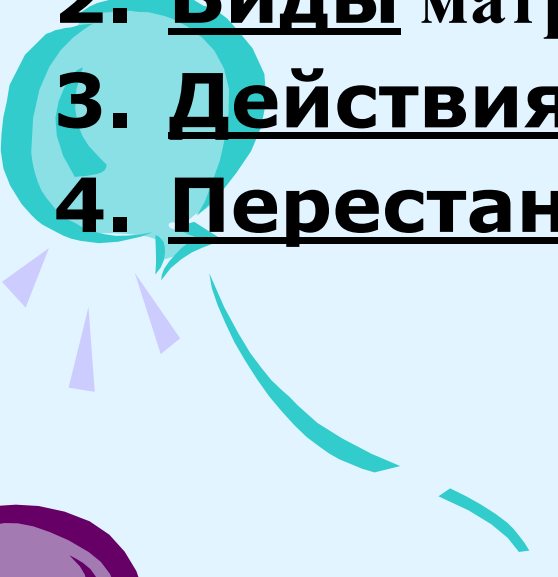




# Тема 1. «Матрицы и действия над ними»

*Основные понятия:*

1. Определение матрицы
  2. Виды матриц
  3. Действия над матрицами
  4. Перестановочные матрицы
- 

завершить



## 1. Определение матрицы

Прямоугольная таблица чисел вида

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

называется **матрицей**.

$a_{ij}$  — элементы матрицы.

Размер матрицы

Главная диагональ матрицы


Побочная диагональ матрицы

назад

## 2. Виды матриц

- Прямоугольная
- Квадратная
- Нулевая
- Единичная
- Диагональная
- Симметричная
- Вырожденная
- Равные
- Треугольная
- Квазитреугольная (ступенчатая или трапециевидная)
- Матрица-строка или строчная матрица
- Матрица-столбец или столбцевая матрица

назад




Матрица называется *прямоугольной*, если количество ее строк не совпадает с количеством столбцов:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & -3 \\ 0 & 2 & 0 & -5 \end{pmatrix}$$




Матрица называется *квадратной*, если количество ее строк совпадает с количеством столбцов:

$$A = \begin{pmatrix} -7 & 45 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$




[назад](#)



Матрица называется **нулевой**, если все ее элементы нулевые :

$$\dot{A} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



Квадратная матрица называется **единичной**, если элементы по главной диагонали единицы, а остальные элементы нулевые :

$$\dot{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



[назад](#)


Квадратная матрица называется *диагональной*, если элементы по главной диагонали отличны от нуля, а остальные элементы нулевые:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$


Квадратная матрица называется *симметричной*, если относительно главной диагонали для всех ее элементов выполняется условие  $a_{ij} = a_{ji}$ :

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & 77 \\ -1 & 77 & 3 \end{pmatrix}$$

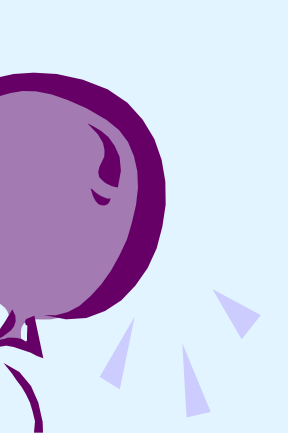
назад



Квадратная матрица называется **вырожденной**, если ее определитель равен нулю.



Матрицы A и B (одинаковых размерностей) называются **равными**, если  $a_{ij} = b_{ij}$  :


$$A = \begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 13 & 0 \\ 2 & 7 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & -3 \\ 13 & 0 \\ 2 & 7 \end{pmatrix}$$

назад

## Квадратные матрицы вида

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \boxtimes & \boxtimes \text{или} & \boxtimes \\ a_{n1} & \boxtimes & \mathbf{0} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \boxtimes & \boxtimes & \boxtimes \\ \mathbf{0} & \boxtimes & a_{nn} \end{pmatrix}$$

называются *треугольными*.

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 0 \\ 6 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 5 & 6 & 7 \\ 0 & 0 & 8 & 9 \\ 0 & 0 & 0 & 10 \end{pmatrix}$$

назад



Прямоугольная матрица вида

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \boxtimes & a_{1m} & \boxtimes & a_{1n} \\ 0 & a_{22} & \boxtimes & a_{2m} & \boxtimes & a_{2n} \\ \boxtimes & \boxtimes & \boxtimes & \boxtimes & \boxtimes & \boxtimes \\ 0 & 0 & \boxtimes & a_{mm} & \boxtimes & a_{mn} \end{pmatrix}$$

называется *кваситреугольной* (ступенчатая или трапециевидная)

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 & 0 & 3 & 1 \\ 0 & 2 & -2 & 3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 3 & -1 & 5 \end{pmatrix}$$

назад

Матрица, состоящая из одной строки называется *матрицей-строкой* или *строчной матрицей*.

$$A = (1 \quad 2 \quad -3 \quad 0)$$

Матрица, состоящая из одного столбца называется *матрицей-столбцом* или *столбцовой матрицей*

$$A = \begin{pmatrix} -2 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix}$$

назад



## Операции над матрицами

### Линейные:

- 1) Сумма (разность) матриц;
- 2) Произведение матрицы на число.

### Нелинейные:

- 1) Транспонирование матрицы;
- 2) Умножение матриц;
- 3) Нахождение обратной матрицы.

Суммой (разностью) двух матриц одинаковой размерности называется матрица, элементы которой равны сумме (разности) соответствующих элементов матриц слагаемых.

Например:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix}$$

$$A + B = \begin{pmatrix} a_{11} + b_{11} & a_{12} + b_{12} & a_{13} + b_{13} \\ a_{21} + b_{21} & a_{22} + b_{22} & a_{23} + b_{23} \end{pmatrix}$$

Пример

назад



**Пример**

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \\ -4 & 9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -5 & 6 \\ 7 & 0 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$$




$A + B = ?$

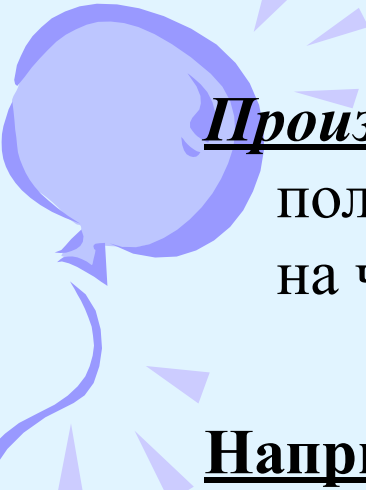
$A - B = ?$

$B - A = ?$

Ответ



назад




**Произведением матрицы на число** называется матрица, полученная из данной умножением всех ее элементов на число.

**Например:**

$$\alpha \cdot A = \alpha \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \cdot a_{11} & \alpha \cdot a_{12} & \alpha \cdot a_{13} \\ \alpha \cdot a_{21} & \alpha \cdot a_{22} & \alpha \cdot a_{23} \end{pmatrix}$$



**Пример**



назад



Линейные операции обладают следующими **свойствами**:

1)  $A + B = B + A$

2)  $(A + B) + C = A + (B + C)$

3)  $A + 0 = A$


4)  $A + (-A) = 0$

5)  $1 \cdot A = A$

6)  $\alpha \cdot (\beta \cdot A) = (\alpha \cdot \beta) \cdot A$

7)  $\alpha \cdot (A + B) = \alpha \cdot A + \alpha \cdot B$

8)  $(\alpha + \beta) \cdot A = \alpha \cdot A + \beta \cdot A$



Матрица, полученная из данной заменой каждой ее строки столбцом с тем же номером, называется матрицей, **транспонированной** относительно данной.

**Например:**

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix},$$

$$A^T = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \\ a_{13} & a_{23} \end{pmatrix}$$

**Свойства**

[назад](#)



Умножение матриц определяется для **согласованных** матриц.

**Произведением** матрицы  $A_{m \times n} = (a_{ij})$  на матрицу  $B_{n \times k} = (b_{ij})$  называется матрица  $C_{m \times k} = (c_{ij})$  которой  $c_{ij} = a_{i1} \cdot b_{1j} + a_{i2} \cdot b_{2j} + \dots + a_{in} \cdot b_{nj}$  т.е. каждый элемент матрицы C равен сумме произведений элементов  $i$ -й строки матрицы A на соответствующие элементы  $j$ -го столбца матрицы B.

**Например**  
**Свойства**

**назад**


**Например:**

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_{11} \cdot b_{11} + a_{12} \cdot b_{21} + a_{13} \cdot b_{31} \\ a_{21} \cdot b_{11} + a_{22} \cdot b_{21} + a_{23} \cdot b_{31} \end{pmatrix}$$

**Пример**

назад



В случае, когда  $AB=BA$ , матрицы  $A$  и  $B$  называют **перестановочными** или **коммутативными**.

Пример 1. Найти все перестановочные матрицы к матрице

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$



Пример 2. Найти все перестановочные матрицы к матрице

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -4 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

[назад](#)





**Ответ:**

$$A + B = \begin{pmatrix} -3 & 9 \\ 7 & 4 \\ -6 & 10 \end{pmatrix}$$

$$A - B = \begin{pmatrix} 7 & -3 \\ -7 & 4 \\ -2 & 8 \end{pmatrix}$$

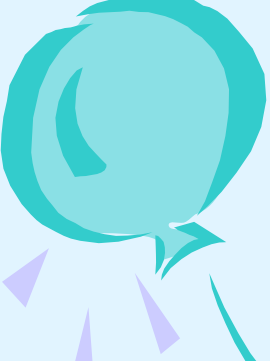
$$B - A = \begin{pmatrix} -7 & 3 \\ 7 & -4 \\ 2 & -8 \end{pmatrix}$$

[назад](#)



**Пример**

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \\ -4 & 9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} -5 & 6 \\ 7 & 0 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$$




$2A = ?$

$-3B = ?$

$4B - 7A = ?$

Ответ



назад



**Ответ:**

$$2A = \begin{pmatrix} 4 & 6 \\ 0 & 8 \\ -8 & 18 \end{pmatrix}$$

$$-3B = \begin{pmatrix} 15 & -18 \\ -21 & 0 \\ 6 & -3 \end{pmatrix}$$

$$4B - 7A = \begin{pmatrix} -34 & 3 \\ 28 & -28 \\ 20 & -59 \end{pmatrix}$$

[назад](#)


## Свойства операции транспонирования:

$$1) (A^T)^T = A$$

$$2) (A + B)^T = A^T + B^T$$

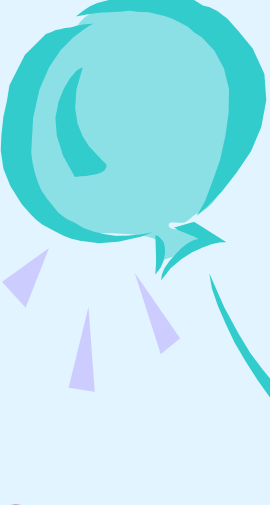
$$3) (A \cdot B)^T = B^T A^T$$

назад



Матрица  $A$  называется *согласованной* с матрицей  $B$ , если число столбцов матрицы  $A$  равно числу строк матрицы  $B$ :

**Например:**

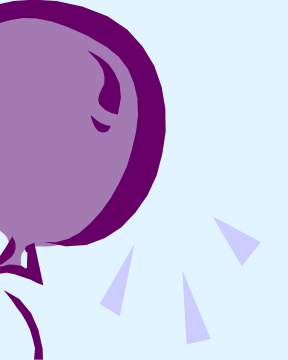


1)  $A_{m \times n}, B_{n \times k}$

2)  $A_{2 \times 4}, B_{4 \times 1}$

3)  $A_{m \times 2}, B_{2 \times k}$

[назад](#)







## Пример

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \\ -4 & 9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot B = ?$$

$$B \cdot A = ?$$

$$A^T \cdot B = ?$$

$$B^T \cdot A = ?$$

$$A^T \cdot B^T = ?$$

$$B^T \cdot A^T = ?$$

Ответ

назад

**Ответ:**

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 0 & 4 \\ -4 & 9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

$$A \cdot B = \begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 0 & 12 \\ -4 & 35 \end{pmatrix}$$

$B \cdot A, \quad A^T \cdot B, \quad B^T \cdot A, \quad A^T \cdot B^T$  и др.

$$B^T \cdot A^T = \begin{pmatrix} 2 & 0 & -4 \\ 5 & 12 & 35 \end{pmatrix}$$

[назад](#)

## Свойства операции умножение матриц:

1. Свойство сочетательности или ассоциативности

$$(AB)C = A(BC)$$

2.

$$\alpha(AB) = A(\alpha B) = (\alpha A)B$$

3. Свойство распределительности (дистрибутивности) справа и слева относительно сложения матриц

$$(A+B)C = AC + BC$$

$$C(A+B) = CA + CB$$

[назад](#)


## Решение (Пример 1):

1)  $B = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$  общий вид всех перестановочных матриц

2) Применим определение перестановочных матриц  
 $AB=BA$ :


$$AB = \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a - 2c & b - 2d \\ 3c & 3d \end{pmatrix}$$

$$BA = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 0 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & -2a + 3b \\ c & -2c + 3d \end{pmatrix}$$




Получаем: 
$$\begin{pmatrix} a - 2c & b - 2d \\ 3c & 3d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & -2a + 3b \\ c & -2c + 3d \end{pmatrix}$$

3) По определению равных матриц


$$\begin{cases} a - 2c = a \\ b - 2d = -2a + 3b \\ 3c = c \\ 3d = -2c + 3d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a \in R \\ b = a - d \\ c = 0 \\ d \in R \end{cases}$$

4) Общий вид всех перестановочных матриц


$$B = \begin{pmatrix} a & a - d \\ 0 & d \end{pmatrix}$$

5) Проверка

назад




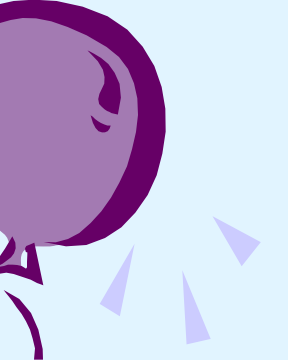
**Ответ:**

$$B = \begin{pmatrix} a & 4c \\ c & 2c + a \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} d - 2c & 4c \\ c & d \end{pmatrix}$$

или


$$B = \begin{pmatrix} a & 2d - 2a \\ 0,5d - 0,5a & d \end{pmatrix}$$



назад



**Спасибо за внимание!**

**Не забывайте готовиться к  
лекциям и семинарам!**  
(Тема следующей лекции «Определители»)

**Удачи!**