

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
2019

ΕΚΦΩΝΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

A1. Έστω $A \subseteq \mathbb{R}$.

α) Τι ονομάζουμε πραγματική συνάρτηση με πεδίο ορισμού το A ;
(Μονάδες 2)

β) i. Πότε μια συνάρτηση $f: A \rightarrow \mathbb{R}$ έχει αντίστροφη;
(Μονάδα 1)

ii. Αν ισχύουν οι προϋποθέσεις του **(i)**, πώς ορίζεται η αντίστροφη συνάρτηση της f ;
(Μονάδες 3)

Μονάδες 6

A2. Να διατυπώσετε το θεώρημα του Fermat που αφορά τα τοπικά ακρότατα μιας συνάρτησης.

Μονάδες 4

A3. Έστω μια συνάρτηση f , η οποία είναι συνεχής σε ένα διάστημα Δ . Αν $f'(x) > 0$ σε κάθε εσωτερικό σημείο x του Δ , να αποδείξετε ότι η f είναι γνησίως αύξουσα σε όλο το Δ .

Μονάδες 5

A4. Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν, γράφοντας στο τετράδιό σας το γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε πρόταση και δίπλα στο γράμμα τη λέξη **Σωστό**, αν η πρόταση είναι σωστή, ή **Λάθος**, αν η πρόταση είναι λανθασμένη. **Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.**

α) Για κάθε συνάρτηση f , η οποία είναι παραγωγίσιμη στο $A = (-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$ με $f'(x) = 0$ για κάθε $x \in A$, ισχύει ότι η f είναι σταθερή στο A .

(Μονάδα 1 για το ν χαρακτηρισμό Σωστό/Λάθος
Μονάδες 3 για την αιτιολόγηση)

β) Για κάθε συνάρτηση $f: A \rightarrow \mathbb{R}$, όταν υπάρχει το όριο της f καθώς το x τείνει στο $x_0 \in A$, τότε αυτό το όριο ισούται με την τιμή της f στο x_0 .

(Μονάδα 1 για το ν χαρακτηρισμό Σωστό/Λάθος
Μονάδες 3 για την αιτιολόγηση)

Μονάδες 8

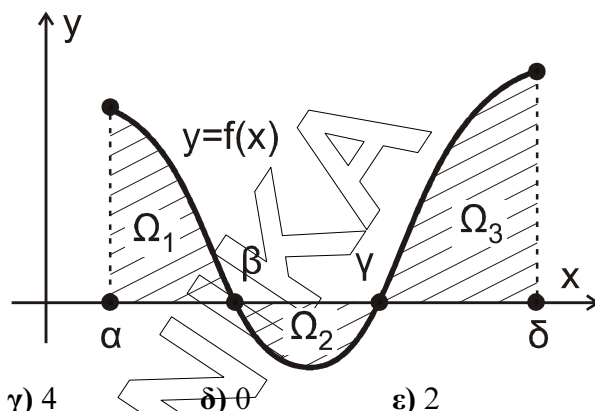
A5. Έστω η συνάρτηση f του διπλανού σχήματος.

Αν για τα εμβαδά των χωρίων

Ω_1, Ω_2 και Ω_3 ισχύει ότι

$E(\Omega_1) = 2, E(\Omega_2) = 1$ και $E(\Omega_3) = 3$,

τότε το $\int_{\alpha}^{\delta} f(x) dx$ είναι ίσο με:



α) 6

β) -4

γ) 4

δ) 0

ε) 2

Να γράψετε στο τετράδιό σας το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

ΘΕΜΑ Β

Δίνεται η συνάρτηση $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ με τύπο $f(x) = e^{-x} + \lambda$, όπου $\lambda \in \mathbb{R}$, η οποία έχει οριζόντια ασύμπτωτη στο $+\infty$ την ευθεία $y=2$.

B1. Να αποδείξετε ότι $\lambda = 2$.

Μονάδες 3

B2. Να αποδείξετε ότι η εξίσωση $f(x) - x = 0$ έχει μοναδική ρίζα, η οποία βρίσκεται στο διάστημα $(2, 3)$.

Μονάδες 7

B3. Να αποδείξετε ότι η συνάρτηση f είναι 1-1 (μονάδες 2) και στη συνέχεια να βρείτε την αντίστροφή της (μονάδες 4).

Μονάδες 6

B4. Έστω $f^{-1}(x) = -\ln(x-2)$, $x > 2$. Να βρείτε την κατακόρυφη ασύμπτωτη της γραφικής της παράστασης (μονάδες 3) και στη συνέχεια να κάνετε μια πρόχειρη γραφική παράσταση των συναρτήσεων f και f^{-1} στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων (μονάδες 6).

Μονάδες 9

ΘΕΜΑ Γ

Δίνεται η παραγωγίσιμη συνάρτηση $f(x) = \begin{cases} x^2 + \alpha, & x \geq 1 \\ e^{x-1} + \beta x, & x < 1. \end{cases}$

Γ1. Να αποδείξετε ότι $\alpha = 1$ και $\beta = 1$.

Μονάδες 5

- Γ2.** Να αποδείξετε ότι η f είναι γνησίως αύξουσα στο $\mathbb{R}$ και να βρείτε το σύνολο τιμών της.

Μονάδες 4

- Γ3.** i. Να αποδείξετε ότι η εξίσωση $f(x) = 0$ έχει μοναδική ρίζα x_0 , η οποία είναι αρνητική.

(Μονάδες 4)

- ii. Να αποδείξετε ότι η εξίσωση $f^2(x) - x_0 f(x) = 0$ είναι αδύνατη στο $(x_0, +\infty)$.

(Μονάδες 4)

Μονάδες 8

- Γ4.** Ένα σημείο $M(x, y)$ κινείται κατά μήκος της καμπύλης $y = f(x)$, $x \geq 1$. Τη χρονική στιγμή t_0 κατά την οποία το σημείο M διέρχεται από το σημείο $A(3, 10)$, ο ρυθμός μεταβολής της τετμημένης του σημείου M είναι 2 μονάδες ανά

δευτερόλεπτο. Να βρείτε τον ρυθμό μεταβολής του εμβαδού του τριγώνου $\triangle MOK$ τη χρονική στιγμή t_0 , όπου $K(x, 0)$ και $O(0, 0)$.

Μονάδες 8

ΘΕΜΑ Δ

Δίνονται η συνάρτηση $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ με τύπο $f(x) = (x-1)\ln(x^2 - 2x + 2) + \alpha x + \beta$ όπου $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$ και η ευθεία $(\varepsilon): y = -x + 2$, η οποία εφάπτεται στη γραφική παράσταση της f στο σημείο της $A(1, 1)$.

- Δ1.** Να αποδείξετε ότι $\alpha = -1$ και $\beta = 2$.

Μονάδες 4

- Δ2.** Να βρείτε το εμβαδόν του χωρίου που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της f , την ευθεία (ε) και τις ευθείες $x = 1$ και $x = 2$.

Μονάδες 5

- Δ3.** i. Να αποδείξετε ότι $f'(x) \geq -1$, για κάθε $x \in \mathbb{R}$.

(Μονάδες 3)

- ii. Να αποδείξετε ότι $f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) + \lambda \geq (\lambda - 1)\ln(\lambda^2 - 2\lambda + 2) + \frac{3}{2}$, για κάθε $\lambda \in \mathbb{R}$.

(Μονάδες 5)

Μονάδες 8

- Δ4.** Να αποδείξετε ότι η γραφική παράσταση της συνάρτησης f και η γραφική παράσταση της συνάρτησης $g(x) = -x^3 - x + 2$, $x \in \mathbb{R}$ έχουν μοναδική κοινή εφαπτομένη και να βρείτε την εξίσωσή της.

Μονάδες 8

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

A1. α. Ορισμός, σελίδα σχολικού βιβλίου 15.

β. i. Η συνάρτηση έχει αντίστροφη όταν είναι 1-1 στο A.

ii. Είναι η συνάρτηση $g: f(A) \rightarrow \mathbb{R}$ με την οποία για κάθε $y \in f(A)$ αντιστοιχίζεται μοναδικό $x \in A$ για το οποίο ισχύει $f(x) = y$. Η συνάρτηση αυτή g συμβολίζεται f^{-1} .

A2. Θεώρημα Fermat, σελίδα σχολ. βιβλίου 142.

A3. Θεώρημα, σελίδα σχολ. βιβλίου 135.

A4. α. Λάθος

Έστω η συνάρτηση $f(x) = \begin{cases} -1, & x < 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$

Παρατηρούμε ότι, αν και $f'(x) = 0$, για κάθε $x \in (-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$, εντούτοις η f δεν είναι σταθερή στο $(-\infty, 0) \cup (0, +\infty)$.

A4. β) Λάθος. Έστω η $f(x) = \begin{cases} x, & x \neq 0 \\ 1, & x = 0 \end{cases}$

Είναι $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0} x = 0 \neq f(0) = 1$

A5. γ.

ΘΕΜΑ Β

B1. Ισχύει ότι $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 2 \Leftrightarrow \lim_{x \rightarrow +\infty} (e^{-x} + \lambda) = 2 \Leftrightarrow 0 + \lambda = 2 \Leftrightarrow \lambda = 2$.

B2. Έστω συνάρτηση g με $g(x) = f(x) - x = e^{-x} - x + 2$, $x \in [2, 3]$.

Η συνάρτηση g είναι συνεχής στο $[2, 3]$, ως αποτέλεσμα πράξεων συνεχών συναρτήσεων.

$$\left. \begin{aligned} g(2) &= e^{-2} - 2 + 2 = e^{-2} > 0 \\ g(3) &= e^{-3} - 3 + 2 = \frac{1}{e^3} - 1 = \frac{1 - e^3}{e^3} < 0 \end{aligned} \right\} g(2) \cdot g(3) < 0.$$

Από το θεώρημα Bolzano υπάρχει τουλάχιστον ένα $x_0 \in (2, 3)$ τέτοιο ώστε $g(x_0) = 0 \Leftrightarrow f(x_0) = x_0$.

Επίσης $g'(x) = -e^{-x} - 1 < 0$ για κάθε $x \in \mathbb{R}$.

Άρα η g είναι γνησίως φθίνουσα στο $\mathbb{R}$ άρα και 1-1, οπότε η x_0 είναι μοναδική λύση στο $\mathbb{R}$.

B3. $f'(x) = -e^{-x} < 0$. Άρα η f είναι γνησίως φθίνουσα στο $\mathbb{R}$, οπότε είναι 1-1, άρα αντιστρέφεται.

$$y = f(x) \Leftrightarrow y = e^{-x} + 2 \Leftrightarrow y - 2 = e^{-x} \Leftrightarrow \ln(y - 2) = -x \Leftrightarrow x = -\ln(y - 2) \Leftrightarrow f^{-1}(y) = -\ln(y - 2), \quad y > 2$$

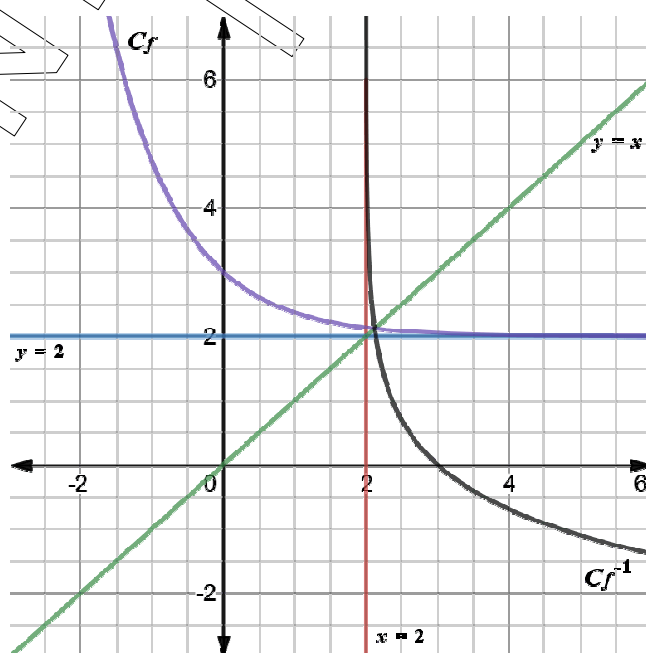
Άρα $f^{-1}(x) = -\ln(x - 2)$, $x > 2$.

B4. Είναι $\lim_{x \rightarrow 2^+} f^{-1}(x) = -\infty$, αφού εάν θέσουμε $x - 2 = u$ όταν $x \rightarrow 2^+ \Rightarrow u \rightarrow 0^+$.

$$\text{Άρα } \lim_{x \rightarrow 2^+} f^{-1}(x) = \lim_{x \rightarrow 2^+} [-\ln(x - 2)] = -\lim_{x \rightarrow 2^+} \ln(x - 2) = -\lim_{u \rightarrow 0^+} \ln u = +\infty \quad \text{διότι}$$

$$\lim_{u \rightarrow 0^+} \ln u = -\infty.$$

Άρα η $x = 2$ είναι κατακόρυφη ασύμπτωτη της γραφικής παράστασης C_f .



ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Η $f(x)$ είναι συνεχής στο $x_0 = 1$ ως παραγωγίσιμη.

$$\text{Οπότε } \lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) \Leftrightarrow 1 + \beta = 1 + \alpha \Leftrightarrow \alpha = \beta$$

$$\lim_{x \rightarrow 1^-} \frac{f(x) - f(1)}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1^-} \frac{e^{x-1} + \beta x - 1 - \alpha}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1^-} \frac{e^{x-1} + \beta x - 1 - \beta}{x - 1} \stackrel{\left(\frac{0}{0}\right)}{=} \lim_{(D.L.H) x \rightarrow 1} \frac{e^{x-1} + \beta}{1} = \beta + 1.$$

$$\lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{f(x) - f(1)}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{x^2 + \alpha - 1 - \alpha}{x - 1} = - \lim_{x \rightarrow 1^+} \frac{(x-1) \cdot (x+1)}{x-1} = -2$$

Επειδή η f είναι παραγωγίσιμη στο 1, πρέπει $\beta + 1 = 2$, άρα $\beta = 1$, οπότε και $\alpha = 1$.

Γ2. Για $x > 1$, $f'(x) = 2x > 0$ (1)

για $x < 1$, $f'(x) = e^{x-1} + 1 > 0$ (2)

και f συνεχής στο 1. (3)

Από (1), (2) και (3) συμπεραίνουμε ότι η f είναι γνησίως αύξουσα στο $\mathbb{R}$.

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} (x^2 + 1) = +\infty$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} (e^{x-1} + x) = -\infty$$

Άρα $f(\mathbb{R}) = \mathbb{R}$.

Γ3. i. $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty$. Άρα υπάρχει $\kappa \in (-\infty, 0)$ ώστε $f(\kappa) < 0$, ενώ $f(0) = e^{-1} = \frac{1}{e} > 0$

Επίσης η f είναι συνεχής στο $\mathbb{R}$ άρα και στο $[\kappa, 0]$, άρα από Θεώρημα Bolzano στο $[\kappa, 0]$, υπάρχει $x_0 \in (\kappa, 0)$ ώστε $f(x_0) = 0$. Η x_0 είναι μοναδική λόγω της μονοτονίας της f .

$$\text{ii. } f^2(x) - x_0 f(x) = 0 \Leftrightarrow f(x) \cdot (f(x) - x_0) = 0 \quad (1)$$

Ισχύει $f(x) \neq 0$ για κάθε $x > x_0$, άρα η (1) στο $(x_0, +\infty)$ είναι ισοδύναμη με την $f(x) - x_0 = 0 \Leftrightarrow f(x) = x_0$.

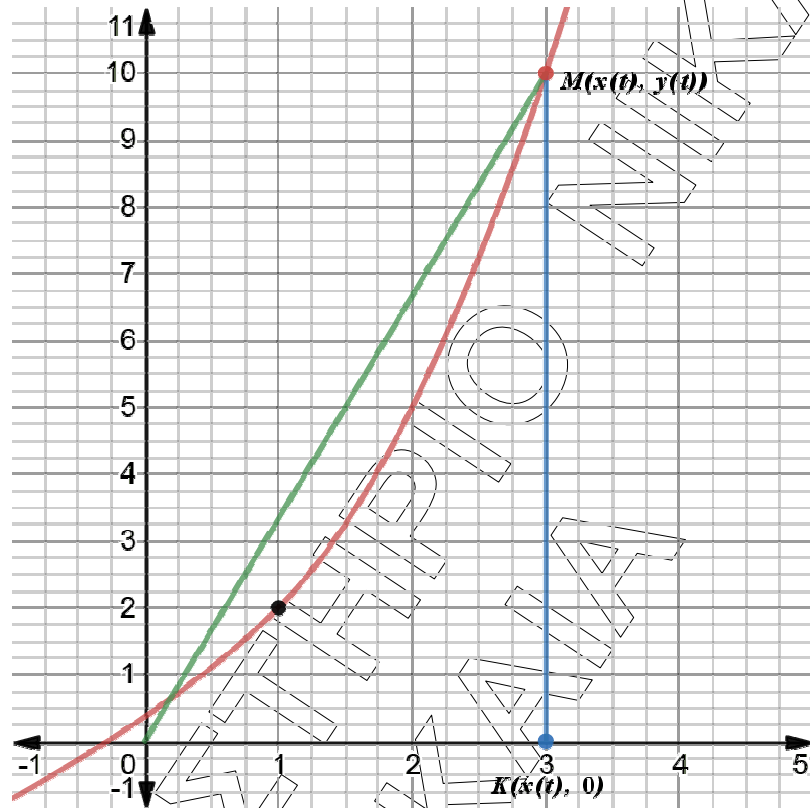
Η τελευταία είναι αδύνατη στο $(x_0, +\infty)$ διότι αφού η f είναι γνησίως αύξουσα, από $x > x_0$ έπεται $f(x) > f(x_0) \Leftrightarrow f(x) > 0$ ενώ $x_0 < 0$.

Γ4. $M(x(t), y(t)) \Rightarrow y(t) = x^2(t) + 1$

$x(t_0) = 3$

$y(t_0) = 10$

$x'(t_0) = 2$



$E(t) = \frac{1}{2} x(t)y(t) \Rightarrow$

$E'(t) = \frac{1}{2} x'(t)y(t) + \frac{1}{2} x(t)y'(t) \Rightarrow$

$E'(t_0) = \frac{1}{2} x'(t_0)y(t_0) + \frac{1}{2} x(t_0)y'(t_0).$

Ισχύει: $y'(t_0) = 2x(t_0)x'(t_0) = 2 \cdot 3 \cdot 2 = 12$

Άρα $E'(t_0) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 12 = 28 \text{ τμ/s.}$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. $f(x) = (x-1) \cdot \ln(x^2 - 2x + 2) + \alpha x + \beta$

$\varepsilon: y = -x + 2$

$f(1) = 1 \Leftrightarrow \alpha + \beta = 1$

$f'(1) = -1$

$f'(x) = \ln(x^2 - 2x + 2) + (x-1) \frac{2x-2}{x^2 - 2x + 2} + \alpha$

$f'(1) = -1 \Leftrightarrow \boxed{\alpha = -1} \quad \text{και} \quad \boxed{\beta = 2}$

Δ2 $f(x) = (x-1) \cdot \ln(x^2 - 2x + 2) - x + 2$ Η f συνεχής στο $\mathbb{R}$ άρα και στο $[1, 2]$

$$\begin{aligned} E &= \int_1^2 |(x-1) \ln(x^2 - 2x + 2) - x + 2| dx = \\ &= \int_1^2 |(x-1) \ln(x^2 - 2x + 2)| dx = \int_1^2 |(x-1) \ln(x^2 - 2x + 1 + 1)| dx \\ &= \int_1^2 |(x-1) \ln[(x-1)^2 + 1]| dx \end{aligned}$$

Για κάθε $x \in [1, 2]$ είναι $(x-1) \geq 0$, $\ln[(x-1)^2 + 1] \geq \ln 1 = 0$.

Έστω $u = x^2 - 2x + 2 \Leftrightarrow du = (2x - 2) dx \Leftrightarrow$

$du = 2(x-1) dx \Leftrightarrow \frac{1}{2} du = (x-1) dx$

Για $x = 1 \Rightarrow u_1 = 1$

Για $x = 2 \Rightarrow u_2 = 2$

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \int_1^2 \ln u du = \frac{1}{2} \left[u \ln u \right]_1^2 - \frac{1}{2} \int_1^2 1 \cdot du = \\ &= \frac{1}{2} (2 \ln 2) - \frac{1}{2} \cdot 1 = \ln 2 - \frac{1}{2} \quad \text{τ.μ.} \end{aligned}$$

Δ3. i. Είναι $f'(x) = \ln[(x-1)^2 + 1] + \frac{2(x-1)^2}{(x-1)^2 + 1} - 1, \quad x \in \mathbb{R}$

Προφανώς για κάθε $x \in \mathbb{R}$, ισχύει

$\ln[(x-1)^2 + 1] + \frac{2(x-1)^2}{(x-1)^2 + 1} \geq 0$. Η ισότητα ισχύει μόνο για $x = 1$, επομένως

$\ln[(x-1)^2 + 1] + \frac{2(x-1)^2}{(x-1)^2 + 1} - 1 \geq -1 \Leftrightarrow f'(x) \geq -1, \quad \forall x \in \mathbb{R}.$

ii. Είναι για $\lambda \in \mathbb{R}$, $f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) + \lambda \geq (\lambda - 1) \ln(\lambda^2 - 2\lambda + 2) + \frac{3}{2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) \geq (\lambda - 1) \ln(\lambda^2 - 2\lambda + 2) - \lambda + 2 - \frac{1}{2} \Leftrightarrow$

$$\Rightarrow f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) \geq f(\lambda) - \frac{1}{2} \quad (1). \text{ Αρκεί επομένως να δειχθεί η (1).}$$

Θεωρώντας τη συνάρτηση f στο διάστημα $\left[\lambda, \lambda + \frac{1}{2}\right]$ ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις του

Θεωρήματος Μέσης Τιμής, επομένως υπάρχει ένα τουλάχιστον $\xi \in \left(\lambda, \lambda + \frac{1}{2}\right)$ τέτοιο ώστε

$$f'(\xi) = \frac{f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) - f(\lambda)}{\frac{1}{2}}. \text{ Όμως από } \Delta 3 \text{ (i), είναι } f'(\xi) \geq -1.$$

$$\text{Άρα } \frac{f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) - f(\lambda)}{\frac{1}{2}} \geq -1 \Leftrightarrow f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) - f(\lambda) \geq -\frac{1}{2}. \text{ Αποδείχθηκε η (1) και}$$

ισοδύναμα η αρχική.

Δ4. Η g είναι παραγωγίσιμη στο $\mathbb{R}$ με $g'(x) = -3x^2 - 1$.

Οι γραφικές παραστάσεις των f και g έχουν κοινή εφαπτόμενη, αν και μόνον υπάρχουν σημεία $A(x_1, f(x_1))$ και $B(x_2, g(x_2))$, ώστε να ταυτίζονται οι ευθείες:

$$y = f'(x_1)(x - x_1) + f(x_1) \Leftrightarrow y = f'(x_1) \cdot x + f(x_1) - f'(x_1) \cdot x_1 \text{ και}$$

$$y = g'(x_2)(x - x_2) + g(x_2) \Leftrightarrow y = g'(x_2) \cdot x + g(x_2) - g'(x_2) \cdot x_2$$

Για να ταυτίζονται οι δύο αυτές ευθείες έπεται ότι αναγκαία θα πρέπει $f'(x_1) = g'(x_2)$

(Να έχουν ίσους συντελεστές διεύθυνσης).

Είναι όμως:

- $f'(x_1) \geq -1, x_1 \in \mathbb{R}$ και η ισότητα ισχύει για $x_1 = 1$ (από Δ3.ι.)
- $g'(x_2) \leq -1, x_2 \in \mathbb{R}$ και η ισότητα ισχύει για $x_2 = 0$

Οπότε $f'(x_1) \geq g'(x_2)$ για κάθε ζεύγος (x_1, x_2) , με την ισότητα $f'(x_1) = g'(x_2)$ να ισχύει αποκλειστικά και μόνον για $x_1 = 1$ και $x_2 = 0$.

Η εφαπτομένη της C_f στο $A(1, f(1))$ είναι $y = -x + 2$ και η εφαπτομένη της C_g στο σημείο $B(0, 2)$ είναι $y - 2 = -1(x - 0) \Leftrightarrow y = -x + 2$.

Άρα η ε μοναδική κοινή εφαπτομένη των C_f, C_g στα σημεία τους A, B αντίστοιχα.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΥΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ:

Γ3. i. Η f είναι γνησίως αύξουσα στα διαστήματα $(-\infty, 1]$ και $[1, +\infty)$ άρα:

$$f((-\infty, 1]) = (\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x), f(1)] = (-\infty, 2].$$

$$f([1, +\infty)) = (f(1), \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)] = [2, +\infty).$$

Από τα επιμέρους σύνολα τιμών προκύπτει ότι υπάρχει x_0 στο διάστημα $(-\infty, 1]$ ώστε $f(x_0)=0$.

Ισοδύναμα $e^{x_0-1} + x_0=0$. Δηλαδή $x_0=-e^{x_0-1} < 0$.

Δ3. i. Υπολογίζοντας τη δεύτερη παράγωγο της f έχουμε:

$$f''(x) = \frac{2(x-1)(x^2-2x+4)}{(x^2-2x+2)^2} = \frac{2(x-1)(x^2-2x+1+3)}{(x^2-2x+1+1)^2} = \frac{2(x-1)[(x-1)^2+3]}{[(x-1)^2+1]^2}, \quad x \in \mathbb{R}$$

Προφανώς είναι $f''(x) > 0$ για κάθε $x \in (-\infty, 1)$ και $f''(x) < 0$ για κάθε $x \in (1, +\infty)$ με την ισότητα να ισχύει για $x = 1$.

Άρα η f' είναι γνησίως φθίνουσα στο $(-\infty, 1]$ και γνησίως αύξουσα στο $[1, +\infty)$.

Κατά συνέπεια η f' παρουσιάζει ελάχιστο (ολικό) για $x_0 = 1$, οπότε $f'(x) \geq f'(1) = -1$.

Δ3. ii. Η προς απόδειξη ανίσωση ισοδυναμεί με την $f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) \geq f(\lambda) - \frac{1}{2}$ (1).

Η (1) γράφεται ισοδύναμα $f\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) + \lambda + \frac{1}{2} \geq f(\lambda) + \lambda \Leftrightarrow g\left(\lambda + \frac{1}{2}\right) \geq g(\lambda)$ (2).

όπου $g(x) = f(x) + x$.

Όμως για κάθε $x \in (-\infty, 1) \cup (1, +\infty)$ είναι $g'(x) = f'(x) + 1 > 0$.

Άρα η g είναι γνησίως αύξουσα στο $\mathbb{R}$ οπότε η (2) ισοδύναμα γράφεται $\lambda + \frac{1}{2} \geq \lambda$ που ισχύει.