



## § 13. СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ ТЕЛ

- **Свободным падением называется движение тел под действием силы тяжести**
- Падение тел, наблюдаемое нами в повседневной жизни, строго говоря, не является свободным, поскольку помимо силы тяжести на тела действует сила сопротивления воздуха. Но если сила сопротивления пренебрежимо мала по сравнению с силой тяжести, то движение тела очень близко к свободному (как, например, при падении маленького тяжёлого гладкого шарика).
- Тела падают свободно в безвоздушном пространстве, например внутри сосуда, из которого откачан воздух.
- Поскольку сила тяжести, действующая на каждое тело вблизи поверхности земли, постоянна, то свободно падающее тело должно двигаться с постоянным ускорением, т. е. равноускоренно (это следует из второго закона Ньютона).



- **Ускорение свободного падения — ускорение, с которым движется тело во время свободного падения**

Существуют способы определения числового значения  $g$  с большей точностью (например, до  $0,00001 \text{ м/с}^2$ ). Но при решении задач школьного курса физики, где не требуется высокой точности результата, обычно используют значение  $9,8 \text{ м/с}^2$  или даже  $10 \text{ м/с}^2$ .

Свободное падение описывается теми же формулами, что и любое равноускоренное движение. Например, при падении из состояния покоя проекции векторов скорости и перемещения рассчитываются по формулам  $v_x = a_x t$ ,

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2},$$

если начальная скорость не равна нулю, то

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

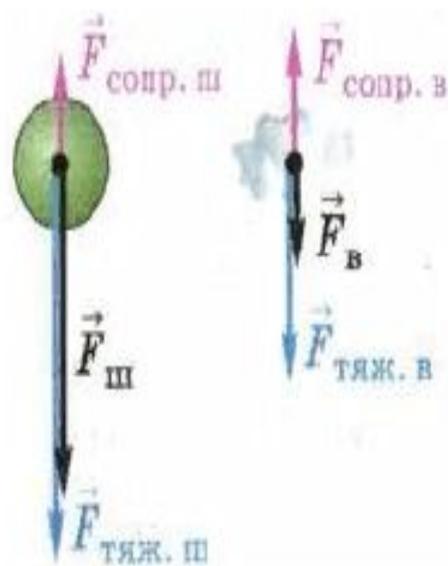
и т. д. Только вместо  $a_x$ , обозначающего проекцию произвольного ускорения, ставят  $g_x$ , подчёркивая тем самым, что любое свободно падающее тело движется с ускорением свободного падения. Поэтому формулы выглядят так:

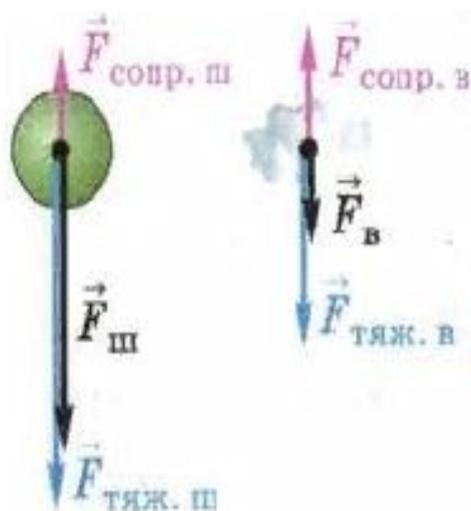
$$v_x = g_x t, \quad s_x = \frac{g_x t^2}{2}, \quad s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2g_x}.$$

При движении тела вниз векторы ускорения свободного падения, скорости и перемещения направлены в одну и ту же сторону, поэтому их проекции имеют одинаковые знаки.



Если рассматривать, например, падение в воздухе маленького тяжёлого шарика (рис. 30, а), то силой сопротивления воздуха можно пренебречь по сравнению с действующей на шарик силой тяжести и с некоторым приближением считать, что шарик свободно падает. Из рисунка видно, что равнодействующая ( $F_{\text{в}}$ ) сил тяжести и сопротивления воздуха, придающая шарiku ускорение, мало отличается от силы тяжести ( $F_{\text{тяж. в}}$ ), поэтому шарик движется с ускорением, близким к  $g$ .

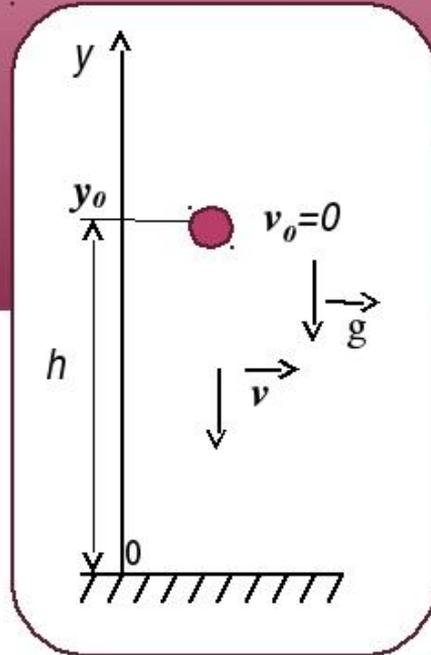




**Рис. 30. В воздухе падение шарика допустимо считать свободным, а кусочка ваты — нет**

Но падение в воздухе кусочка ваты (рис. 30, б) никак нельзя считать свободным, так как в этом случае сила сопротивления составляет значительную часть от силы тяжести и равнодействующая сила ( $F_{\text{в}}$ ) значительно меньше силы тяжести ( $F_{\text{тяж. в}}$ ). Поэтому кусочек ваты падает в воздухе с гораздо меньшим ускорением, чем при свободном падении.

## Свободное падение тел



$$s_y = v_{0y}t + g_y t^2 / 2$$
$$y = y_0 + v_{0y}t + g_y t^2 / 2$$

Свободное падение

Анализируем рисунок

$$a = g, \quad s = h,$$
$$v_0 = 0, \quad g_y = -g, \quad y_0 = h$$

Работаем с формулами

$$v_y = v_{0y} + g_y t$$
$$-v = 0 - gt \quad \boxed{v = gt}$$

$$-h = -gt^2 / 2 \quad \boxed{h = gt^2 / 2}$$

$$\boxed{y = h - gt^2 / 2}$$

Равноускоренное движение

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

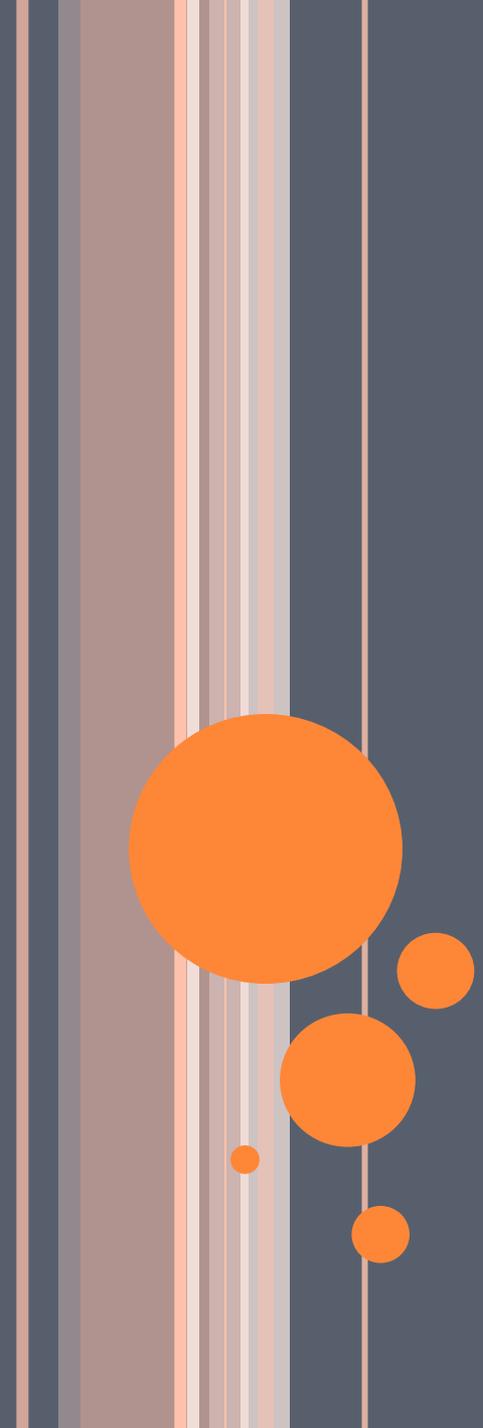
$$\boxed{v_y = v_{0y} + a_y t}$$

$$s_x = v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$\boxed{s_y = v_{0y} t + a_y t^2 / 2}$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + a_x t^2 / 2$$

$$\boxed{y = y_0 + v_{0y} t + a_y t^2 / 2}$$

A decorative vertical bar on the left side of the slide, featuring a gradient from dark blue to light blue and several orange circles of varying sizes. The text is positioned to the right of this bar.

§ 14. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО  
ВЕРТИКАЛЬНО ВВЕРХ. НЕВЕСОМОСТЬ

Сила тяжести действует на все тела на Земле: покоящиеся и движущиеся, находящиеся на поверхности Земли и вблизи неё.

Тело, свободно падающее на землю, движется равноускоренно с возрастающей скоростью, поскольку его скорость сонаправлена с силой тяжести и ускорением свободного падения.

Тело, подброшенное вверх, при отсутствии сопротивления воздуха тоже движется с постоянным ускорением, вызванным действием силы тяжести. Но в этом случае начальная скорость  $v_0$ , которую телу придали при броске, направлена вверх, т. е. противоположно силе тяжести и ускорению свободного падения. Поэтому скорость тела уменьшается (за каждую секунду — на величину, численно равную модулю ускорения свободного падения, т. е. на 9,8 м/с).

Через определённое время тело достигает наибольшей высоты и на какой-то момент останавливается, т. е. его скорость становится равной нулю. Понятно, что чем большую начальную скорость получило тело при броске, тем больше будет время подъёма и тем на большую высоту оно поднимется к моменту остановки.

Затем под действием силы тяжести тело начинает равноускоренно падать вниз.

При решении задач на движение тела вверх при действии на него только силы тяжести используют те же формулы, что и при прямолинейном равноускоренном движении с начальной скоростью  $v_0$ , только  $a_x$  заменяют  $g_x$ :

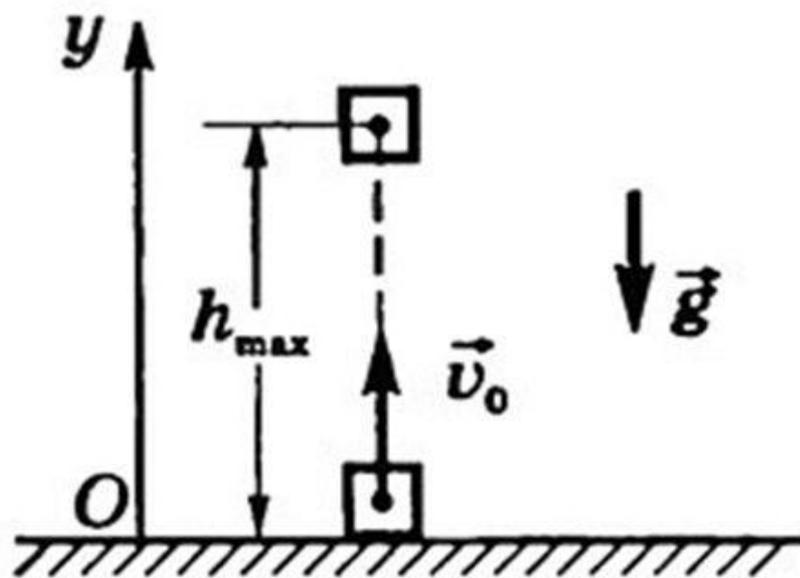
$$v_x = v_{0x} + g_x t \quad \text{и} \quad s_x = v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2}.$$

При этом учитывают, что при движении вверх вектор скорости тела и вектор ускорения свободного падения направлены в противоположные стороны, поэтому их проекции всегда имеют разные знаки.

Если, к примеру, ось  $X$  направлена вертикально вверх, т. е. сонаправлена с вектором скорости, то  $v_x > 0$ , значит,  $v_x = v$ , а  $g_x < 0$ , значит,  $g_x = -g = -9,8 \text{ м/с}^2$  (где  $v$  — модуль вектора мгновенной скорости, а  $g$  — модуль вектора ускорения).

Если же ось  $X$  направлена вертикально вниз, то  $v_x < 0$ , т. е.  $v_x = -v$ , а  $g_x > 0$ , т. е.  $g_x = g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

## Движение тела, брошенного вертикально вверх с $\vec{v}_0$



Движение тела описывается уравнениями:

$$v_y = v_0 - gt,$$

$$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Тело движется равнозамедленно вверх, достигает максимальной высоты, а затем движется равноускоренно вниз. Учитывая, что при

$y = h_{\max}$  скорость  $\mathbf{u}_y = \mathbf{0}$  и в момент достижения телом начального положения  $y = 0$ , можно найти:

$$t_1 = \frac{v_0}{g}$$

— время подъема тела на максимальную высоту;

Равноускоренное движение	Свободное падение	Движение тела, брошенного вертикально вверх
$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$	$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$	$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$
$v_x = v_{x0} + a_x t$	$v_y = v_{0y} + gt$	$v_y = v_{0y} - gt$
$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$	$\vec{h} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$	$\vec{h} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$
$s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$	$y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$
$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{gt^2}{2}$	$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}$

Снаряд зенитной пушки, выпущенный вертикально вверх со скоростью 800 м/с, достиг цели через 6 с. На какой высоте находился самолет противника и какова скорость снаряда при достижении цели?

№197,  
Рымкевич

Дано:

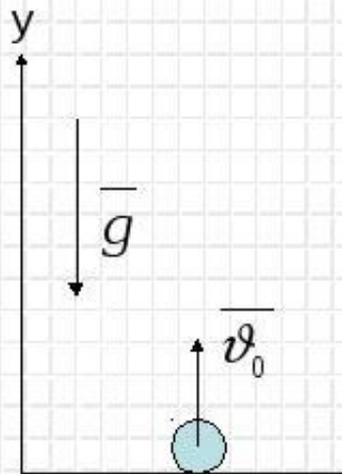
$$v_0 = 800 \text{ м/с}$$

$$t = 6 \text{ с}$$

$h - ?$

$v - ?$

Решение:



$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v = v_0 - gt$$

$$v = 800 - 10 \cdot 6 = 740 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$h = 800 \cdot 6 - \frac{10 \cdot 6^2}{2} = 4800 - 180 = 4620 \text{ (м)}$$

Ответ:  $h = 4620 \text{ м}$ ,  $v = 740 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Какую начальную скорость надо сообщить камню при бросании его вертикально вниз с моста высотой 20 м, чтобы он достиг поверхности воды через 1 с?

№190,  
Рымкевич

Дано :

$$h = 20 \text{ м}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$y_0 = 0$$

---

$$g_0 = ?$$

Решение:

$$h = y_0 + g_0 t + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h = g_0 t + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow$$

$$g_0 t = h - \frac{gt^2}{2} \quad g_0 = \frac{h}{t} - \frac{gt}{2}$$

$$g_0 = \frac{20}{1} - \frac{10 \cdot 1}{2} = 15 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Ответ :  $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

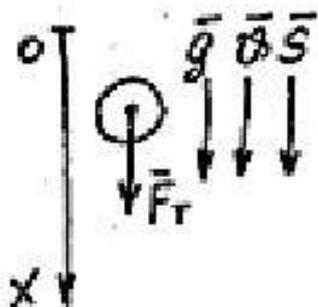
## Задача 1

Шишка, висевшая на ели, оторвалась и за 2 секунды достигла земли.

На какой высоте висела шишка?

Какую скорость она имела у самой земли?

Дано:  
 $t = 2\text{c}$   
 $v_0 = 0$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $h = S = ?$   
 $v = ?$



Решение:

$$S_x = \frac{g \times t^2}{2}$$

$$S_x = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (2\text{c})^2}{2} = 20\text{м}$$

$$S = |S_x| = 20\text{м}$$

$$v_x = g \times t$$

$$v_x = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{c} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- **Сделать конспект по презентации** (переписывать все не нужно, только самое основное)
- **Решить задачи ниже:**
- Задача 1.
- С балкона 8-го этажа здания вертикально вниз бросили тело, которое упало на землю через 2 с и при падении имело скорость 25 м/с. Какова была начальная скорость тела?
- Задача 2
- Какой высоты достигнет мяч, брошенный вертикально вверх со скоростью 20 м/с? Сколько времени для этого ему понадобится?
- Задача 3
- Мяч бросили вертикально вверх со скоростью 15 м/с. Через какое время он будет находиться на высоте 10 м?

