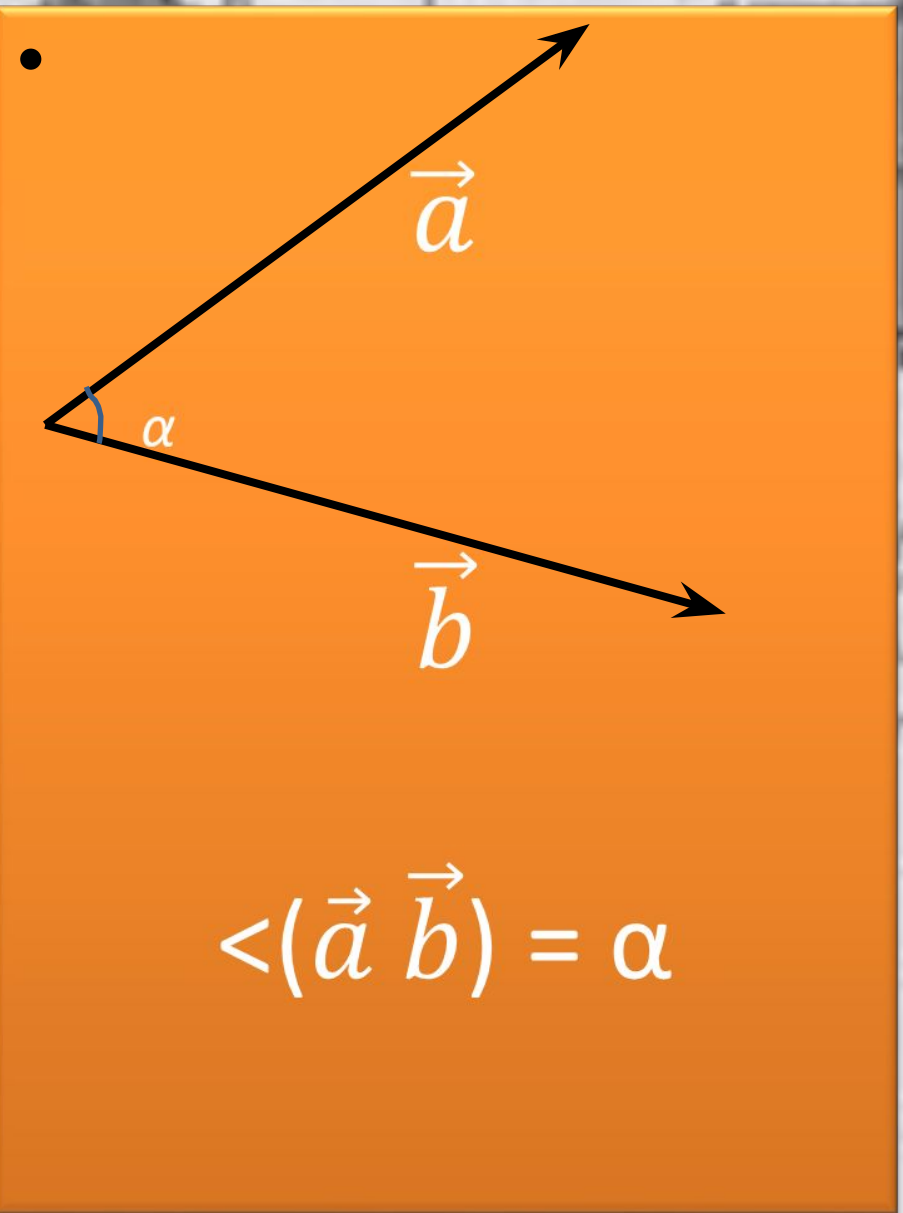


# Скалярное произведение векторов геометрия 9 класс

Подготовила  
Акчурина О.О.

# Угол между векторами

Пусть векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  не являются сонаправленными.



- Если векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  сонаправленные, или один или оба вектора нулевые, то угол между векторами  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  равен  $0^\circ$ .

$$\langle \vec{a} \vec{b} \rangle = 0^\circ$$

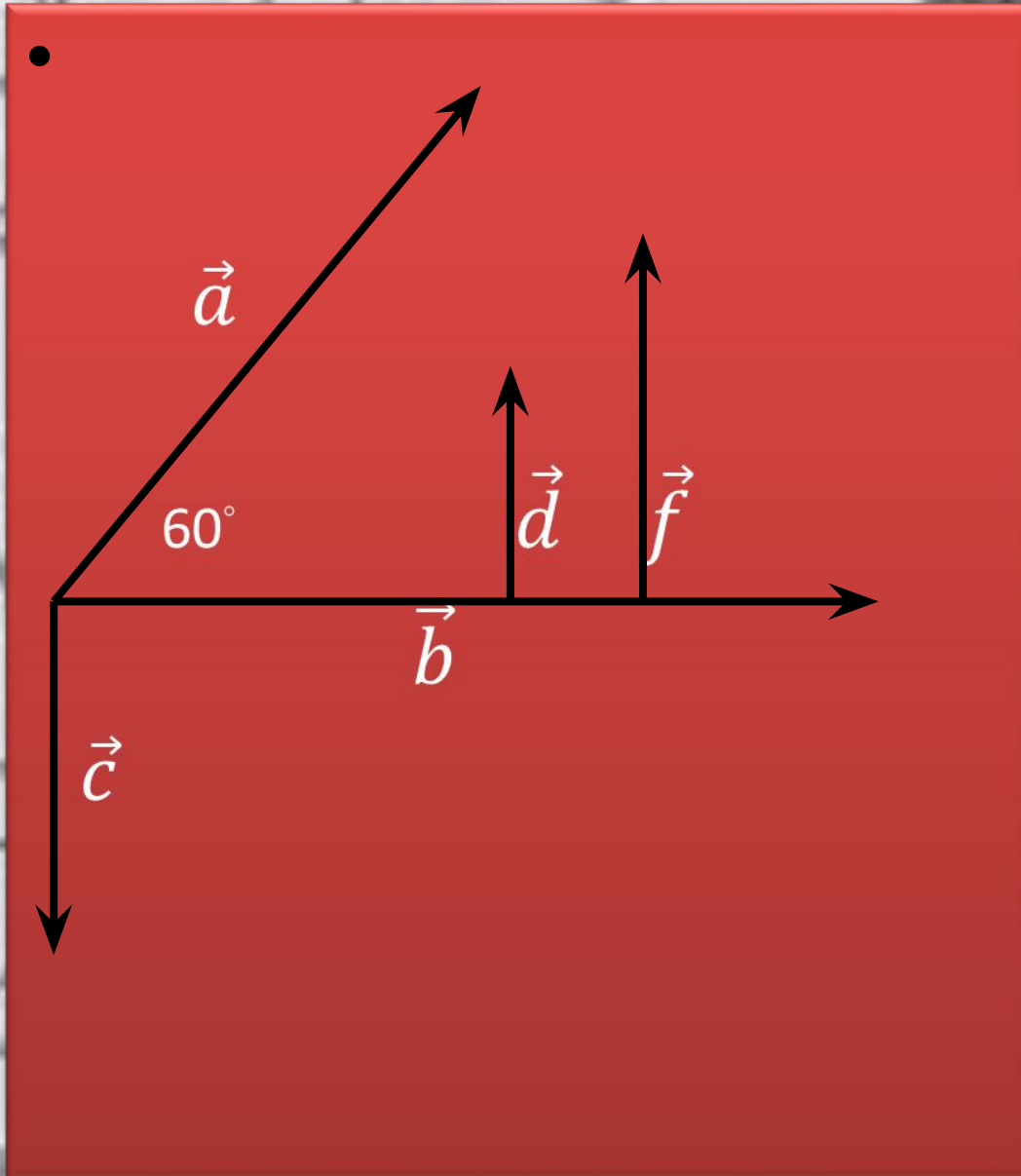
- Если векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  противоположно направленные, то угол между векторами  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  равен  $180^\circ$ .

$$\langle \vec{a} \vec{b} \rangle = 180^\circ$$

Два вектора называются перпендикулярными, если угол между ними равен  $90^\circ$ .



## Пример



$$\langle \vec{a} \vec{b} \rangle = 60^\circ ;$$

$$\langle \vec{a} \vec{c} \rangle = 150^\circ ;$$

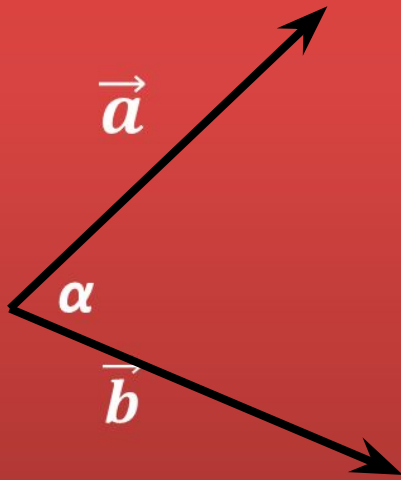
$$\langle \vec{c} \vec{b} \rangle = 90^\circ ;$$

$$\langle \vec{d} \vec{f} \rangle = 0^\circ ;$$

$$\langle \vec{c} \vec{d} \rangle = 180^\circ ;$$

$$\langle \vec{d} \vec{b} \rangle = 90^\circ .$$

Скалярным произведением двух векторов называют произведение их длин на косинус угла между ними.



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos \alpha$$

Скалярное произведение двух ненулевых векторов равно нулю тогда и только тогда, когда эти векторы **перпендикулярны**.

Действительно.

Если  $\vec{a} \perp \vec{b}$ , то  $\angle(\vec{a}, \vec{b}) = 90^\circ$ ,  $\cos 90^\circ = 0$  и тогда  $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$ .

Обратно.

Если  $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$  и векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  - ненулевые, тогда  $\cos \alpha = 0$  и  $\angle(\vec{a}, \vec{b}) = 90^\circ$ , т.е.  $\vec{a} \perp \vec{b}$ .

Произведение  $\vec{a} \cdot \vec{a}$  называют скалярным квадратом и обозначают  $\vec{a}^2$ .

$$\vec{a}^2 = |\vec{a}|^2$$



# Примеры

Найдите скалярное произведение векторов  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$ , если:

1)  $|\vec{a}| = 2, |\vec{b}| = 5, \angle(\vec{a}, \vec{b}) = 60^\circ;$

2)  $|\vec{a}| = 4, |\vec{b}| = 7, \angle(\vec{a}, \vec{b}) = 150^\circ;$

3)  $|\vec{a}| = 9, |\vec{b}| = 8, \angle(\vec{a}, \vec{b}) = 90^\circ;$





# Решени е

Для решения задачи воспользуемся формулой:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos \alpha$$

$$1) \vec{a} \cdot \vec{b} = 2 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} = 5.$$

$$2) \vec{a} \cdot \vec{b} = 4 \cdot 7 \cdot \cos 150^\circ = 28 \cdot \cos(180^\circ - 30^\circ) = \\ = 28 \cdot \cos 30^\circ = 28 \cdot \frac{1}{2} = 14.$$

$$3) \vec{a} \cdot \vec{b} = 9 \cdot 8 \cdot \cos 90^\circ = 72 \cdot 0 = 0.$$

Пусть в прямоугольной системе координат даны векторы  $\vec{a}\{x_1, y_1\}$  и  $\vec{b}\{x_2, y_2\}$

### Теорема

В прямоугольной системе координат скалярное произведение векторов  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  выражается формулой

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2$$

## **Следствия:**

- 1) Ненулевые векторы  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  перпендикулярны тогда и только тогда, когда  $x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2 = 0$
- 2) Косинус угла  $\alpha$  между векторами  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  выражается формулой

$$\cos \alpha = \frac{x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2} \cdot \sqrt{x_2^2 + y_2^2}}$$



# Примеры

1. Найти скалярное произведение векторов

$\vec{a}$  и  $\vec{b}$ , если:

a)  $\vec{a}\{3;4\}$ ;  $\vec{b}\{5;2\}$ ;

b)  $\vec{a}\{-8;4\}$ ;  $\vec{b}\{3;6\}$

2. Найти косинус угла  $\alpha$  между векторами

$\vec{a}\{-2;3\}$  и  $\vec{b}\{3;4\}$ .



# Решение

1. Для решения задачи воспользуемся формулой  $\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2$

$$a) \vec{a} \cdot \vec{b} = 3 \cdot 5 + 4 \cdot 2 = 15 + 8 = 23$$

$$b) \vec{a} \cdot \vec{b} = -8 \cdot 3 + 4 \cdot 6 = -24 + 24 = 0.$$

$$2. \cos \alpha = \frac{x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2} \cdot \sqrt{x_2^2 + y_2^2}} = \frac{-2 \cdot 3 + 3 \cdot (-4)}{\sqrt{4 + 9} \cdot \sqrt{9 + 16}}$$
$$= \frac{-6 + (-12)}{5\sqrt{13}} = \frac{-18}{5\sqrt{13}}.$$

# Свойства скалярного произведения

Для любых векторов  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  и любого числа  $k$  верны соотношения:

1.  $\vec{a}^2 \geq 0$ , причем  $\vec{a}^2 > 0$  при  $\vec{a} \neq 0$ ;
2.  $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$ ;
3.  $(\vec{a} + \vec{b}) \cdot \vec{c} = \vec{a} \cdot \vec{c} + \vec{b} \cdot \vec{c}$ ;
4.  $(k \cdot \vec{a}) \cdot \vec{b} = k \cdot (\vec{a} \cdot \vec{b})$ .



# Пример

• Угол между векторами  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  равен  $30^\circ$ ,  
 $|\vec{a}| = |\vec{b}| = 1$ .

Вычислить скалярное произведение  
 $(\vec{a} - 2\vec{b})(\vec{a} + \vec{b})$ .



# Решение

- $$\begin{aligned}(\vec{a} - 2\vec{b})(\vec{a} + \vec{b}) &= \vec{a}^2 - 2\vec{b}\vec{a} + \vec{a}\vec{b} - 2\vec{b}^2 = \\ &= \vec{a}^2 - \vec{b}\vec{a} - 2\vec{b}^2 = |\vec{a}|^2 - |\vec{b}| \cdot |\vec{a}| \cdot \cos 30^\circ - 2|\vec{b}|^2 = \\ &= 1 - 1 \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \cdot 1 = -\frac{\sqrt{3}}{2} - 1 = -\left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 1\right)\end{aligned}$$



# Вопросы для повторения изученного материала

1. Что означают слова «угол между векторами  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  равен  $\alpha$ »?
2. В каком случае угол между векторами равен  $0^\circ$ ?
3. Какие два вектора называются перпендикулярными?
4. Что такое скалярное произведение двух векторов?
5. В каком случае скалярное произведение ненулевых векторов:  
а) равно 0; б) больше 0; в) меньше 0?
6. Записать формулу скалярного произведения векторов в координатной форме.
7. Записать формулу косинуса угла между ненулевыми векторами через их координаты.
8. Сформулировать свойства скалярного произведения векторов.