

# ГЕОДЕЗИЯ



**Геодезия** – наука, изучающая фигуру и внешнее гравитационное поле Земли и разрабатывающая методы создания систем координат, определения положения точек на Земле и околоземном пространстве, изображения земной поверхности на картах.

Основные задачи инженерной геодезии:

*топографо-  
геодезические  
изыскания*

*создание на объекте работ геодезической  
сети, топографическая съемка,  
геодезическая привязка точек геологической  
и геофизической разведки*

*инженерно-  
геодезическое  
проектирование*

*разработка генпланов сооружений;  
геоподготовка проекта для вынесения в  
натуру, горизонтальная и вертикальная  
планировка, определение площадей*

*геодезические  
разбивочные  
работы*

создание геодезической разбивочной сети и  
вынос в натуру главных осей сооружения,  
его детальную разбивку

*геодезическая выверка  
конструкций и  
техоборудования*

при установке их в проектное  
положение

*наблюдения за  
деформациями  
сооружений*

определение осадки оснований и  
фундаментов, плановых смещений и кренов  
сооружений

# Форма и размеры Земли

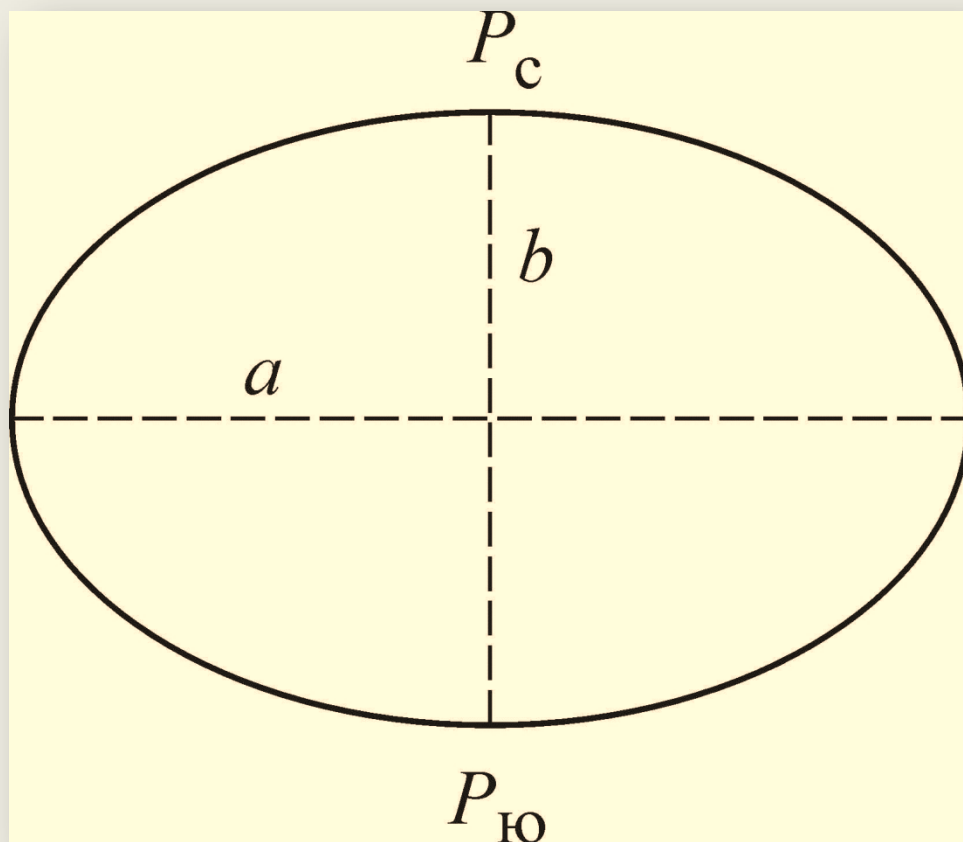
**Геоид**- тело, принятое за теоретическую фигуру Земли, ограниченное поверхностью океанов в их спокойном состоянии, продолженной и под материками.

**Эллипсоид** – фигура, получаемая вращением эллипса вокруг его малой оси

Используемые общеземные эллипсоиды: ПЗ-90 (Параметры Земли 1990г., РФ) и WGS-84 (Мировая геодезическая система 1984г., США)

**Референц-эллипсоид** – эллипсоид, принятый для геодезических работ в конкретной стране. С референц-эллипсоидом связана принятая в стране система координат.

В России с 1946 г. в качестве **референц-эллипсоида** используется эллипсоид Красовского с параметрами:  $a = 6\,378\,245\text{ м}$ ,  $\alpha = 1/298,3$ .



Параметры эллипсоида:

$a$  – большая полуось,

$b$  – малая полуось,

$\alpha$  – полярное сжатие,

$e$  – первый эксцентриситет  
меридианного эллипса

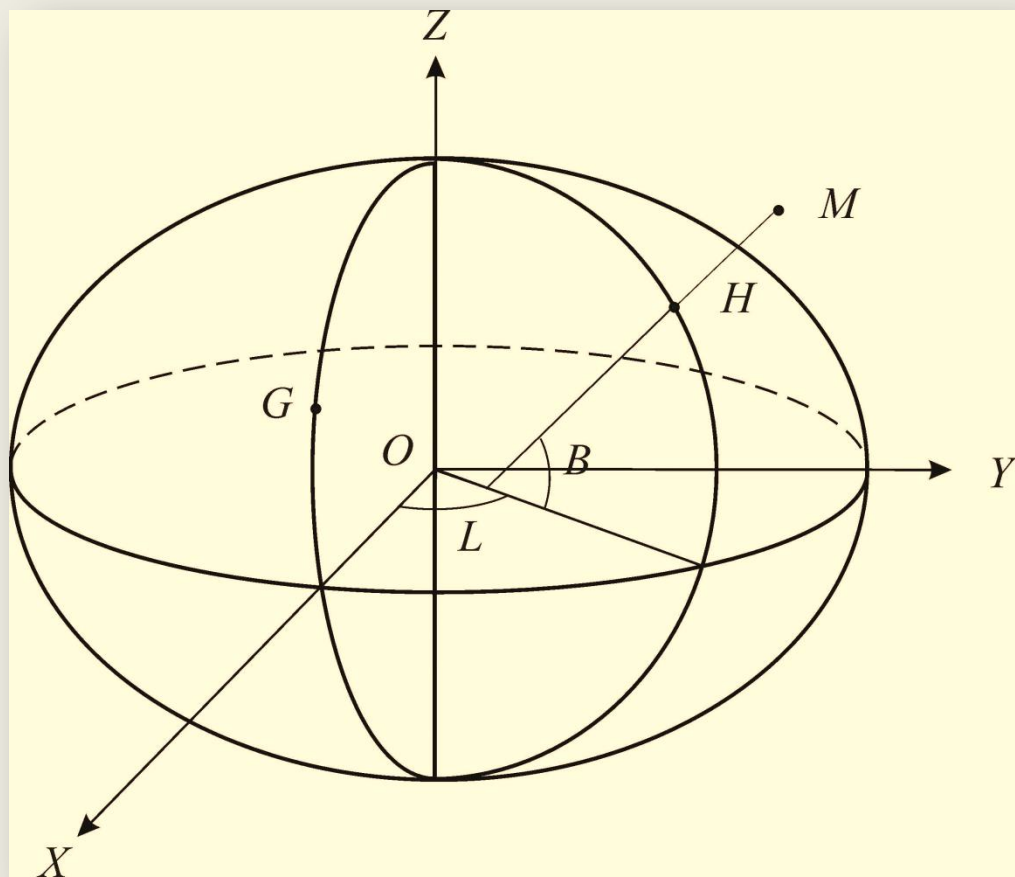
$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

**Меридианный эллипс:**  $P_c$  – северный полюс;  $P_{ю}$  – южный полюс

# Системы координат, применяемые в геодезии

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ.** Начало системы координат расположено в центре  $O$  земного эллипсоида



**Ось  $Y$**  направлена перпендикулярно осям  $Z$  и  $X$  на восток

**Земной эллипсоид и координаты:**

$X, Y, Z$  – пространственные прямоугольные;  
 $B, L, H$  – геодезические;  
 $G$  – Гринвич

**Ось  $Z$**  направлена по оси вращения эллипсоида к северу.

**Ось  $X$**  лежит в пересечении плоскости экватора с начальным– гринвичским меридианом.



## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

**Геодезической широтой** точки  $M$  называется угол  $B$ , образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проходящей через данную точку, и плоскостью экватора.

**Геодезические меридианы**- плоскости сечения эллипсоида, проходящие через ось  $OZ$ , называются.

**Геодезической долготой** точки  $M$  называется двугранный угол  $L$ , образованный плоскостями начального (гринвичского) геодезического меридиана и геодезического меридиана данной точки.

**Геодезической высотой** точки  $M$  является ее высота  $H$  над поверхностью земного эллипсоида.

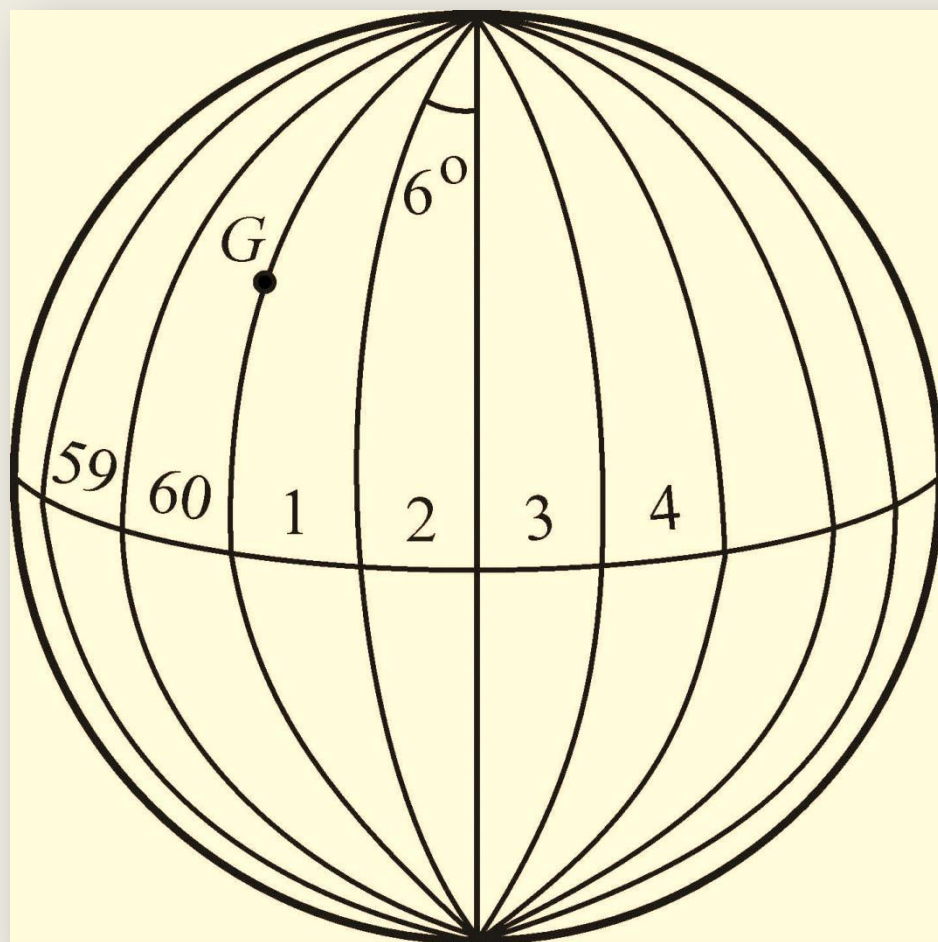
Геодезические координаты с пространственными прямоугольными координатами связаны **формулами**:

$$\begin{aligned}X &= (N + H) \cos B \cos L, \\Y &= (N + H) \cos B \sin L, \\Z &= [(1 - e^2) N + H] \sin B,\end{aligned}$$

где  $e$  – первый эксцентриситет меридианного эллипса и  $N$  – радиус кривизны первого вертикала. При этом  $N = a / (1 - e^2 \sin^2 B)^{1/2}$ .

## ПЛОСКИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ

В России принята система прямоугольных координат, основой которой является равноугольная поперечно–цилиндрическая **проекция Гаусса**.

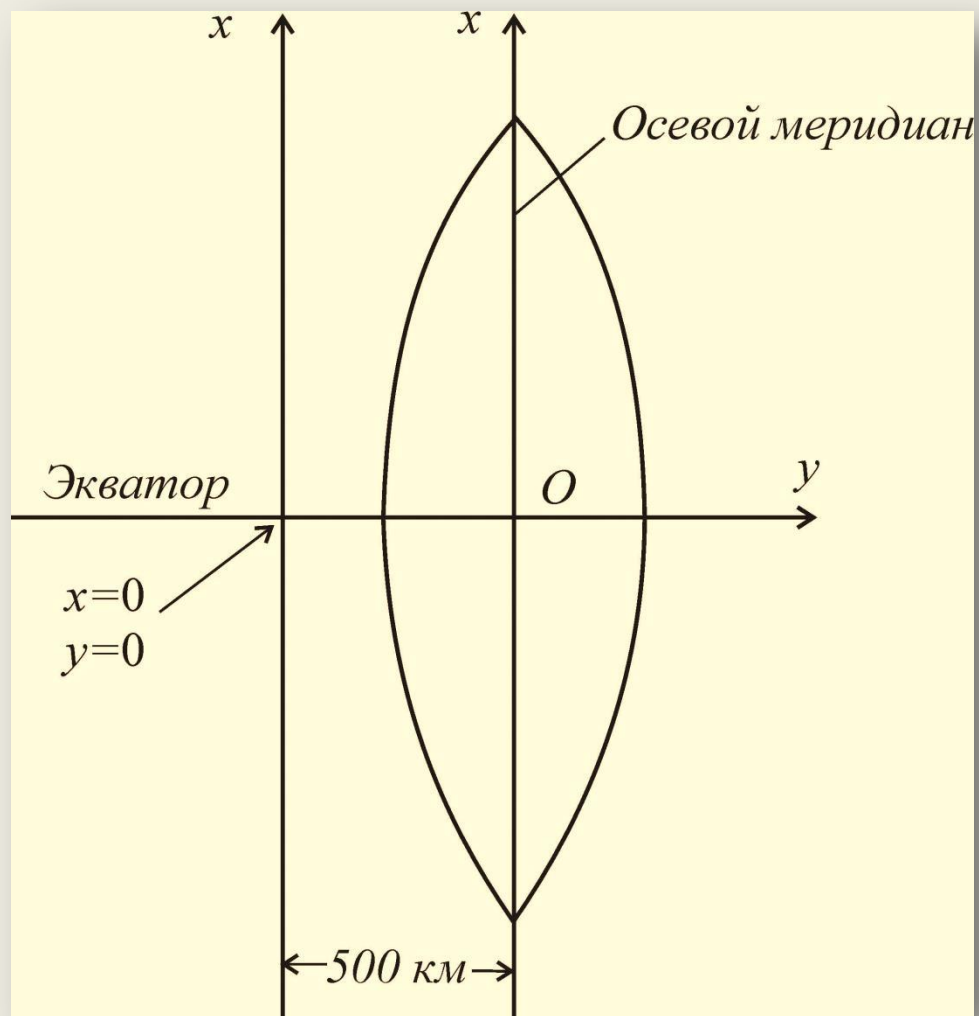


Долгота осевого  
меридиана зоны  
с номером  $N$  равна:

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ$$

Размер зоны по долготе равен  $6^\circ$

Деление поверхности Земли на координатные зоны: **G** – Гринвич



Ось абсцисс **X**-  
осевой меридиан

Ось ординат **Y**-  
экватор

Координаты пересечения  
принимают равными:  
 **$x_0 = 0, y_0 = 500 \text{ км}$**

России единая система  
координат **СК-95**.  
На местности закреплена  
пунктами государственной  
геодезической сети

Изображение координатной зоны  
на плоскости: **O** – начало координат  
 **$(x_0=0; y_0=500 \text{ км})$**

## МЕСТНЫЕ (условные) СИСТЕМЫ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

используют при строительстве различных объектов, направления осей и начало координат назначают, исходя из удобства их использования в ходе строительства и последующей эксплуатации

## СИСТЕМЫ ВЫСОТ

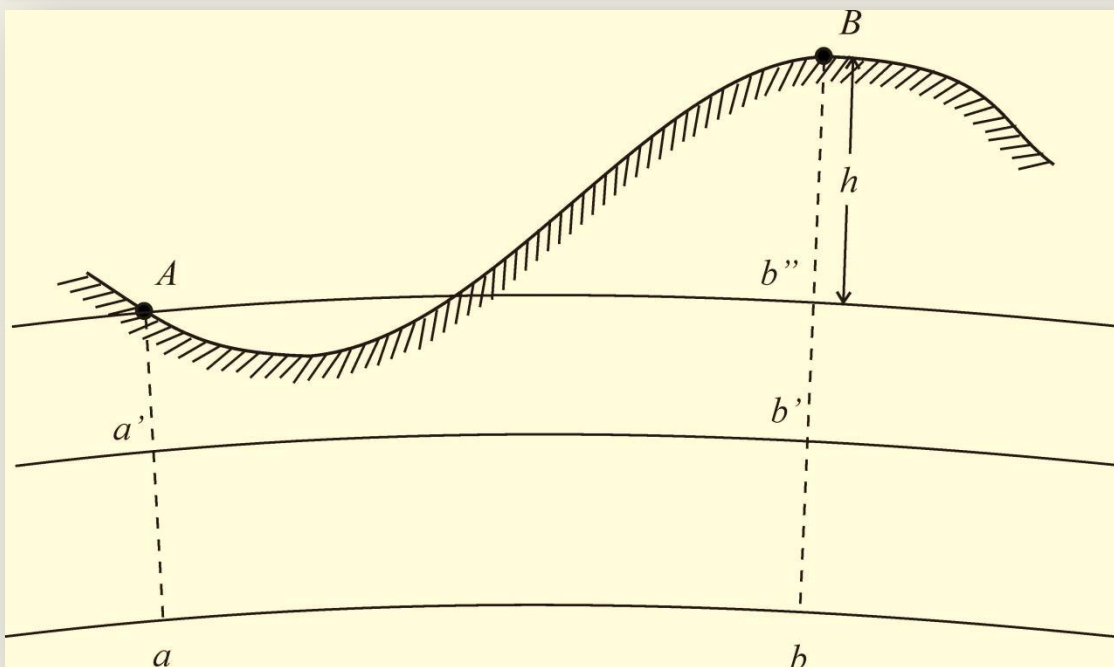
**Высота точки**- расстояние по отвесной линии от точки до уровенной поверхности, принятой за начало счета высот

**Абсолютные высоты**- высоты отсчитывают от основной уровенной поверхности, то есть от поверхности геоида

**Условные высоты**- начало счета от другой уровенной поверхности

В России- **Балтийская система высот**. Уровенная поверхность проходит через нуль Кронштадтского футштока

Абсолютные и условные высоты:  $a'b'$  – уровенная поверхность;  $ab$  – поверхность геоида;  $Ab''$  – уровенная поверхность точки  $A$



**Превышение ( $h_{AB}$ )** –  
разность высот двух точек

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

Высота точки  $B$ :

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

**Нивелирование** – измерение превышений и последующее  
вычисление высот точек

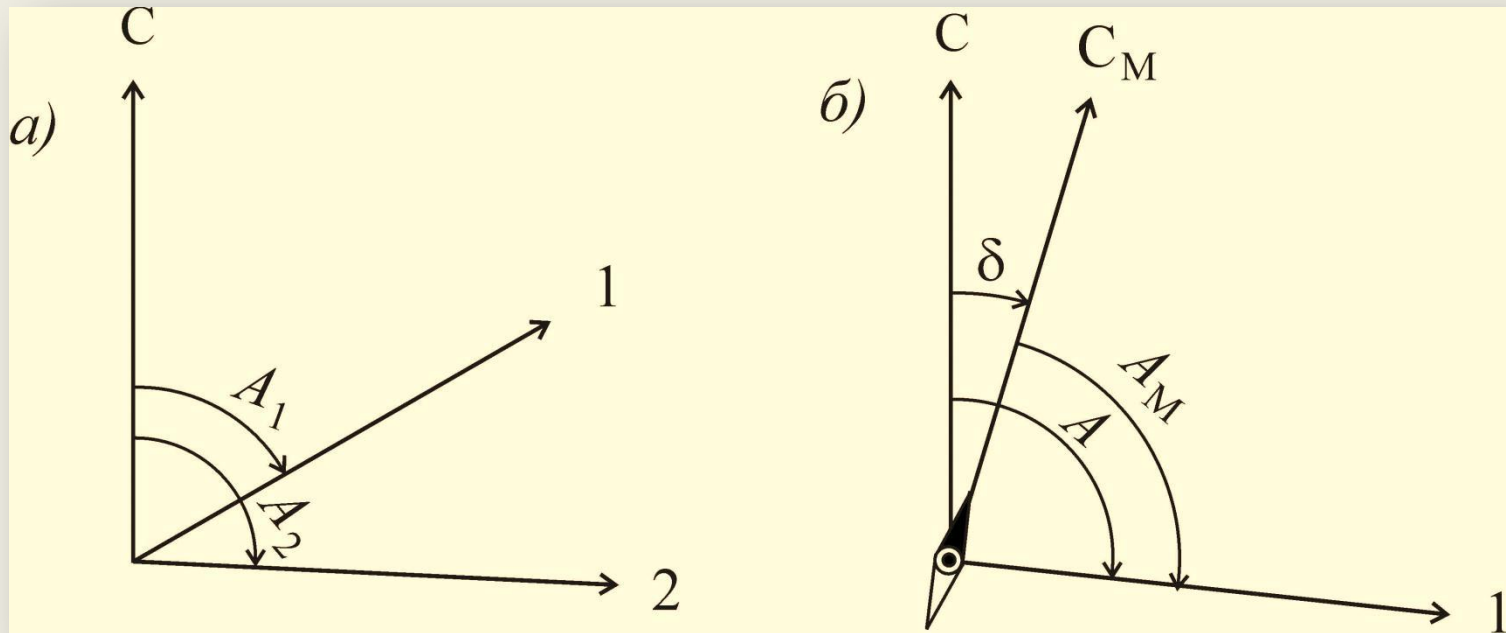
# Ориентирование линий. Прямая и обратная геодезические задачи

# Углы ориентирования



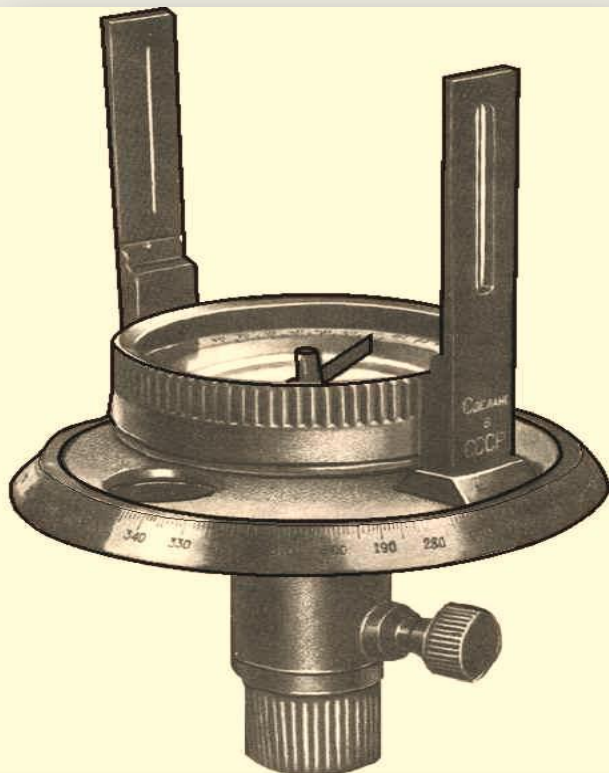
Угол, измеряемый по ходу часовой стрелки от северного направления меридиана до заданного направления, называется **азимутом**

Угол, отсчитываемый от северного направления магнитной стрелки до заданного направления, называется магнитным азимутом



Углы ориентирования: ***a*** – азимуты географические; ***б*** – магнитный азимут. ***C*** – северное направление меридиана, угол ***A<sub>1</sub>*** – азимут направления на точку 1 и ***A<sub>2</sub>*** – азимут направления на точку 2

**Угол  $\delta$**  - склонение магнитной стрелки компаса от направления истинного меридиана



Буссоль

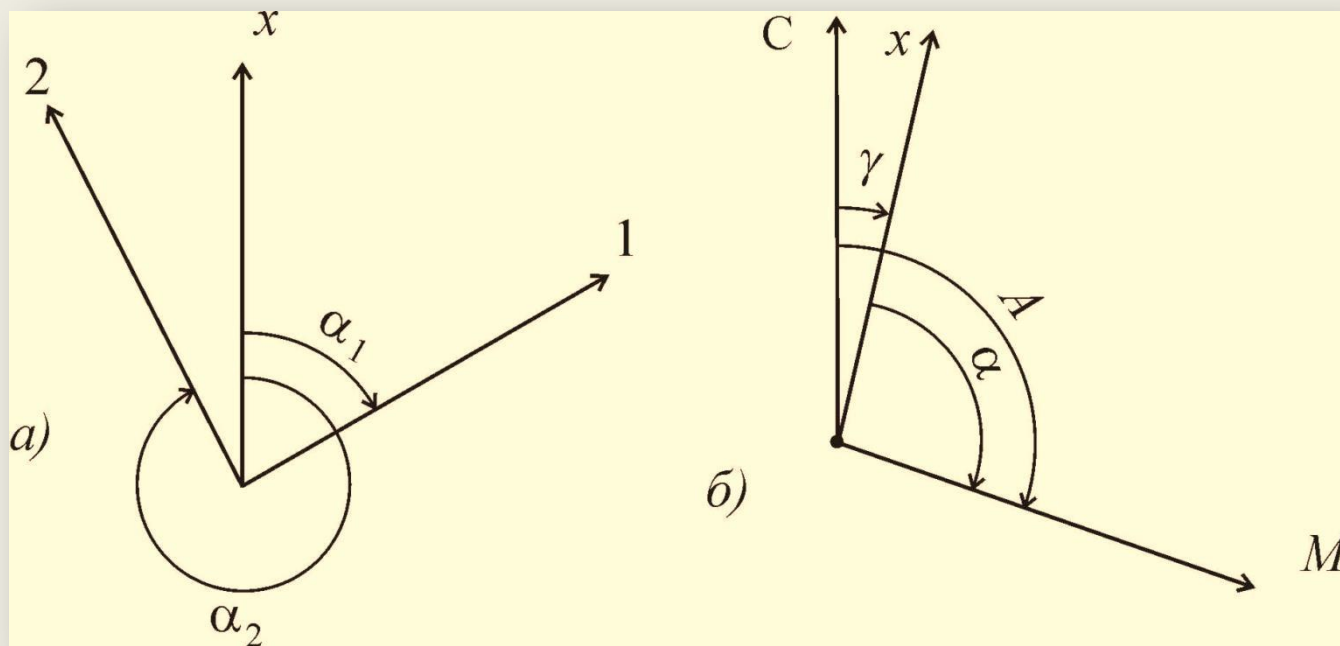
Азимут с магнитным азимутом связывает формула:

$$A = A_{\text{м}} + \delta;$$

где  $A$  – азимут,  $A_{\text{м}}$  – магнитный азимут

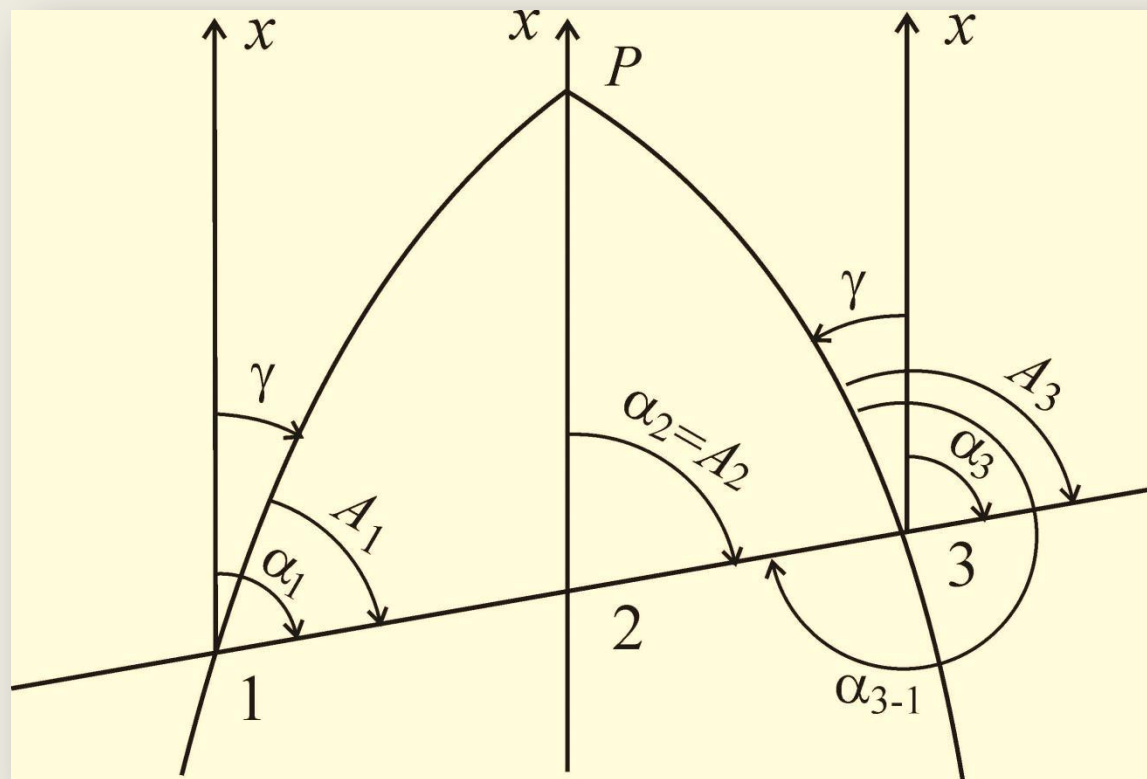
**Дирекционный угол**- угол между северным направлением осевого меридиана или линии ему параллельной и заданным направлением

Угол  $\gamma$  между северным направлением меридиана и направлением оси  $X$  прямоугольных координат (линии, параллельной осевому меридиану)- **сближение меридианов**



Углы ориентирования:  $a$  – дирекционные углы  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ;  $b$  – азимут  $A$  и дирекционный угол  $\alpha$

Отклонение оси **X** от меридиана к востоку, сближение меридианов считают положительным, при отклонении к западу – отрицательным. Справедлива формула:  **$A = \alpha + \gamma$**



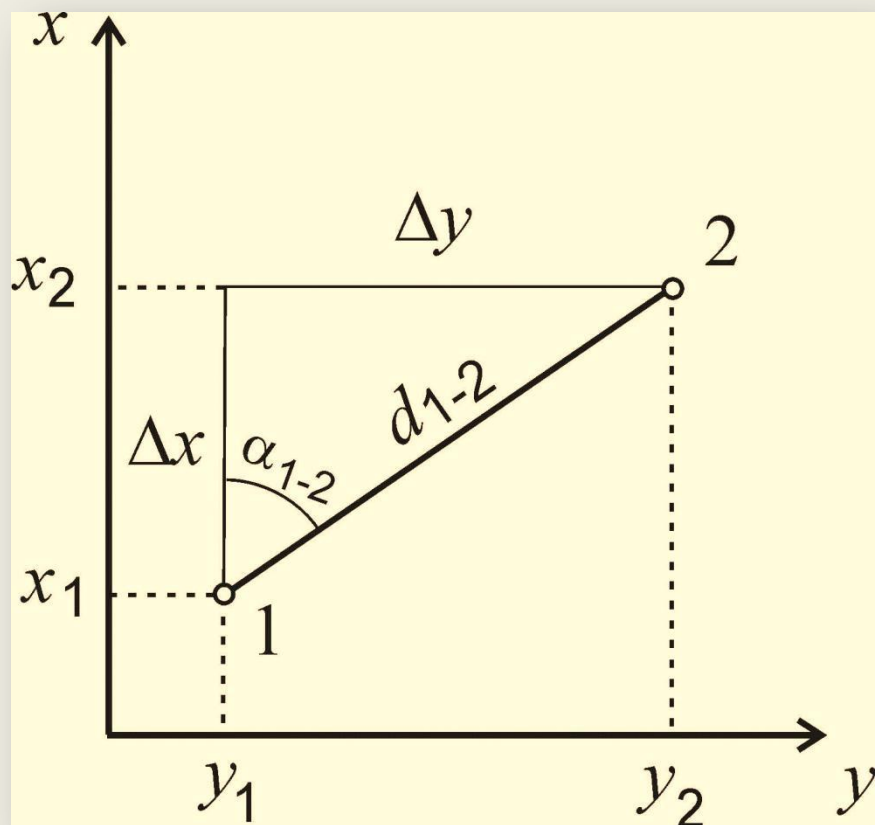
$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

$$\alpha_{1-3} = \alpha_{3-1} \pm 180$$

$$A_1 \neq A_2 \neq A_3$$

Связь между азимутами и дирекционными углами: 1 – в западной половине зоны; 2 – на осевом меридиане; 3 – в восточной половине зоны; **P** – полюс; **1P**, **3P** – меридианы; **2P** – осевой меридиан

## ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ



$\Delta x, \Delta y$  – приращения координат

**Известны:** координаты  $X_1$  и  $Y_1$  точки 1, дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  и расстояние  $d_{1-2}$  до точки 2

**Требуется:** вычислить ее координаты  $X_2$  и  $Y_2$

Координаты точки 2  
вычисляются по формулам

$$x_2 = x_1 + \Delta x;$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y;$$

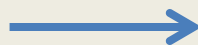
$$\Delta x = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2};$$

$$\Delta y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

# ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА НА ПЛОСКОСТИ

**Известны:** координаты  $X_1, Y_1$   
точки 1 и  $X_2, Y_2$  точки 2  
**Требуется:** вычислить  
расстояние между ними  $d_{1-2}$  и  
дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



$$\omega = \operatorname{arctg} \left( \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$

Значения арктангенса всегда находятся в диапазоне  $-90^\circ \leq \omega \leq +90^\circ$

Переход от  $\omega$  к  $\alpha$  зависит от координатной четверти, в которой расположено заданное направление

	I четверть	II четверть	III четверть	IV четверть
$\Delta x$	+	—	—	+
$\Delta y$	+	+	—	—
$\omega$	+	—	+	—
Формулы	$\alpha = \omega$	$\alpha = \omega + 180^\circ$	$\alpha = \omega + 180^\circ$	$\alpha = \omega + 360^\circ$

Определяем расстояние между точками:

$$d_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$

ИЛИ

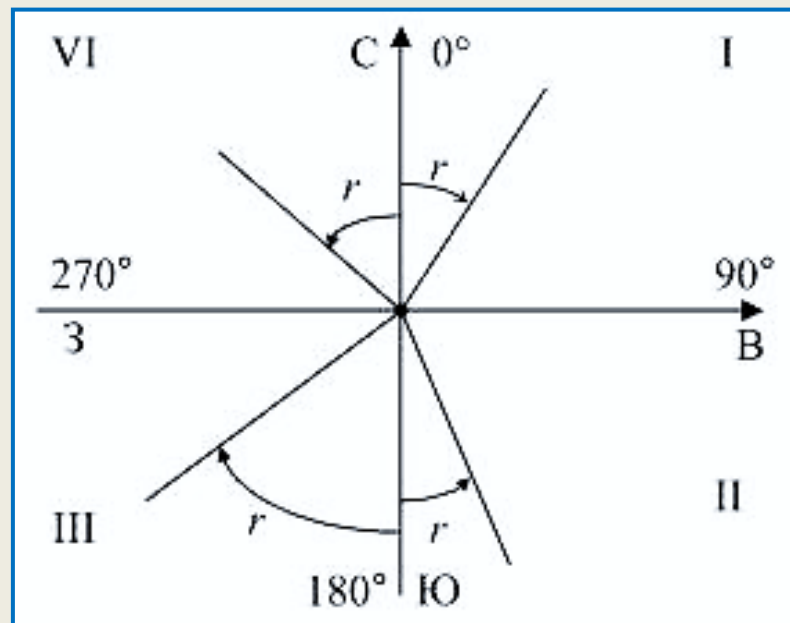
$$d_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{\sin \alpha_{1-2}} = \frac{x_2 - x_1}{\cos \alpha_{1-2}},$$

# Соотношение между величиной дирекционного угла, названием румба и знаками приращений координат

Дирекционный угол	Название румба	Знаки приращений координат	
		$\Delta x$	$\Delta y$
0–90°	СВ	+	+
90°–180°	ЮВ	–	+
180°–270°	ЮЗ	–	–
270°–360°	СЗ	+	–

$\Delta x +$ $\Delta y -$ $r = 360^\circ - \alpha$ $\alpha = 360^\circ - r$	X	$\Delta x +$ $\Delta y +$ $r = \alpha$ $\alpha = r$	
$\Delta x -$ $\Delta y -$ $r = \alpha - 180^\circ$ $\alpha = r + 180^\circ$		$\Delta x -$ $\Delta y +$ $r = 180^\circ - \alpha$ $\alpha = 180^\circ - r$	y





## Зависимость между азимутами, дирекционными углами и румбами

Четверть	Пределы изменения азимута	Название румба и формула	Формула азимута	Формула дирекционного угла
I	0–90°	СВ: $r=A_1$	$A_1=r_1$	$\alpha_1=r_1$
II	90–180°	ЮВ: $r_2=180^\circ-A_1$	$A_1=180^\circ-r_2$	$\alpha_2=180^\circ-r_2$
III	180–270°	ЮЗ: $r_3=A_3-180^\circ$	$A_3=180^\circ+r_3$	$\alpha_3=180^\circ+r_3$
IV	270–360°	СЗ: $r_4=360^\circ-A_4$	$A_4=360^\circ-r_4$	$\alpha_4=360^\circ-r_4$