

Закон сохранения импульса.
Реактивное движение.

Импульс тела (материальной точки) представляет собой векторную величину, равную произведению массы тела на скорость тела:

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

Направление импульса всегда совпадает с направлением скорости, так как $m > 0$, то $\vec{p} \parallel \vec{v}$

Единица измерения импульса $[p] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

Произведение силы на время её действия называется импульсом силы.

Направления $\Delta\vec{p}$ и \vec{F} совпадают.

Второй закон Ньютона в импульсной форме.

Изменение импульса тела (материальной точки) равно импульсу действующей на него силы:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$$

Импульс тела равен сумме импульсов отдельных его элементов:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$$

Импульс обладает особым свойством - сохраняться.

- Силы, с которыми взаимодействуют тела системы друг с другом, называются внутренними, а силы, создаваемые телами, которые не принадлежат этой системе, являются внешними силами.
- Система, в которой внешние силы не действуют или сумма внешних сил равна нулю, называется замкнутой.

- Полный импульс тел сохраняется, в замкнутой системе тела могут только обмениваться импульсами.
- Столкновение тел представляет собой взаимодействие тел при их относительном перемещении. Абсолютно неупругий удар - это столкновение двух тел, которые объединяются и движутся дальше как одно целое.
- Закон сохранения импульса при неупругом ударе:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

- Абсолютно упругий удар - столкновение тел, при котором тела не соединяются в одно целое и их внутренние энергии остаются неизменными.
- Закон сохранения импульса при упругом ударе:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2.$$

- Закон сохранения импульса.
- Если внешние силы на систему не действуют или их сумма равна нулю, то импульс системы остается неизменным:

$$\Delta \vec{p} = \text{const.}$$

Задача 1

Тело свободно падает без начальной скорости. Изменение модуля импульса этого тела за промежуток времени 2 с равно $10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Чему равна масса тела?

Решение

Дано: $\Delta t = 2 \text{ с}$; $g \approx 10 \text{ м/с}^2$; $\Delta p = 10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

Найти: m .

Решение:

$v_0 = 0$, т.к. тело свободно падает. Запишем второй закон Ньютона в импульсной форме: $\Delta p = F \Delta t$,

$F = mg$ – т.к. при свободном падении действует только сила тяжести,

тогда $\Delta p = mg \Delta t$, откуда: $m = \frac{\Delta p}{g \Delta t}$

Делаем расчёт:

Ответ: $m = 0,5 \text{ кг}$.

$$m = \frac{10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}}{\frac{10 \text{ м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ с}} = 0,5 \text{ кг.}$$

Задача 2

Тело массой 400 г изменяет свои координаты по закону:

$$x = 2 + 4t + 2t^2(\text{м})$$

Тело будет иметь импульс 8 Н·с после начала движения за промежуток времени равный _____?

Решение

Дано:

$$m = 40 \text{ кг}, \quad x = 2 + 4t + 2t^2; \text{Н}\cdot\text{с}$$

Найти: t .

Решение:

Записываем формулу импульса:

$$p = mv,$$

скорость равна 1-й производной от x по времени:

$$v = x'(t) = 4 + 4t$$

Из 1-й формулы скорость равна: $v = p/m$

$$4 + 4t = 8 / 0,4,$$

$$4t = 20 - 4 = 16,$$

$$t = 16 / 4,$$

$$t = 4 \text{ с.}$$

Ответ: $t = 4 \text{ с.}$

Реактивное движение

Движение тела, которое возникает при отделении с определённой скоростью какой-либо его части, называется реактивным.

- При реактивном движении возникает сила, которая называется реактивной.
- Согласно закону сохранения импульса: импульс вырывающихся газов равен импульсу ракеты.
- Закон сохранения импульса позволяет оценить скорость ракеты.
- Закон сохранения импульса для реактивного движения:

$$m_{\Gamma} v_{\Gamma} = m_{\text{p}} v_{\text{p}}$$

откуда скорость ракеты:

$$v_{\text{p}} = \frac{m_{\Gamma}}{m_{\text{p}}} v_{\Gamma}$$

Скорость ракеты тем больше, чем больше скорость выбрасываемых газов и отношение массы топлива к массе ракеты. Эта формула справедлива для случая мгновенного сгорания топлива. На самом деле топливо сгорает постепенно, т.к. мгновенное сгорание приводит к взрыву.

Реактивные двигатели делятся на два класса: ракетные и воздушно-реактивные. Воздушно-реактивные в основном используют на самолётах.

Задача 3

Чему равна реактивная сила тяги двигателя, выбрасывающего каждую секунду 15 кг продуктов сгорания топлива со скоростью 3 км/с относительно ракеты?

Решение

Дано: $m = 15$ кг, $v = 3$ км/с = 3000 м/с, $\Delta t = 1$ с. Найти F .

Решение:

Записываем 2-й закон Ньютона в импульсной форме: $F \Delta t = m (v - v_0)$. Перед стартом скорость ракеты равна 0: $v_0 = 0$. Выразим силу: $F = mv/\Delta t$, сделаем расчёт: $F = (15 \text{ кг} \cdot 3000 \text{ м/с}) / 1 \text{ с} = 45000 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2 = 45000 \text{ Н}$.

Ответ: $F = 45000 \text{ Н}$.

Задача 4

Из пороховой ракеты, летящей со скоростью 16 м/с, вылетают продукты сгорания массой 24 г со скоростью 600 м/с. Вычислите массу ракеты.

Решение

Дано: $v_1 = 16 \text{ м / с}$, $m_2 = 24 \text{ г} = 0,024 \text{ кг}$, $v_2 = 600 \text{ м/с}$. Найти m_1 .

Решение:

Запишем закон сохранения импульса для реактивного движения:

$m_1 v_1 = m_2 v_2$, выразим массу ракеты: $m_1 = m_2 v_2 / v_1$.

Делаем расчёт: $m_1 = (0,024 \text{ кг} \cdot 600 \text{ м/с}) / 16 \text{ м / с} = 0,9 \text{ кг}$. Ответ: $m_1 = 0,9 \text{ кг}$.