессе взаимодействия двух тел ускорение получают оба тела. При этом, в каких бы взаимодействиях они не участвовали, отношение их ускорений остаётся величиной постоянной, не зависящей от интенсивности взаимодействия, т.е.
- $\frac{a_1}{a_2} = \text{const}$

Демонстрация.

- Progr D: Progr E: Progr F: Progr G:

Эксперимент с пробным телом.

- Пусть некоторое тело (назовём его пробным телом) поочерёдно вступает во взаимодействие с двумя другими телами. При этом ускорение, которое получает пробное тело, остаётся неизменным при взаимодействии с разными телами. В результате получим два равенства:
- $\frac{a}{a_1} = \text{const} = m_1, \quad \frac{a}{a_2} = \text{const} = m_2$

Отношение масс.

- Поделив второе уравнение на первое, получим
- $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$
- На этом равенстве и основано определение массы тел.

Определение массы

- Определение. Массой тел называется физическая величина, характеризующая их инертные свойства, являющаяся мерой их инертности и определяемая таким образом, что отношение масс двух взаимодействующих тел равно обратному отношению ускорений, которые они приобретают в результате этого взаимодействия.

Единица измерения массы.

- Данное определение определяет только отношение масс, но не их абсолютные величины. Для определения абсолютного значения масс нужно выбрать некоторое тело в качестве эталона, считать его массу равной единице и с ним сравнивать массы всех остальных тел. В качестве такого эталона договорились выбрать 1 литр чистой дистиллированной воды при температуре 4 градуса Цельсия. Массу этого эталона и стали считать единицей массы и называли килограмм.

Аддитивность массы.

- Опыт показывает, что если тело состоит из нескольких тел, то их общая масса равна сумме масс составляющих частей. Это свойство массы называется аддитивностью. Это свойство выполняется строго в макромире и может нарушаться в микромире, где энергия связи сложных частиц определяется т.н. дефектом масс.

3.3. Законы Ньютона.

- Свободное тело.
- Опыт показывает, что сила взаимодействия тел зависит от расстояния между ними. Причём, для достаточно больших расстояний сила взаимодействия между телами начинает убывать с увеличением расстояния. Так что для достаточно больших расстояний между телами можно считать, что они не взаимодействуют.
- Определение. Тело, достаточно удалённое от других тел, так что другие тела на него не действуют, называется свободным телом.

Свободное тело

- Так что для достаточно больших расстояний между телами можно считать, что они не взаимодействуют.
- Определение. Тело, достаточно удалённое от других тел, так что другие тела на него не действуют, называется свободным телом.

Инерциальные системы отсчёта.

- Определение. Системы отсчёта, телом отсчёта которых является свободное тело, называются инерциальными системами отсчёта.

Первый закон Ньютона.

- Первый закон Ньютона: в инерциальных системах отсчёта тело движется равномерно и прямолинейно или покоится, если на него не действуют другие тела или их действие скомпенсировано.

Второй закон Ньютона.

- Опыт показывает, что в инерциальных системах отсчёта ускорение, которое приобретают тела под действием силы прямо пропорционально величине этой силы и обратно пропорционально его массе. Это утверждение и носит название второго закона Ньютона.

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

Несколько сил

- В том случае, когда на тело действует несколько сил, ускорение тела определяется равнодействующей этих сил, равной геометрической их сумме
- $\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}$

Единицы силы.

- Из второго закона Ньютона следует размерность силы.
- $[F] = [m][a] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$
- Устаревшая единица силы – кГ
- Килограммом силы называется сила тяжести тела массой один килограмм.

Демонстрационный эксперимент.

- [Progr D:](#) [Progr E:](#) [Progr F:](#) [Progr G:](#)

Ускорения взаимодействующих тел

- Если взаимодействуют два тела, то для каждого из них можно написать второй закон Ньютона в форме

- $$\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}_{12}}{m_1}, \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{F}_{21}}{m_2}$$

Третий закон Ньютона.

- Из определения массы можно заключить, что $|\vec{a}_2|m_2 = |\vec{a}_1|m_1$
- Кроме того из опыта следует, что $\vec{a}_2 \updownarrow \vec{a}_1$
- $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Формулировка третьего закона Ньютона.

- Сила, действующая на первое тело со стороны второго при их взаимодействии, равна по величине и противоположна по направлению силе, действующей на второе тело со стороны первого.

Основания механики

- Все три закона Ньютона вместе составляют основные постулаты классической механики, как постулаты Евклида обосновывают евклидову геометрию.

3.4. Импульс материальной точки. Закон изменения и сохранения импульса.

- Определение. Произведение массы тела на его скорость называется импульсом этого тела и обозначается .
- $\vec{p} = m\vec{v}$

Следствия из определения.

- Из определения импульса следует, что импульс есть векторная величина. Его направление совпадает с направлением скорости. Размерность импульса определяется размерностью массы и скорости
- $[p] = m[v] = \text{кг} \cdot \text{м/с}$

Следствия из второго закона Ньютона

- Из второго закона Ньютона и определения ускорения следует:
- $m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

Закон изменения импульса м.

Т.

- В том случае, когда масса тела остаётся постоянной величиной, этот закон можно записать по-новому, внося массу под знак производной

- $\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ или $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

Формулировка закона изменения импульса.

- $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$
- Это утверждение и называется законом изменения импульса материальной точки. Оно гласит. Скорость изменения импульса материальной точки равна равнодействующей всех сил, действующих на неё.

Следствия из закона изменения импульса.

- В том случае, когда равнодействующая всех сил равна нулю
- $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$
- из закона изменения импульса следует
- $\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \implies \vec{p} = \text{const}$

Закон сохранения импульса

- $\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \implies \vec{p} = \text{const}$
- Это утверждение носит название закона сохранения импульса для материальной точки. Оно гласит: если равнодействующая всех сил равна нулю, импульс материальной точки остаётся постоянным и по величине и по направлению.