

Инерциальная система  
отсчета.

Законы динамики

Если тело относительно определённой инерциальной системы отсчёта движется с постоянной скоростью  $v_1$ , то это тело согласно закону сложения скоростей будет двигаться с некоторой новой, но также постоянной скоростью  $\overline{v_2}$

$$\overrightarrow{v_2} = \overrightarrow{v_1} + \vec{v}$$

Все механические процессы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

Инвариантность означает неизменность физической величины или закона при определённых преобразованиях условий.

Инвариантными при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой является ускорение, масса и сила.

Также инвариантными будут законы Ньютона.

Величины, изменяющиеся при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой, являются относительными (неинвариантными). Кинематические величины, такие, как скорость, перемещение, траектория движения — примеры относительных величин

# Задание 1

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.

## Задание 2

Какая из физических характеристик не меняется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой?

Ускорение

Траектория

Перемещение

Кинетическая энергия

## Задание 3

Единицей измерения какой физической величины является Ньютон?

- Силы,
- Массы,
- Работы,
- Энергии.

## Задание 4

На тело действует сила тяжести  $30\text{ Н}$  и сила  $40\text{ Н}$ , направленная горизонтально. Каково значение модуля равнодействующих этих сил?



# Решение

$$R = \sqrt{(F_1^2 + F_2^2)} = \sqrt{(30^2 + 40^2)} = 50 \text{ Н}$$

Масса - физическая величина, одна из основных характеристик материи, определяющая ее инерциальные и гравитационные свойства.

Способы измерения массы: 1) сравнение с эталоном; 2) взвешивание на весах. В классической механике масса - аддитивная величина; не зависит от рода взаимодействия и скорости движения тела.

Сила - мера взаимодействия тел. Атрибуты силы: точка приложения силы, линия действия силы, модуль силы.

Первый закон Ньютона (закон инерции): если на тело не действуют другие тела, то тело движется прямолинейно и равномерно.

Особенности первого закона Ньютона: указывает на существование инерциальных систем отсчета; равнодействующая всех сил равна нулю:  $F = 0$ .

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

Второй закон Ньютон: ускорение тела прямо пропорционально силе, действующей на него, и обратно пропорционально его массе:  $a = F/m$ .

Другая запись формулы второго закона Ньютона (основное уравнение динамики):  $F = ma$ .

Формулировка второго закона Ньютона для системы тел: приращение импульса  $\Delta P_{\text{системы тел}}$  равно по величине и по направлению импульсу внешних сил  $F_{\text{вн}}$ , действующих на тело, за то же время:  $\Delta p = (F \Delta t)_{\text{сист}}$ .

Особенности второго закона Ньютона: выполняется в инерциальных системах отсчета; скорость тела мала по сравнению со скоростью света; макрообъекты; постоянная масса; справедлив для любых сил; сила - причина, ускорение – следствие; вектор ускорения  $a$  сонаправлен с вектором  $F$ .

Согласно третьему закону Ньютона тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению:

$$F_{12} = -F_{21}$$

Особенности третьего закона Ньютона: выполняется в инерциальных системах отсчета; силы всегда действуют парами; силы являются силами одной природы; силы не уравновешивают друг друга; выполняется для всех сил в природе

# Задание 1

- Вставьте в текст пропущенные слова из следующего ряда: действие, скорость, направление, деформация, нагревание.
- Сила характеризует (\_\_\_\_\_) одного тела на другое, в результате которого изменяется (\_\_\_\_\_) тела или происходит (\_\_\_\_\_) тел.

## Задание 2

Автомобиль массой 0,5 т. разгоняется с места равноускоренно и достигает скорости 40 м/с за 20 с. Равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль равна \_\_\_ кН.

# Решение

При  $V_0=0$  ускорение автомобиля равно:

$$a = v / \Delta t$$

Следовательно, равнодействующая сила по второму закону Ньютона равна:

$$F = ma = mv/\Delta t$$

Проверка размерностей:  $F = \text{кг} \times \text{м/с} \times \text{с}^{-1} = [\text{Н}]$

$$F = 500 \text{ кг} \times (40 \text{ м/с}) / (20 \text{ с}) = 1000 \text{ Н} = 1 \text{ кН}$$

Ответ:  $F = 1 \text{ кН}$ .



# Закон всемирного тяготения

Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$F$  – модуль вектора силы гравитационного притяжения между телами с массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящимися на расстоянии  $r$  друг от друга.

$G$  – это коэффициент, который называется гравитационной постоянной

Измерения показывают, что

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$

**Первая космическая скорость** - минимальная скорость, которую надо сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно стало спутником Земли, движущимся по орбите.

$$m\vec{a}_{\text{цс}} = \vec{F}$$

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2};$$

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R};$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}};$$

$$F = \frac{GMm}{R^2}, \text{ где } M - \text{ масса Земли.}$$

$$v_1 \approx 8 \text{ км/с.}$$

# Задание 1

На столе несколько гвоздиков, кнопка, ластик, карандаш. На какие из этих тел действует одинаковые силы тяжести?

- 1) на ластик и карандаш;
- 2) на гвозди;
- 3) на кнопку и карандаш;
- 4) на все эти тела.

## Задание 2

Чему равна сила тяжести, действующая на мяч массой 100 г, если он находится на космическом корабле? Космический корабль движется на высоте 1600 км над поверхностью Земли. Радиус Земли 6400 км. Масса Земли равна  $6 \cdot 10^{24}$  кг.

## Решение

$$F = g \cdot m = G \frac{M_3}{(R + h)^2} m$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 0,1 \text{ кг}}{(6400000 + 1600000)^2} \approx 0,63 \text{ Н}$$