

# Μαθηματικά για Χημικούς



## Παράγωγος

Γεωμετρική ερμηνεία: Η παράγωγος μιας συνάρτησης  $f$  σε ένα σημείο  $x_0$  δείχνει πόσο “απότομα” αλλάζει η συνάρτηση εκεί. Γεωμετρικά, εκφράζει την κλίση της εφαπτομένης ευθείας της γραφικής παράστασης στο σημείο  $(x_0, f(x_0))$ .

Φυσική ερμηνεία: Στη Φυσική, η παράγωγος δείχνει το ρυθμό μεταβολής ενός μεγέθους ως προς ένα άλλο. Για παράδειγμα: Αν  $x(t)$  είναι η θέση ενός σώματος, τότε η παράγωγος της θέσης ως προς τον χρόνο είναι η ταχύτητα του σώματος, δηλαδή πόσο αλλάζει η θέση ανά μονάδα χρόνου.

### Ορισμός παραγώγου

Η παράγωγος της  $f$  στο σημείο  $x_0$  ορίζεται ως το όριο:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

Αν το όριο αυτό υπάρχει, λέμε ότι η  $f$  είναι παραγωγίσιμη στο σημείο  $x_0$ .

### Συμβολισμοί της παραγώγου

Η παράγωγος μπορεί να γραφτεί με διάφορους ισοδύναμους τρόπους:

$$f'(x), \quad f'(x_0), \quad y', \quad \frac{dy}{dx}, \quad \frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0}$$

$f'(x) \rightarrow$  Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος γραφής.

$f'(x_0) \rightarrow$  Δείχνει την τιμή της παραγώγου στο σημείο  $x_0$ .

$y' \rightarrow$  Χρησιμοποιείται όταν η συνάρτηση δίνεται ως  $y=f(x)$ .

$\frac{dy}{dx} \rightarrow$  Παράγωγος του  $y$  ως προς το  $x$ . Δείχνει ρητά ότι η παράγωγος παίρνεται ως προς το  $x$ .

$\frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0} \rightarrow$  η παράγωγος του  $y$  ως προς το  $x$ , υπολογισμένη στο  $x$  μηδέν. Δηλώνει συγκεκριμένο σημείο υπολογισμού.

## Παράγωγοι Συναρτήσεων

### ! Βασικοί τύποι παραγώγων

1. Παράγωγος σταθερής συνάρτησης

Αν  $f(x)=c$ , όπου  $c$  είναι σταθερός αριθμός, τότε:

$$f'(x) = 0$$

2. Παράγωγος της συνάρτησης  $f(x)=x$

$$f'(x) = 1$$

3. Παράγωγος δύναμης του  $x$

Αν  $f(x)=x^n$ , τότε:

$$f'(x) = n x^{n-1}$$

4. Παράγωγος εκθετικής συνάρτησης

$$(e^x)' = e^x$$

$$(a^x)' = a^x \ln a$$

5. Παράγωγος λογαριθμικής συνάρτησης

$$(\ln x)' = \frac{1}{x}$$

6. Παράγωγοι τριγωνομετρικών συναρτήσεων

$$(\sin x)' = \cos x$$

$$(\cos x)' = -\sin x$$

$$(\tan x)' = \frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$$

7. Παράγωγοι αντίστροφων τριγωνομετρικών συναρτήσεων

$$(\arcsin x)' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$(\arccos x)' = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$(\arctan x)' = \frac{1}{1+x^2}$$

## ! Κανόνες παραγώγισης

### 1. Κανόνας σταθερού πολλαπλασίου

Αν  $f(x) = c \cdot g(x)$ , τότε:

$$f'(x) = c \cdot g'(x)$$

Παράδειγμα:

Να βρεθεί η παράγωγος της  $f(x) = 5x^3$

$$f'(x) = (5x^3)' = 5(x^3)' = 5 \cdot 3 \cdot x^2$$

### 2. Κανόνας αθροίσματος ή διαφοράς

Αν  $f(x) = g(x) \pm h(x)$ , τότε:

$$f'(x) = g'(x) \pm h'(x)$$

Παράδειγμα:

Να βρεθεί η παράγωγος της  $f(x) = x^3 + 2x^2 - 5x + 7$

$$f'(x) = (x^3 + 2x^2 - 5x + 7)' = (x^3)' + (2x^2)' - (5x)' + (7)'$$

$$= (x^3)' + 2(x^2)' - 5(x)' + (7)' = 3x^2 + 2 \cdot 2 \cdot x - 5 \cdot 1 + 0$$

$$\Rightarrow f'(x) = 3x^2 + 4x - 5$$

### 3. Κανόνας γινομένου

Αν  $f(x) = g(x) \cdot h(x)$ , τότε:

$$f'(x) = g'(x) h(x) + g(x) h'(x)$$

Παράδειγμα:

Να βρεθεί η παράγωγος της  $f(x) = x^2 \sin x$

$$f'(x) = (x^2 \sin x)' = (x^2)' \cdot (\sin x) + (x^2) \cdot (\sin x)'$$

$$\Rightarrow f'(x) = 2x \cdot \sin x + x^2 \cdot \cos x$$

### 4. Κανόνας πηλίκου

Αν  $f(x) = \frac{g(x)}{h(x)}$ , τότε:

$$f'(x) = \frac{g'(x)h(x) - g(x)h'(x)}{[h(x)]^2}$$

Παράδειγμα:

Να βρεθεί η παράγωγος της  $f(x) = \frac{x^2 + 1}{x - 1}$

$$f'(x) = \left( \frac{x^2 + 1}{x - 1} \right)' = \frac{[(x^2 + 1)'(x - 1) - (x^2 + 1)(x - 1)']}{(x - 1)^2}$$

$$\Rightarrow f'(x) = \frac{[2x^2 - 2x - x^2 - 1]}{(x-1)^2} = \frac{x^2 - 2x - 1}{(x-1)^2}$$

### 5. Κανόνας αλυσίδας (σύνθετη συνάρτηση)

Αν  $f(x) = g(h(x))$ , τότε:

Παράδειγμα

$$f'(x) = g'(h(x)) \cdot h'(x)$$

Αν  $f(x) = (3x+2)^4$ , τότε με τον κανόνα αλυσίδας:

$$f'(x) = ((3x+2)^4)' = 4(3x+2)^3 \cdot (3x+2)'$$

$$\Rightarrow f'(x) = 4(3x+2)^3 \cdot (3)$$

$$\Rightarrow f'(x) = 12(3x+2)^3$$

### Άσκηση

Να υπολογισθεί η παράγωγος  $\frac{dy}{dx}$   
της συνάρτησης

$$y = \sqrt[3]{x} + \sqrt[5]{x}$$

### Λύση

$$\begin{aligned}
 \frac{dy}{dx} &= \frac{d(\sqrt[3]{x} + \sqrt[5]{x})}{dx} \\
 &= \frac{d(\sqrt[3]{x})}{dx} + \frac{d(\sqrt[5]{x})}{dx} \\
 &= \frac{d(x^{1/3})}{dx} + \frac{d(x^{1/5})}{dx} \\
 &= \frac{1}{3}x^{1/3-1} + \frac{1}{5}x^{1/5-1} \\
 \Rightarrow \frac{dy}{dx} &= \frac{1}{3}x^{-2/3} + \frac{1}{5}x^{-4/5}
 \end{aligned}$$

## Άσκηση

Να βρεθεί η παράγωγος  $\frac{dy}{dx}$   
της συνάρτησης

1.  $y = \sin 2x$

2.  $y = \sin^2 x$

## Λύση

i) Για  $y = \sin 2x$ :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{d(\sin 2x)}{dx} = \cos 2x \cdot \frac{d(2x)}{dx} = 2 \cos 2x$$

ii) Για  $y = \sin^2 x$ :

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \frac{d(\sin^2 x)}{dx} = \frac{d((\sin x)^2)}{dx} \\ &= 2 \sin x \cdot \frac{d(\sin x)}{dx} = 2 \sin x \cos x = \sin 2x \end{aligned}$$

## Δεύτερη Παράγωγος

Αν μια συνάρτηση  $y=f(x)$  είναι παραγωγίσιμη και η παράγωγός την  $\frac{dy}{dx}$  είναι επίσης παραγωγίσιμη, τότε ορίζεται η δεύτερη παράγωγος της  $f$  ως:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left( \frac{dy}{dx} \right)$$

Η δεύτερη παράγωγος εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής της πρώτης παραγώγου. Δηλαδή, δείχνει πώς αλλάζει η ταχύτητα μεταβολής της συνάρτησης.

### Άσκηση

Να βρεθεί η δεύτερη παράγωγος της συνάρτησης  $y=2\ln x$

### Λύση

Βήμα 1: Πρώτη παράγωγος

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= \frac{d(2 \ln x)}{dx} = 2 \cdot \frac{d(\ln x)}{dx} \\ \Rightarrow \frac{dy}{dx} &= 2 \cdot \frac{1}{x} = \frac{2}{x} \end{aligned}$$

Βήμα 2: Δεύτερη παράγωγος

Τώρα παραγωγίζουμε ξανά το αποτέλεσμα  $\frac{dy}{dx} = \frac{2}{x}$

$$\begin{aligned} \frac{d^2y}{dx^2} &= \frac{d\left(\frac{2}{x}\right)}{dx} = 2 \cdot \frac{d(x^{-1})}{dx} \\ \Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} &= 2 \cdot (-x^{-2}) = -\frac{2}{x^2} \end{aligned}$$

Άρα

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{2}{x^2}$$

## Παραμετρική παράγωγος

Όταν μια συνάρτηση δεν δίνεται με τη μορφή  $y=f(x)$ , αλλά οι μεταβλητές  $x$  και  $y$  εκφράζονται παραμετρικά ως:

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

τότε η παράγωγος του  $y$  ως προς  $x$  δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}}$$

Δηλαδή, πρώτα υπολογίζουμε τις παραγώγους των  $x(t)$  και  $y(t)$  ως προς τον  $t$  και στη συνέχεια παίρνουμε το πηλίκο αυτών των δύο.

### **Άσκηση**

Να βρεθεί η πρώτη και η δεύτερη παράγωγος της παραμετρικής συνάρτησης:

$$x(t) = t^2 + 1$$

$$y(t) = t^3 + t$$

### **Λύση**

Υπολογισμός πρώτων παραγώγων

$$\frac{dx}{dt} = 2t, \quad \frac{dy}{dt} = 3t^2 + 1$$

Υπολογισμός της πρώτης παραμετρικής παραγώγου

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}} = \frac{3t^2 + 1}{2t}$$

Υπολογισμός της δεύτερης παραγώγου

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{d}{dt} \left( \frac{dy}{dx} \right)}{\frac{dx}{dt}}$$

Έχουμε:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{3t^2 + 1}{2t}$$

Παράγωγος ως προς t:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \left( \frac{3t^2 + 1}{2t} \right) &= \frac{(6t)(2t) - (3t^2 + 1)(2)}{(2t)^2} \\ &= \frac{12t^2 - 6t^2 - 2}{4t^2} = \frac{6t^2 - 2}{4t^2}\end{aligned}$$

Τώρα διαιρούμε με  $\frac{dx}{dt} = 2t$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{6t^2 - 2}{4t^2}}{2t} = \frac{6t^2 - 2}{8t^3}$$

Απλοποιούμε:

$$\Rightarrow \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{3t^2 - 1}{4t^3}$$