

```
In [1]: import sympy
from sympy import Matrix, Point, Line, Plane, Point3D
```

Занятие 6

Алгебра

<https://docs.sympy.org/latest/search.html?q=geometry>

Прямые и плоскости в пространстве. Модуль Geometry

Угол φ между векторами $a(x_1, y_1, z_1)$ и $b(x_2, y_2, z_2)$:

$$\cos \varphi = \frac{(a, b)}{|a| \cdot |b|},$$

где $(a, b) = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$ --- скалярное произведение, $|a| = \sqrt{(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)} = \sqrt{(a, a)}$.

Пример 1.

Найти угол между векторами $a(-3, 2, -6)$ и $b(7, -4, 4)$.

Зададим векторы в виде матриц-столбцов:

```
In [2]: a = Matrix([-3, 2, -6])
b = Matrix([7, -4, 4])
```

Для вычисления скалярного произведения воспользуемся методом

.dot()

Скалярное произведение векторов X и Y:

X.dot(Y)

Вычислим скалярное произведение векторов a и b :

```
In [3]: a.dot(b)
```

```
Out[3]: -53
```

Найдем угол между векторами, для этого вначале вычислим косинус угла, а затем сам угол:

```
In [4]: cos_phi = a.dot(b)/sympy.sqrt((a.dot(a))*(b.dot(b)))
phi = sympy.acos(cos_phi)
cos_phi, phi, float(phi)
```

```
Out[4]: (-53/63, acos(-53/63), 2.5704241550242557)
```

Geometry

Модуль Geometry предназначен для работы с геометрическими объектами, такими как точки, прямые на плоскости и в пространстве, плоскости, плоские многоугольники и т.п.

Point

Класс точек в модуле Geometry называется Point, это родительский класс двумерных (Point2D) и трехмерных (Point3D) точек.

```
class sympy.geometry.point.Point
```

Описание класса и его методов и свойств здесь:

<https://docs.sympy.org/latest/modules/geometry/points.html#sympy.geometry.point.Point>

Point - точка в n -мерном Евклидовом пространстве.

Параметры:

coords: последовательность из n координат. При $n = 2$ или 3 используется соответственно Point2D или Point3D.

evaluate: если True (значение по умолчанию), все вещественные числа (float) приводятся к типу, соответствующему значению.

dim: число координат точки.

Пример 2

Найти угол между прямыми AB и CD , $A(-1, 2, -4)$, $B(2, -2, 1)$, $C(5, 3, -6)$, $D(0, 3, -6)$.

Вначале зададим точки:

```
In [5]: A = Point(-1, 2, -4)
B = Point(2, -2, 1)
C = Point(5, 3, -6)
D = Point(0, 3, -6)
display(A, B, C, D)
```

$Point3D(-1, 2, -4)$

$Point3D(2, -2, 1)$

$Point3D(5, 3, -6)$

$Point3D(0, 3, -6)$

Проверим, лежат ли точки в одной плоскости:

```
In [6]: Point3D.are_coplanar(A, B, C, D)
```

```
Out[6]: False
```

Вывод: не лежат, прямые скрещиваются

Зададим линии, проходящие через точки:

```
In [7]: AB = Line(A, B)
CD = Line(C, D)
display(AB, CD)
```

$Line3D(Point3D(-1, 2, -4), Point3D(2, -2, 1))$

$Line3D(Point3D(5, 3, -6), Point3D(0, 3, -6))$

Из геометрии мы знаем, что угол между прямыми - это минимальный из углов, образующийся при пересечении прямых. В Geometry реализованы два метода для угла между прямыми, angle_between, вычисляющий какой-нибудь из смежных углов, образующихся при пересечении прямых, и smallest_angle_between, который выдает именно тот угол, который в геометрии принято считать углом между прямыми.

Найдем какой-нибудь угол между прямыми и минимальный из углов, образующихся при пересечении прямой и пересекающей ее прямой, параллельной второй из скрещивающихся прямых:

```
In [8]: display(AB.angle_between(CD), AB.smallest_angle_between(CD))
```

$$\arccos\left(-\frac{3\sqrt{2}}{10}\right)$$

$$\arccos\left(\frac{3\sqrt{2}}{10}\right)$$

Пример 3

Найти угол между плоскостями ABC и ACD.

Вначале зададим плоскости тремя точками, не лежащими на одной прямой, затем вычислим угол (для плоскостей не реализован метод smallest_angle_between):

```
In [9]: ABC = Plane(A, B, C)
ACD = Plane(A, C, D)
ABC.angle_between(ACD)
```

```
Out[9]:
```

$$\arccos\left(\frac{33\sqrt{1130}}{1130}\right)$$

Методы и свойства точек

Point3D.are_collinear

лежат ли точки на одной прямой

Point3D.are_coplanar

лежат ли точки в одной плоскости

Методы и свойства прямой

equation()

уравнение прямой в формате tuple, состоящего из общих уравнений двух плоскостей, пересекающихся по этой прямой

is_parallel()

параллельны ли две прямые

is_perpendicular()

перпендикулярны ли две прямые

is_similar()

совпадают ли две прямые

parallel_line(P)

этот метод возвращает объект Line - прямую, проходящую через точку P параллельно заданной прямой

perpendicular_line(P)

этот метод возвращает объект Line - прямую, проходящую через точку P перпендикулярно заданной прямой

Методы и свойства плоскости

equation()

уравнение плоскости в формате выражения левой части общего уравнения плоскости

normal_vector

вектор нормали к плоскости (свойство, вызывается без ())

is_parallel()

параллельны ли две плоскости

is_perpendicular()

перпендикулярны ли две плоскости

is_coplanar()

совпадают ли плоскости

parallel_plane(P)

этот метод возвращает объект Plane - плоскость, проходящую через точку P параллельно заданной плоскости

perpendicular_plane(A, B)

этот метод возвращает объект Plane - плоскость, проходящую через точки A и B перпендикулярно заданной плоскости

perpendicular_line(P)

этот метод возвращает объект Line - прямую, проходящую через точку P перпендикулярно заданной плоскости

Пример 4

Уравнение плоскости:

```
In [10]: ABC.equation()
```

```
Out[10]: 3x + 36y + 27z + 39
```

Пример 5

Вектор нормали к плоскости:

```
In [11]: ABC.normal_vector
```

```
Out[11]: (3, 36, 27)
```

Пример 6

Уравнение плоскости, параллельной ABC, проходящей через D

```
In [12]: Plane6 = ABC.parallel_plane(D)
Plane6.equation()
```

```
Out[12]: 3x + 36y + 27z + 54
```

Пример 7

Проверка параллельности и перпендикулярности плоскостей:

```
In [13]: print('Параллельны ли ABD и Plane6?')
print(Plane6.is_parallel(ABC))
print('Перпендикулярны ли ABD и Plane6?')
Plane6.is_perpendicular(ABC)
```

Параллельны ли ABD и Plane6?
True

Перпендикулярны ли ABD и Plane6?

```
Out[13]: False
```

Пример 8

Построение плоскости, перпендикулярной плоскости ABC и проходящей через точки A и B:

```
In [14]: Plane8AB = ABC.perpendicular_plane(A, B)
Plane8AB
```

```
Out[14]: Plane(Point3D(-1, 2, -4), (-288, -66, 120))
```

Проверим перпендикулярность плоскостей:

```
In [15]: ABC.is_perpendicular(Plane8AB)
```

```
Out[15]: True
```

Пример 9

Построение прямой, перпендикулярной плоскости ABC и проходящей через точку D:

```
In [16]: Line9 = ABC.perpendicular_line(D)
Line9
```

```
Out[16]: Line3D(Point3D(0, 3, -6), Point3D(3, 39, 21))
```

Проверим, что Line9 перпендикулярна ABC

```
In [17]: ABC.is_perpendicular(Line9)
```

```
Out[17]: True
```

Пример 10

Угол между прямой и плоскостью

```
In [18]: ACD.angle_between(Line9)
```

```
Out[18]:
```

$$\arcsin\left(\frac{33\sqrt{1130}}{1130}\right)$$

Пример 11

Даны точки пространстве $A(-4, -1, -5)$, $B(4, -6, 7)$, $C(12, -11, 20)$, $D(20, -16, 31)$, $K(28, -17, 41)$, $M(92, -49, 133)$. Составить уравнения всех (различных!) прямых, проходящих через все пары этих точек.

```
In [19]: A = Point(-4, -1, -5)
B = Point(4, -6, 7)
C = Point(12, -11, 20)
D = Point(20, -16, 31)
K = Point(28, -17, 41)
M = Point(92, -49, 133)
Points = (A, B, C, D, K, M)
num = len(Points)
Lines = [Line(A, B)]
for i in range(num):
    for j in range(i + 1, num):
        Line1 = Line(Points[i], Points[j])
        res = True
        for Line2 in Lines:
            if Line1.is_similar(Line2):
                res = False
                break
        if res:
            Lines.append(Line1)
Lines_eq = [Line0.equation() for Line0 in Lines]
display(*Lines_eq)
```

$$(5x + 8y + 28, -3x + 2z - 2)$$

$$(5x + 8y + 28, -25x + 16z - 20)$$

$$(x + 2y + 6, -23x + 16z - 12)$$

$$(5x + 8y + 28, -13x + 8z - 4)$$

$$(11x + 24y + 100, -17x + 12z - 16)$$

$$(43x + 88y + 356, -63x + 44z - 56)$$

$$(5x + 8y + 28, -11x + 8z - 28)$$

$$(3x + 8y + 52, -21x + 16z - 68)$$

$$(19x + 40y + 212, -113x + 80z - 244)$$

$$(x + 8y + 108, -5x + 4z - 24)$$

$$(11x + 24y + 164, -17x + 12z - 32)$$