

Теорема:  $J'_\alpha = \left( \int_a^b f(x, \alpha) dx \right)'_\alpha = \int_a^b f'_\alpha(x, \alpha) dx$

**Ex:**

$$I(\alpha) = \int_0^{+\infty} e^{-x} \frac{\sin \alpha x}{x} dx \quad I'_\alpha(\alpha) = \int_0^{+\infty} (e^{-x} \frac{\sin \alpha x}{x})'_\alpha dx = \int_0^{+\infty} e^{-x} \frac{1}{x} x \cos \alpha x dx = \int_0^{+\infty} e^{-x} \cos \alpha x dx = \frac{1}{a + \alpha^2}$$

Из этого следует, что  $I(\alpha) = \int_0^{+\infty} \frac{1}{a + \alpha^2} dx = \arctg(\alpha) + C$

Так как  $I(\alpha)$  - несобственный интеграл, это функция, а не семейство функций. Найдем  $C$ .

$$I(0) = \int_0^{+\infty} e^{-x} \frac{\sin 0 * x}{x} dx = 0 \implies C = 0 \quad \text{Таким образом, } I(\alpha) = \left( \int_0^{+\infty} e^{-x} \frac{\sin \alpha x}{x} dx \right)'_\alpha = \arctg(\alpha)$$

**Ex:** Гамма-функция

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (\alpha > 0)$$

**Исследуем на сходимоть:**

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx = \int_0^1 x^{\alpha-1} e^{-x} dx + \int_1^{+\infty} x^{\alpha-1} e^{-x}$$

На отрезке  $[0; 1]$   $e^{-x} \in [0; 1]$ . Тогда  $0 \leq \int_0^1 x^{\alpha-1} e^{-x} dx \leq \int_0^1 x^{\alpha-1} dx \implies$  интеграл сходится

Пусть  $n > \alpha - 1, n \in \mathbb{N}$ , тогда:

$$\int_1^{+\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \leq \int_1^{+\infty} x^n e^{-x} dx - \text{по частям, появятся } x^k e^{-x} \Big|_1^{+\infty} \rightarrow 0 \text{ и } \int_1^{+\infty} e^{-x} dx \text{ сходится}$$

Найдем формулу для  $\Gamma(\alpha)$ :

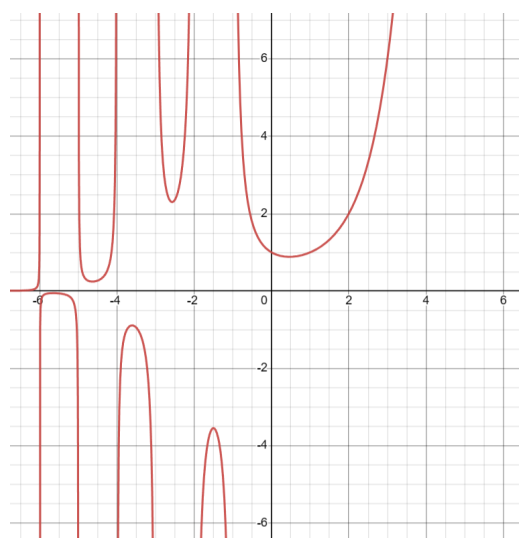
$$\alpha \in \mathbb{N} \quad \Gamma(1) = \int_0^{+\infty} e^{-x} dx = -e^{-x} \Big|_0^{+\infty} = 1$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx = - \int_0^{+\infty} x^{\alpha-1} d e^{-x} = -x^{\alpha-1} e^{-x} \Big|_1^{+\infty} + \int_0^{+\infty} x^{\alpha-2} (\alpha-1) e^{-x} dx = (\alpha-1) \Gamma(\alpha-1)$$

$$1) = (\alpha-1)! \Gamma(1) = (\alpha-1)!$$

$$\Gamma(n+1) = n!$$

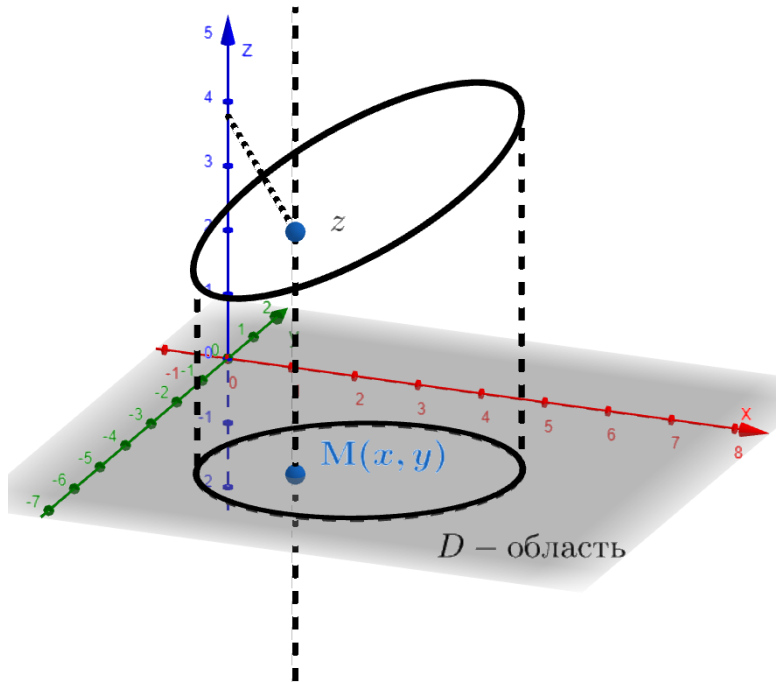
**Lab:** Посмотреть, как обобщается понятие факториала на вещественные числа:



## 4. Функция нескольких переменных (ФНП)

## 4.1. Определение

*Nota:* Дадим определение ФНП



$\forall M(x, y) \exists! z \in \mathbb{R} : z = f(x, y) \iff z = f(x, y)$  - функция двух переменных

*Def:* Окрестность точки  $M_0(x_0, y_0)$

$U_\delta(M_0) = \{(x, y) \in Oxy : (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 < \delta^2, \delta > 0 \text{ - радиус}\}$

$\overset{\circ}{U}_\delta(M_0)$  - выколота

*Nota:*  $\Delta x = x - x_0, \Delta y = y - y_0$ , одновременное стремление  $\Delta x, \Delta y \rightarrow 0$  можно заменить  $\Delta = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \rightarrow 0$

*Def:*  $\lim_{M \rightarrow M_0} z(x, y) = L \in \mathbb{R} \iff \forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 (\delta = \delta(\varepsilon)) | \forall M \in \overset{\circ}{U}_\delta(M_0) | z(x, y) - L | < \varepsilon$

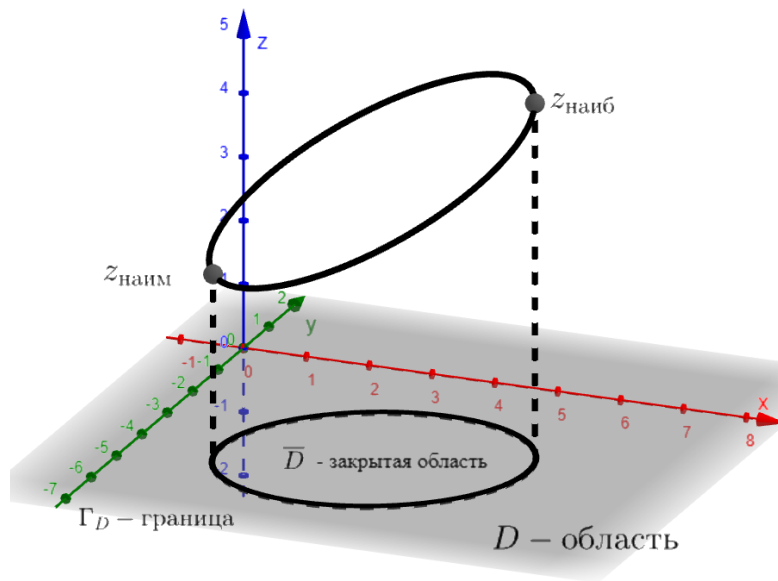
$M_0$  - точка сгущения и  $x_0, y_0 \in \mathbb{R}$  (здесь)

*Nota:* На плоскости  $Oxy$  возможно стремление  $M \rightarrow M_0$  по разным путям  $F(x, y) = 0$  (уравнение кривой)

При этом значение предела вдоль разных путей могут отличаться (аналог односторонних пределов)

Предел в определении - предел в общем смысле: его существование и значение не зависит от пути

*Def:*  $z = f(x, y)$  называется непрерывной в точке  $M(x_0, y_0)$ , если  $z = f(x_0, y_0) = \lim_{M \rightarrow M_0} z(x, y)$   
 $z$  непрерывна на  $D$ , если  $z$  непрерывна  $\forall (x, y) \in D$



*Nota:* Справедливы теоремы Вейерштрасса и Больцано-Коши для функции, непрерывной в заданной области

$z = f(x, y)$  непрерывна на  $\bar{D} = D \cup \Gamma_D$ , где  $\bar{D}$  - закрытая область,  $D$  - открытая область,  $\Gamma_D$  - граница

*Th.* W1 -  $z = f(x, y)$  ограничена на  $\bar{D}$

*Th.* W2 -  $\exists$  наибольшее и наименьшее  $z \in \bar{D}$

*Th.* В-С1 - на границе  $\Gamma_D$   $z$  принимает значения разных знаков  $\implies \exists M \in \bar{D} : z(M) = 0$

*Th.* В-С1 -  $z(x, y)$  принимает все значения от  $z_{\text{наим}}$  до  $z_{\text{наиб}}$

#### 4.2 Производные функции двух переменных

Пусть  $l_1, l_2$  соответствуют кривые  $L_1, L_2$  на поверхности  $z = f(x, y)$ .

Пользуясь геометрическим смыслом производной, заметим, что касательные к  $L_1, L_2$  могут быть различными.

Поэтому для определения производной выберем координатные направления  $x = \text{const}$  и  $y = \text{const}$

$$z = f(x = c, y)$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta_y z}{\Delta y}, \text{ где } \Delta_y z = z(x, y + \Delta y) - z(x, y)$$

Определили частную производную  $z$  по  $y$

Lab: Дать определение  $\frac{\partial z}{\partial x}$

*Nota:*  $\Delta_y z = z(x, y + \Delta y) - z(x, y)$  и  $\Delta_y z$  называют частным приращением

*Def:* Полное приращение  $\Delta z \stackrel{\text{def}}{=} z(x + \Delta x, y + \Delta y) - z(x, y)$

*Nota!*  $\Delta z \neq \Delta_x z + \Delta_y z$

Обозн.:  $\frac{\partial z}{\partial x} = z'_x = z_x, \frac{\partial z}{\partial y} = z'_y = z_y$

Как определить функцию, дифференцируемую в точке?

По аналогии  $\Delta z = A\Delta x + B\Delta y + \alpha\Delta x + \beta\Delta y$ , где  $A, B \in \mathbb{R}$ ,  $\alpha, \beta$  - б. м.