

12. Второй закон Ньютона

§02

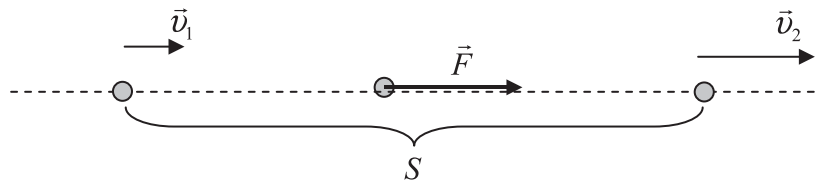
В соответствии с представлениями Галилея, для того чтобы тело стало ускоряться, на него должна действовать сила. При каких условиях тело будет двигаться равноускоренно? Как можно управлять ускорением с помощью силы? Как зависит ускорение от действующей на тело силы?

1-04

Сначала вспомним, как движется изолированная частица. Если частица находится вдали от других частиц-источников полей, можно считать, что на нее не действуют силы. В соответствии с законом инерции Галилея (иногда его называют первым законом Ньютона) такая частица движется равномерно и прямолинейно или покоится. В качестве примера можно указать на молекулу разреженного газа, которая находится достаточно далеко от других молекул (силу тяжести, действующую на молекулу, не учитываем, а также пренебрегаем действием электрических и магнитных полей). Такая частица будет двигаться равномерно и прямолинейно до тех пор, пока не окажется вблизи другой частицы. Равномерно и прямолинейно движется космический корабль, который вдали от массивных тел несется в пустоте с выключенными двигателями.

Для решения следующей задачи примем без доказательства достаточно правдоподобное утверждение: частица, на которую действует постоянная сила, движется с постоянным ускорением.

Задача. Изолированная частица массой m движется со скоростью v_1 . В некоторый момент времени t_1 она попадает в однородное поле, где на нее начинает действовать сила F , сонаправленная скорости частицы (см. рис.).



Найти: а) скорость v_2 , с которой будет двигаться частица в момент времени $t_2 > t_1$; б) путь S , который пройдет частица за промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$; в) ускорение частицы.

Решение. У нас нет готового способа решения этой задачи, поэтому сначала запишем все формулы, которые могут нам пригодиться:

§26

1. Определение работы постоянной силы F на пути S : $A = F \cdot S$ (1)

§05

2. Теорема об изменении кинетической энергии: $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ (2)

§11

3. Средняя скорость при равноускоренном движении: $v_{\text{cp}} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ (3)

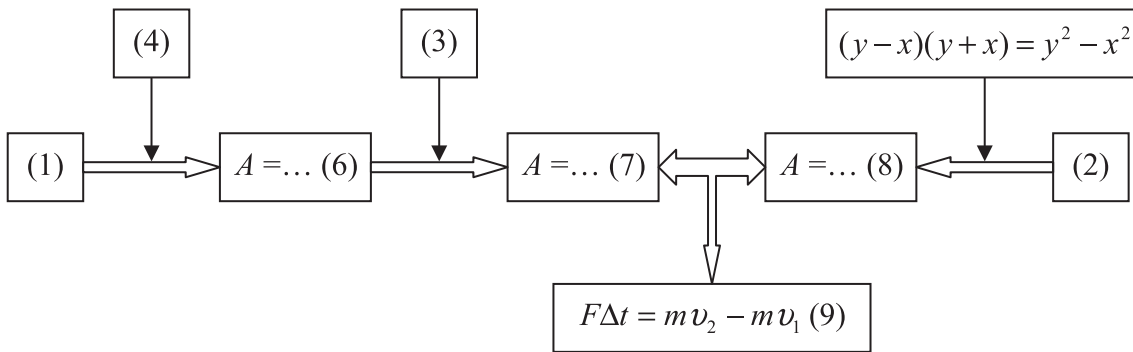
4. Пройденный путь со средней скоростью v_{cp} время Δt : $S = v_{\text{cp}} \cdot \Delta t$ (4)

§22

5. Определение ускорения при равноускоренном движении: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ (5)

?!

Воспользуйтесь предложенной схемой и получите новые формулы:



Из (9) выразим искомую скорость: $v_2 = v_1 + \frac{F}{m}(t_2 - t_1)$ (10)

Преобразуем формулу (5) к похожему виду: $v_2 = v_1 + a \cdot (t_2 - t_1)$ и сравним с (10).

Итак, мы видим, что ускорение частицы равно: $a = \frac{F}{m}$ (11)

Воспользуйтесь формулами (3), (4) и (10) и получите:

$$S = v_1(t_2 - t_1) + \frac{F}{2m}(t_2 - t_1)^2$$

Используя полученные формулы, решите задачу.



И. Ньютон
(1642–1727)

Задача. Пластилиновый шарик без начальной скорости падает с высоты 20 м. Считая, что на него действует только сила тяжести $F = mg$ ($g \approx 10$ Н/кг), найти: а) ускорение шарика; б) скорость шарика через 1 с, 2 с, 3 с; в) путь, пройденный шариком за первую секунду, за вторую секунду, за третью секунду, за две секунды (за первую и вторую вместе), за три секунды; г) среднюю скорость за первую секунду, за вторую секунду, за третью секунду, на всем пути. Построить графики зависимости: а) ускорения от времени; б) скорости от времени; в) пути от времени.

Формулы (9) и (11) играют в физике настолько важную роль, что получили статус закона. Этот закон, получивший название второго закона **Ньютона**, принято записывать двумя способами:

$$\vec{F}\Delta t = \Delta \vec{p}, \text{ где } \vec{p} = m\vec{v} - \text{импульс тела}$$

Импульс действующей на тело силы равен изменению импульса тела.

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

Ускорение тела прямо пропорционально приложенной к телу силе и обратно пропорционально массе тела.

В международной системе единиц (СИ) сила измеряется в ньютонах:

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

Прочитайте выдержки из книги **И. Ньютона** «Математические начала натуральной философии». Какая из приведенных выше формулировок ближе к ньютоновской? Как мы сейчас называем физическую величину, которая прежде называлась количеством движения? Что называется импульсом силы?

