

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана
Факультет “Фундаментальные науки”
Кафедра “Высшая математика”

Аналитическая геометрия
Модуль 1. Матричная алгебра. Векторная алгебра
Лекция 1.4

к.ф.-м.н. Меньшова И.В.



Геометрические векторы



Определение

Величины, которые полностью определяются своим числовым значением, называются **скалярными** (длина, температура).



Определение

Величины, которые характеризуются не только своим числовым значением, но и направлением, называются **векторными** (сила, скорость).



Геометрические векторы

Определение

Геометрический вектор – это отрезок с заданным направлением.



Геометрические векторы

Определение

Геометрический вектор – это отрезок с заданным направлением.

Обозначение: \vec{a} или \overrightarrow{AB} .

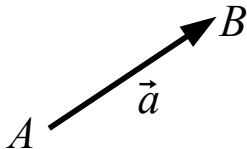


Геометрические векторы

Определение

Геометрический вектор – это отрезок с заданным направлением.

Обозначение: \vec{a} или \overrightarrow{AB} .

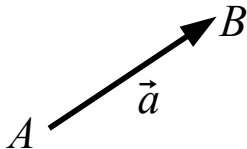


Геометрические векторы

Определение

Геометрический вектор – это отрезок с заданным направлением.

Обозначение: \vec{a} или \overrightarrow{AB} .



Здесь A - начало вектора, B - конец вектора.



Геометрические векторы

Виды геометрических векторов:



Геометрические векторы

Виды геометрических векторов:

1. Если точка приложения вектора не фиксирована, то вектор называется **свободным**.



Геометрические векторы

Виды геометрических векторов:

1. Если точка приложения вектора не фиксирована, то вектор называется **свободным**.
2. Если точку приложения вектора можно перемещать только вдоль прямой, то вектор называется **скользящим**.



Геометрические векторы

Виды геометрических векторов:

1. Если точка приложения вектора не фиксирована, то вектор называется **свободным**.

2. Если точку приложения вектора можно перемещать только вдоль прямой, то вектор называется **скользящим**.

3. Если точка приложения вектора фиксирована, то вектор называется **связанным**.



Геометрические векторы

Определение

Длиной (модулем) вектора \vec{AB} называется длина отрезка AB .



Определение

Длиной (модулем) вектора \vec{AB} называется
длина отрезка AB .

Обозначение: $|\vec{AB}|$.



Геометрические векторы

Определение

Вектор, длина которого равна нулю, называется **нулевым**.



Геометрические векторы

Определение

Вектор, длина которого равна нулю, называется **нулевым**.

Обозначение: $\vec{0}$.



Геометрические векторы

Определение

Вектор, длина которого равна нулю, называется **нулевым**.

Обозначение: $\vec{0}$.

Нулевой вектор направления не имеет.



Геометрические векторы

Определение

Вектор, длина которого равна нулю, называется **нулевым**.

Обозначение: $\vec{0}$.

Нулевой вектор направления не имеет.

Определение

Вектор, длина которого равна единице, называется **единичным**.



Геометрические векторы

Определение

Вектор, длина которого равна нулю, называется **нулевым**.

Обозначение: $\vec{0}$.

Нулевой вектор направления не имеет.

Определение

Вектор, длина которого равна единице, называется **единичным**.

Обозначение: \vec{e} .



Геометрические векторы

Определение

Единичный вектор, направление которого совпадает с направлением вектора \vec{a} , называется **ортом** вектора \vec{a} .



Геометрические векторы

Определение

Единичный вектор, направление которого совпадает с направлением вектора \vec{a} , называется **ортом** вектора \vec{a} .

Обозначение: \vec{a}^0 .

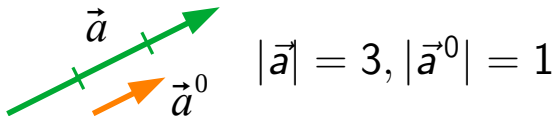


Геометрические векторы

Определение

Единичный вектор, направление которого совпадает с направлением вектора \vec{a} , называется **ортом** вектора \vec{a} .

Обозначение: \vec{a}^0 .



Геометрические векторы

Определение

Углом между векторами \vec{a} и \vec{b} называют величину наименьшего из углов, образованных этими векторами при условии, что их начальные точки совпадают.



Геометрические векторы

Определение

Углом между векторами \vec{a} и \vec{b} называют величину наименьшего из углов, образованных этими векторами при условии, что их начальные точки совпадают.

Обозначение: $\widehat{\vec{a} \vec{b}}$, $(\widehat{\vec{a}, \vec{b}})$, φ .

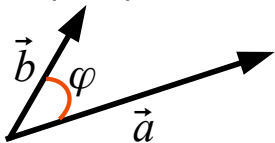


Геометрические векторы

Определение

Углом между векторами \vec{a} и \vec{b} называют величину наименьшего из углов, образованных этими векторами при условии, что их начальные точки совпадают.

Обозначение: $\widehat{\vec{a} \vec{b}}$, $(\widehat{\vec{a}, \vec{b}})$, φ .

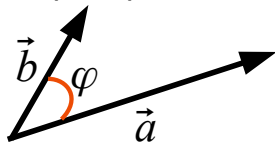


Геометрические векторы

Определение

Углом между векторами \vec{a} и \vec{b} называют величину наименьшего из углов, образованных этими векторами при условии, что их начальные точки совпадают.

Обозначение: $\widehat{\vec{a} \vec{b}}$, (\vec{a}, \vec{b}) , φ .



$$0 \leq \varphi \leq \pi$$



Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **ортогональными**, если угол между ними прямой.



Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **ортогональными**, если угол между ними прямой.

Обозначение: $\vec{a} \perp \vec{b}$.



Геометрические векторы

Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **коллинеарными**, если они лежат либо на одной прямой, либо на параллельных прямых.



Геометрические векторы

Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **коллинеарными**, если они лежат либо на одной прямой, либо на параллельных прямых.

Обозначение: $\vec{a} \parallel \vec{b}$.

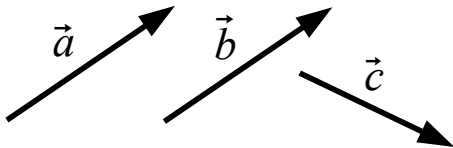


Геометрические векторы

Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **коллинеарными**, если они лежат либо на одной прямой, либо на параллельных прямых.

Обозначение: $\vec{a} \parallel \vec{b}$.

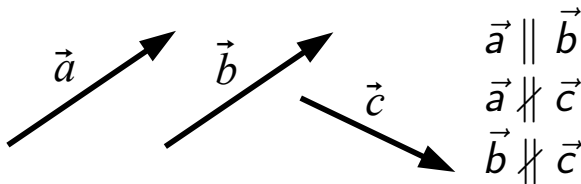


Геометрические векторы

Определение

Векторы \vec{a} и \vec{b} называются **коллинеарными**, если они лежат либо на одной прямой, либо на параллельных прямых.

Обозначение: $\vec{a} \parallel \vec{b}$.



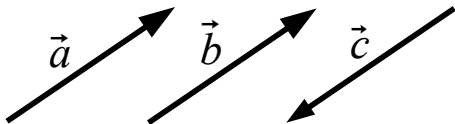
Геометрические векторы

Коллинеарные векторы могут быть **сонаправлены** (иметь одно направление, $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{b}$) или **противоположно направлены** ($\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{b}$).



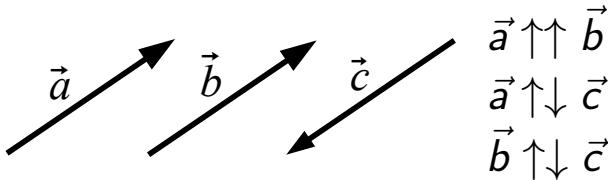
Геометрические векторы

Коллинеарные векторы могут быть **сонаправлены** (иметь одно направление, $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{b}$) или **противоположно направлены** ($\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{b}$).



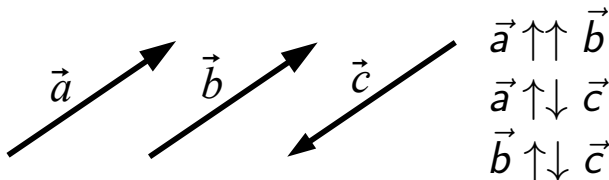
Геометрические векторы

Коллинеарные векторы могут быть **сонаправлены** (иметь одно направление, $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{b}$) или **противоположно направлены** ($\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{b}$).



Геометрические векторы

Коллинеарные векторы могут быть **сонаправлены** (иметь одно направление, $\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{b}$) или **противоположно направлены** ($\vec{a} \uparrow\downarrow \vec{b}$).



Нулевой вектор считается одновременно коллинеарным и ортогональным любому вектору.



Определение

Три вектора в пространстве называются **компланарными**, если они лежат либо в одной плоскости, либо в параллельных плоскостях.



Определение

Два вектора называются **равными**, если они коллинеарны, сонаправлены и их длины равны.



Определение

Два вектора называются **равными**, если они коллинеарны, сонаправлены и их длины равны.

Обозначение: $\vec{a} = \vec{b}$.



Линейные операции над векторами



Линейные операции над векторами

К линейным операциям относятся:



Линейные операции над векторами

К линейным операциям относятся:

1) сложение векторов;



Линейные операции над векторами

К линейным операциям относятся:

- 1) сложение векторов;
- 2) умножение вектора на число.



Линейные операции над векторами

Определение

Суммой векторов \vec{a} и \vec{b} называется вектор \vec{c} , направленный из начала вектора \vec{a} в конец вектора \vec{b} при условии, что \vec{b} приложен к концу \vec{a} .



Линейные операции над векторами

Определение

Суммой векторов \vec{a} и \vec{b} называется вектор \vec{c} , направленный из начала вектора \vec{a} в конец вектора \vec{b} при условии, что \vec{b} приложен к концу \vec{a} .

Обозначение: $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$.



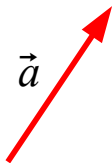
Линейные операции над векторами

Задаваемое определением правило сложения двух векторов носит название **правило треугольника**:



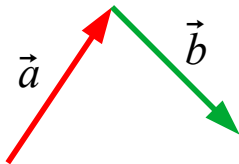
Линейные операции над векторами

Задаваемое определением правило сложения двух векторов носит название **правило треугольника**:



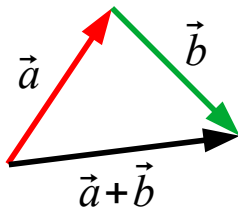
Линейные операции над векторами

Задаваемое определением правило сложения двух векторов носит название **правило треугольника**:



Линейные операции над векторами

Задаваемое определением правило сложения двух векторов носит название **правило треугольника**:



Определение

Произведением вектора \vec{a} на число λ называется такой вектор \vec{c} , что

1) $|\vec{c}| = |\lambda| \cdot |\vec{a}|$;

2) $\vec{c} \uparrow\uparrow \vec{a}$, если $\lambda > 0$, и $\vec{c} \uparrow\downarrow \vec{a}$, если $\lambda < 0$.



Определение

Произведением вектора \vec{a} на число λ называется такой вектор \vec{c} , что

1) $|\vec{c}| = |\lambda| \cdot |\vec{a}|$;

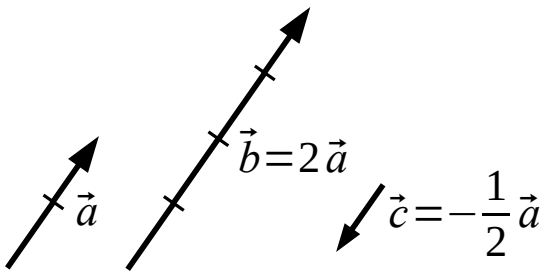
2) $\vec{c} \uparrow\uparrow \vec{a}$, если $\lambda > 0$, и $\vec{c} \uparrow\downarrow \vec{a}$, если $\lambda < 0$.

Обозначение: $\vec{c} = \lambda \cdot \vec{a}$ или $\vec{c} = \lambda\vec{a}$.



Линейные операции над векторами

Примеры:



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

1) коммутативный закон сложения векторов

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a},$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

1) коммутативный закон сложения векторов

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a},$$

2) ассоциативный закон сложения векторов

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}),$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

1) коммутативный закон сложения векторов

$$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a},$$

2) ассоциативный закон сложения векторов

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}),$$

3) ассоциативный закон умножения вектора на число относительно умножения чисел

$$\alpha (\beta \vec{a}) = (\alpha \beta) \vec{a} = \beta (\alpha \vec{a}),$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

4) дистрибутивный закон умножения вектора на число относительно сложения векторов

$$\alpha \cdot (\vec{a} + \vec{b}) = \alpha\vec{a} + \alpha\vec{b},$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

4) дистрибутивный закон умножения вектора на число относительно сложения векторов

$$\alpha \cdot (\vec{a} + \vec{b}) = \alpha\vec{a} + \alpha\vec{b},$$

5) дистрибутивный закон умножения вектора на число относительно сложения чисел

$$(\alpha + \beta) \vec{a} = \alpha\vec{a} + \beta\vec{a},$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

б) умножение на ноль

$$0 \cdot \vec{a} = \vec{0},$$



Линейные операции над векторами

Свойства линейных операций над векторами:

6) умножение на ноль

$$0 \cdot \vec{a} = \vec{0},$$

7) сложение с нулевым вектором

$$\vec{a} + \vec{0} = \vec{a}.$$



Линейные операции над векторами

Следствия из свойств линейных операций:



Линейные операции над векторами

Следствия из свойств линейных операций:

1. Вектор $-\vec{a}$, называемый **противоположным** вектору \vec{a} , определяется как

$$-\vec{a} = (-1) \cdot \vec{a}.$$

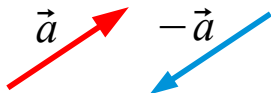


Линейные операции над векторами

Следствия из свойств линейных операций:

1. Вектор $-\vec{a}$, называемый **противоположным** вектору \vec{a} , определяется как

$$-\vec{a} = (-1) \cdot \vec{a}.$$



Линейные операции над векторами

Следствия линейных операций:

2. Вектор $\vec{a} - \vec{b}$, называемый **разностью** векторов \vec{a} и \vec{b} , определяется как

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}).$$

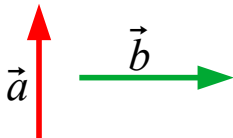


Линейные операции над векторами

Следствия линейных операций:

2. Вектор $\vec{a} - \vec{b}$, называемый **разностью** векторов \vec{a} и \vec{b} , определяется как

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}).$$

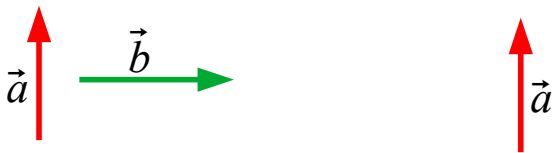


Линейные операции над векторами

Следствия линейных операций:

2. Вектор $\vec{a} - \vec{b}$, называемый **разностью** векторов \vec{a} и \vec{b} , определяется как

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}).$$

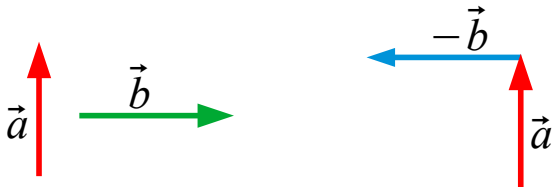


Линейные операции над векторами

Следствия линейных операций:

2. Вектор $\vec{a} - \vec{b}$, называемый **разностью** векторов \vec{a} и \vec{b} , определяется как

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}).$$

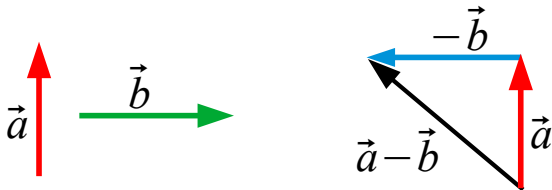


Линейные операции над векторами

Следствия линейных операций:

2. Вектор $\vec{a} - \vec{b}$, называемый **разностью** векторов \vec{a} и \vec{b} , определяется как

$$\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b}).$$



Линейная зависимость векторов



Линейная зависимость векторов

Определение

Выражение

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \dots + \alpha_n \vec{a}_n$$

называется **линейной комбинацией**
векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n,$



Линейная зависимость векторов

Определение

Выражение

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \dots + \alpha_n \vec{a}_n$$

называется **линейной комбинацией векторов** $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$,

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ - любые действительные числа, называемые **коэффициентами** линейной комбинации.



Линейная зависимость векторов

Определение

Будем говорить, что **вектор \vec{b} разлагается (линейно выражается) по векторам $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$** , если он равен некоторой их линейной комбинации.



Линейная зависимость векторов

Определение

Будем говорить, что вектор \vec{b} разлагается (линейно выражается) по векторам $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$, если он равен некоторой их линейной комбинации. Числа $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ называются **коэффициентами разложения** вектора \vec{b} по системе векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$.



Линейная зависимость векторов

Определение

Линейная комбинация векторов называется **тривиальной**, если все ее коэффициенты равны нулю, и **нетривиальной**, если хотя бы один из коэффициентов отличен от нуля.



Линейная зависимость векторов

Определение

Система векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ называется **линейно зависимой**, если существует нетривиальная линейная комбинация этих векторов, равная нулевому вектору.



Линейная зависимость векторов

Определение

Система векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ называется **линейно независимой**, если только их тривиальная линейная комбинация равна нулевому вектору.



Линейная зависимость векторов

*Теорема (критерий линейной зависимости
векторов)*



Линейная зависимость векторов

*Теорема (критерий линейной зависимости
векторов)*

Система векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ линейно зависима тогда и только тогда, когда какой-либо из векторов этой системы можно представить в виде линейной комбинации остальных.



Линейная зависимость векторов

Примеры:



Линейная зависимость векторов

Примеры:

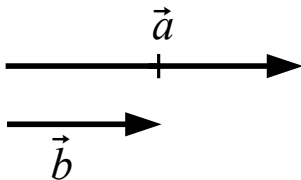
1.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

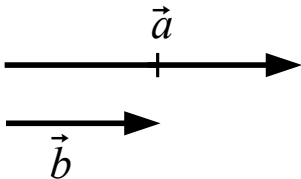
1.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

1.



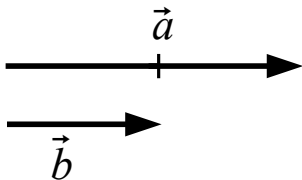
Векторы \vec{a} и \vec{b} линейно зависимы, т.к. вектор \vec{a} можно выразить через вектор \vec{b} в виде $\vec{a} = 2 \cdot \vec{b}$.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

1.



Векторы \vec{a} и \vec{b} линейно зависимы, т.к. вектор \vec{a} можно выразить через вектор \vec{b} в виде $\vec{a} = 2 \cdot \vec{b}$. Тогда для \vec{a} и \vec{b} можно составить нетривиальную линейную комбинацию, равную нулевому вектору: $\vec{a} - 2 \cdot \vec{b} = \vec{0}$.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

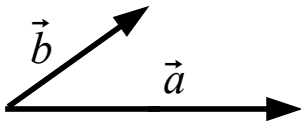
2.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

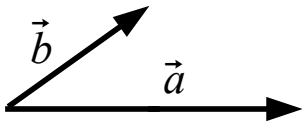
2.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

2.



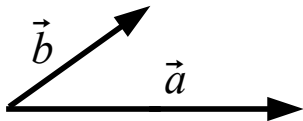
Векторы \vec{a} и \vec{b} линейно независимы, т.к. вектор \vec{a} нельзя выразить через вектор \vec{b} .



Линейная зависимость векторов

Примеры:

2.



Векторы \vec{a} и \vec{b} линейно независимы, т.к. вектор \vec{a} нельзя выразить через вектор \vec{b} . Для векторов \vec{a} и \vec{b} можно составить лишь тривиальную линейную комбинацию, равную нулевому вектору: $0 \cdot \vec{a} + 0 \cdot \vec{b} = \vec{0}$.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

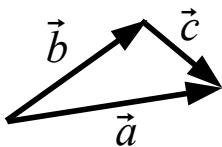
3.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

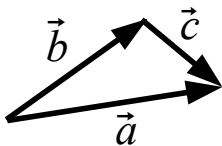
3.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

3.



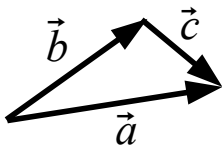
Векторы \vec{a} , \vec{b} и \vec{c} линейно зависимы, т.к. вектор \vec{a} можно выразить через векторы \vec{b} и \vec{c} в виде $\vec{a} = \vec{b} + \vec{c}$.



Линейная зависимость векторов

Примеры:

3.



Векторы \vec{a} , \vec{b} и \vec{c} линейно зависимы, т.к. вектор \vec{a} можно выразить через векторы \vec{b} и \vec{c} в виде $\vec{a} = \vec{b} + \vec{c}$. Тогда $\vec{a} - \vec{b} - \vec{c} = \vec{0}$.



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*

1. Система векторов, содержащая нулевой вектор, линейно зависима.



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*

1. Система векторов, содержащая нулевой вектор, линейно зависима.
2. Если система векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ линейно независима, то любая часть этой системы $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_s$ ($s < n$) линейно независима.



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*

3. Если система векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$ линейно зависима, то любая дополненная система $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n, \vec{a}_{n+1}, \dots, \vec{a}_{n+m}$ линейно зависима.



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*

4. Два вектора линейно зависимы тогда и только тогда, когда они коллинеарны.



Линейная зависимость векторов

*Свойства систем линейно зависимых и
независимых векторов:*

4. Два вектора линейно зависимы тогда и только тогда, когда они коллинеарны.
5. Три вектора линейно зависимы тогда и только тогда, когда они компланарны.



Линейная зависимость векторов

Свойства систем линейно зависимых и независимых векторов:

4. Два вектора линейно зависимы тогда и только тогда, когда они коллинеарны.
5. Три вектора линейно зависимы тогда и только тогда, когда они компланарны.
6. Любые четыре вектора линейно зависимы.

