

Перейдем в систему отсчета, связанную с первым телом и движущуюся поступательно относительно лаборатории. В этой системе положение точки 2 в любой момент времени определяется вектором

$$\vec{r}'(t) = \vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t) = (\vec{r}_{02} - \vec{r}_{01}) + (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)t. \quad (*)$$

Отсюда следует, что в подвижной системе отсчета точка 2 движется по прямой, проходящей через начальное положение точки, определяемое равенством  $\vec{r}'_0 = \vec{r}_{02} - \vec{r}_{01}$ , а направляющим вектором прямой является относительная скорость  $\vec{v}' = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ . Рисунок 2 наглядно иллюстрирует приведенные соотношения.

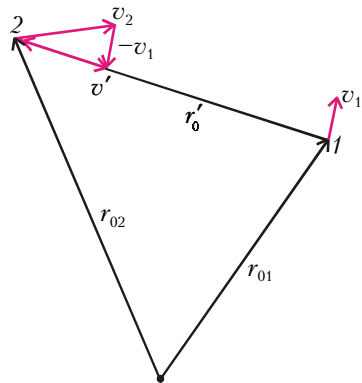


Рис. 2

При произвольных абсолютных скоростях  $v_1$  и  $v_2$  соотношение (\*) описывает пучок прямых, проходящих через начальную точку. И только одна из этих прямых проходит через начало отсчета подвижной системы. Это происходит в том случае, когда векторы  $\vec{r}'_0$  и  $\vec{v}'$  анти-

параллельны, т.е. соответствующие единичные векторы имеют противоположные знаки:

$$\frac{\vec{r}_{02} - \vec{r}_{01}}{|\vec{r}_{02} - \vec{r}_{01}|} = - \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_2}{|\vec{v}_1 - \vec{v}_2|}.$$

**Равноперемнное движение**

Как известно, в этом случае зависимости скорости и перемещения от времени имеют вид

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t,$$

$$\vec{s}(t) = \vec{r}(t) - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2},$$

где  $\vec{a} = \text{const}$  – ускорение.

Среди всевозможных случаев равноперемнного движения особое место занимает движение под действием гравитационных сил – свободное падение тел в однородном поле тяжести с постоянным ускорением  $\vec{a} = \vec{g}$ . Зависимость вектора скорости от времени при свободном падении иллюстрирует рисунок 3. Из соотношения для перемещения следует,

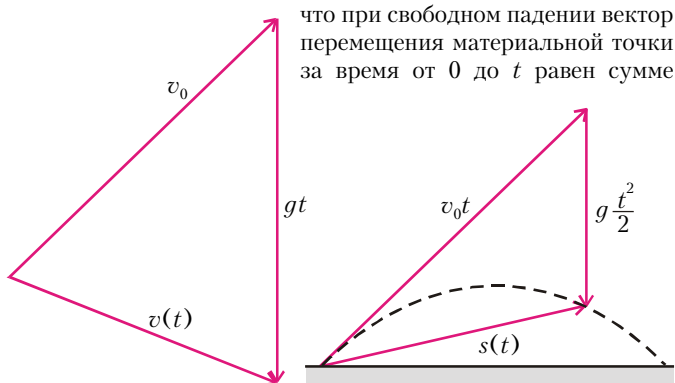


Рис. 3

Рис. 4

векторов  $\vec{v}_0 t$  и  $\frac{g t^2}{2}$  (рис.4). Это означает, в частности, что движение тела, брошенного под углом к горизонту, есть суперпозиция равномерного прямолинейного движения со скоростью  $\vec{v}_0$  и свободного падения в однородном поле тяжести с нулевой начальной скоростью.

**Задача 3.** Мышонок стреляет из рогатки “точно” в кот, сидящего на ветке дерева. (Вектор начальной скорости камня направлен на кота). Через  $t = 1$  с камень падает на землю в точку, находящуюся на одной вертикали с котом. На какой высоте  $H$  находился кот? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Перемещение камня за время полета  $t$  равно

$$\vec{r}(t) = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$

(считаем  $\vec{r}_0 = \vec{0}$ ). Изобразим эти векторы на рисунке 5. Отсюда получаем

$$H = \frac{g t^2}{2} = 5 \text{ м}.$$

Если бы гравитационные силы не действовали на камень, то через  $t = 1$  с он действительно попал бы в кота.

Заметим, что перемещение камня, брошенного под углом к горизонту, можно представить также в виде полусуммы начальной  $\vec{v}_0$  и конечной  $\vec{v}(t)$  скоростей, умноженной на время  $t$ :

$$\vec{s}(t) = \vec{r}(t) - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}_0 + g t}{2} t = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}(t)}{2} t.$$

**Задача 4.** Мышонок стреляет из рогатки в кот, сидящего на ветке дерева. Через  $t = 1$  с камень попадает в ветку прямо у лап кота. На каком расстоянии  $s$  от мышонка находился кот, если известно, что векторы  $\vec{v}_0$  и  $\vec{v}(t)$  взаимно перпендикулярны? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Искомое расстояние есть абсолютная величина (модуль) вектора перемещения камня за время полета  $t$ :

$$s = \left| \vec{s}(t) \right| = \left| \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}(t)}{2} \right| t.$$

В момент времени  $t$  вектор скорости  $\vec{v}(t)$  перпендикулярен вектору  $\vec{v}_0$  и равен  $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{g}t$  (рис.6). Диагонали изображенного на рисунке 6 прямоугольника равны

$$\left| \vec{v}_0 + \vec{v}(t) \right| = \left| \vec{v}(t) - \vec{v}_0 \right| = \left| \vec{g}t \right| = g t.$$

Тогда искомое расстояние будет равно

$$s = \frac{g t^2}{2} \approx 5 \text{ м}.$$

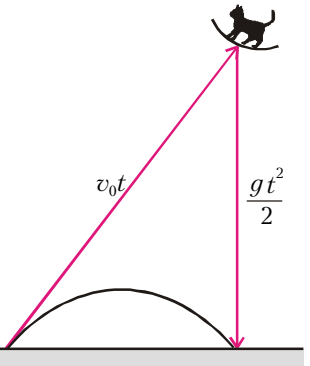


Рис. 5

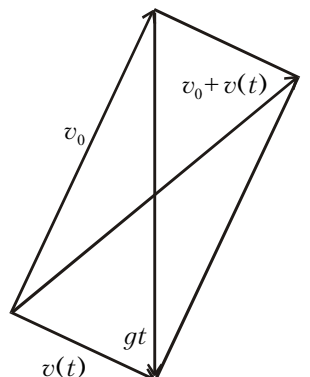


Рис. 6