

*Step 16. Движение тела, брошенного вертикально вверх*



*Задача 28. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 40 м/с.*

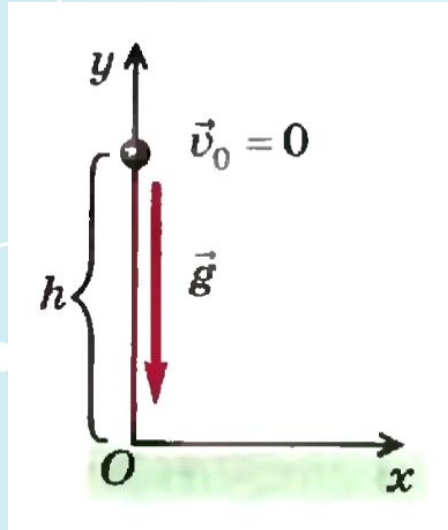
- а) Сколько времени длится подъем тела?*
- б) Сколько времени длится полёт тела до падения на землю?*
- в) Какой высоты достигло тело в полёте?*

*Рассуждения. Свободное падение мы описывали формулой (8)*

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

*Подъём тела вверх – тоже равнопеременное движение, как и свободное падение вниз. Но при свободном падении ускорение  $g$  совпадало с направлением движения тела и разгоняло его. Свободное падение тела – это равноускоренное движение. При подъёме ускорение свободного падения  $g$  направлено противоположно направлению движения тела. Оно замедляет движение. Свободный подъём тела вверх – есть равнозамедленное движение.*

*При подъёме вверх мы так же пренебрегаем сопротивлением воздуха, поэтому я назвал подъём (по аналогии с падением) свободным.*



*При свободном падении текущая координата  $y$  в формуле (8) указывала место тела в конце падения и во многих заданиях равнялась нулю, когда тело падало на поверхность земли. При свободном подъёме текущая координата  $y$  никогда не будет равна нулю – она покажет высоту взлёта тела. А с начальной координатой  $y_0$  ситуация обратная. При свободном падении она указывала на высоту воздушного шара или вертолёта, на высоту, с которой начинало падать тело.*

*При свободном подъёме она будет равняться нулю, если тело брошено с поверхности земли. Может быть и не нуль, если тело брошено с крыши дома или, например, балкона, но по любому это будет самая низкая точка на траектории взлетающего объекта.*

*Проекция начальной скорости на ось  $y$   $v_{0y}$  во многих задачах тоже равнялась нулю. Как, например, в задаче про мешок с песком, оторвавшийся от неподвижно зависшего воздушного шара. Мы тогда говорили, что если бы шар поднимался или опускался, либо пассажир в корзине шара бросил мешок вверх или вниз – то начальная скорость была бы отлична от нуля. Но в большинстве задач она равна нулю по умолчанию, подразумевается в условии, что падение начинается с нулевой скоростью.*

*А при свободном подъёме начальная скорость обязательно не равна нулю! Иначе, почему бы тело стало подниматься? Она обязательно отлична от нуля и обязательно направлена вверх, в положительном направлении оси у, то есть обязательно имеет знак плюс!*

*А конечная скорость? Мы её находили из определительной формулы ускорения*

$$g = \frac{v_y - v_{y0}}{t}$$

*При свободном падении конечная скорость – это максимальная скорость, которую разгоняющееся тело достигало в конце падения. А при свободном подъёме конечная скорость будет равна нулю: да, тело замедлялось, замедлялось, и на какой-то высоте остановилось совсем.*

*Могут, видимо, встретиться задачи, где конечная скорость отлична от нуля. Например, тело не достигло максимальной высоты подъёма, упёрлось в какую-то преграду. Но в большинстве случаев она равна нулю.*

*Что же касается ускорения свободного падения  $g$ , то оно всегда (хоть при падении, хоть при подъёме) направлено вертикально вниз и имеет постоянное значение.*

*Условие задачи забыл уже?*



**Задача 28.** Тело брошено вертикально вверх со скоростью 40 м/с.

- Сколько времени длится подъем тела?
- Сколько времени длится полёт тела до падения на землю?
- Какой высоты достигло тело в полёте?

**Решение задачи.**

**Дано:**  $v_{0y} = 40$  м/с;  $v_y = 0$

**Время подъёма найдём из определительной формулы ускорения**

$$t = \frac{v_y - v_{y0}}{-g} = \frac{0 - v_{y0}}{-g} = \frac{-40}{-10} = 4 \text{ с}$$

*Обратим внимание, что ускорение свободного падения мы записали хоть и без индекса  $y$ , но с учётом знака – ускорение свободного падения направлено вниз, то есть противоположно положительному направлению оси  $y$ .*

*Высоту подъёма (это третье задание) найдём по формуле (8)*

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 0 + 40 \cdot 4 - \frac{10 \cdot 4^2}{2} = 160 - 80 = 80 \text{ м}$$

*А чтобы найти общее время полёта, надо ко времени подъёма (которое мы уже нашли) прибавить время падения. Время падения мы найдём по формуле свободного падения (8), но в ней начальная координата будет равна 80 м (высоте максимального подъёма); конечная координата равна 0 (упал на землю); начальная скорость равна нулю (тело остановилось на высоте 80 м и из состояния покоя стало падать).*



$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = 80 + 0 - \frac{gt^2}{2}$$

$$\frac{gt^2}{2} = 80$$

$$t = \sqrt{\frac{80 \cdot 2}{g}} = \sqrt{16} = 4c$$

*Получили так же 4 секунды, как и время подъёма. Таким образом, от момент броска до момента падения на землю тело находилось в полёте  $4+4=8$  секунд.*

*Ответы: 4с; 8 с; 80 м*

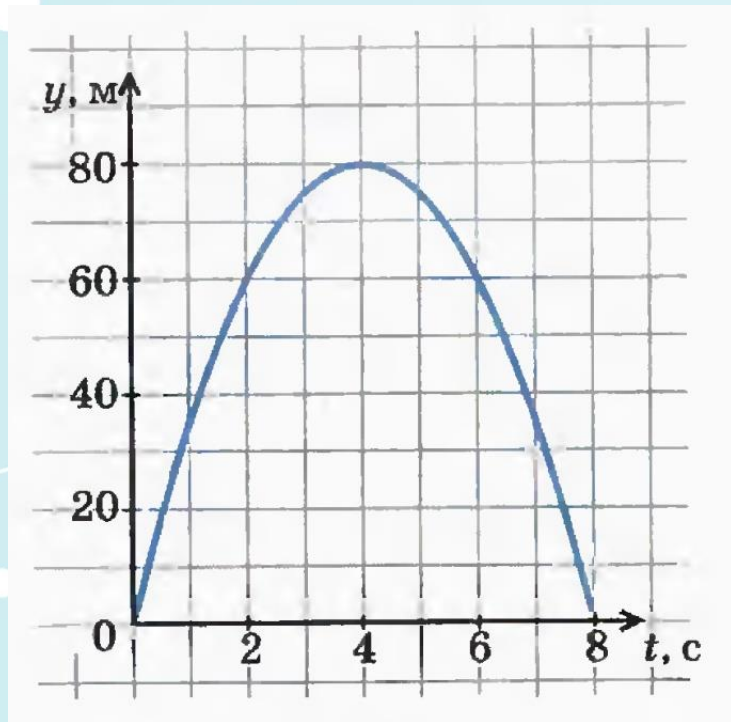
*Интересно, случайно ли так вышло, что время подъёма и время падения с этой высоты оказались одинаковыми? Или есть какая-то закономерность.*

*Если взять формулу (8); подставить в неё исходные данные*

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = 40t - 5t^2,$$

*а затем найти точки и построить график,*

|          |          |           |           |           |           |           |           |           |          |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <i>t</i> | <i>0</i> | <i>1</i>  | <i>2</i>  | <i>3</i>  | <i>4</i>  | <i>5</i>  | <i>6</i>  | <i>7</i>  | <i>8</i> |
| <i>y</i> | <i>0</i> | <i>35</i> | <i>60</i> | <i>75</i> | <i>80</i> | <i>75</i> | <i>60</i> | <i>35</i> | <i>0</i> |



*мы сделаем небольшое открытие. Свободный подъём и свободное падение - зеркально симметричные явления. Сколько времени длился подъём – столько же времени длилось и падение. Какова была стартовая скорость при броске – такова же будет и конечная скорость при падении. Тело будет на одной и той же высоте за две секунды до максимального подъёма и через две секунды после начала падения (например). Высота подъёма зависит от начальной скорости. А при падении конечная скорость зависит от высоты падения.*

*Такое свойство симметрии применялось киношниками в докомпьютерную эру для создания спецэффектов. В фильме «Морозко» удалые разбойнички взлетают в прыжке на 2-3 метра на ветви могучего дуба. На самом деле снимали их спрыгивание вниз, а потом киноплёнку прокрутили в обратном направлении.*

