

**ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ Γ΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ  
ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ 2024–2025**

Για το σχολικό έτος 2024-2025 η ύλη των Μαθηματικών Προσανατολισμού της Γ΄ Λυκείου περιλαμβάνει τη θεματική της Ανάλυσης της οποίας η διδασκαλία καταλαμβάνει 6 ώρες την εβδομάδα. Οι διατιθέμενες ώρες διδασκαλίας επιτρέπουν την υποστήριξη γνωστικών και διδακτικών στόχων. Πιο συγκεκριμένα:

- α) την σύνδεση της Ανάλυσης με εφαρμογές και προβλήματα που σχετίζονται με την πραγματικότητα.
- β) την υποστήριξη της μεγάλης πλειονότητας των μαθητών/-τριών στο να εμπλακούν με τα Μαθηματικά ανεξάρτητα από τη μέχρι τώρα μαθησιακή πορεία τους.

Η μετατόπιση της διδασκαλίας προς τις διαδικασίες επίλυσης προβλήματος μπορεί να προσφέρει μια επιπλέον νοηματοδότηση των σχετικών εννοιών και διαδικασιών. Για την εμπλοκή των μαθητών/-τριών σε διαδικασίες μαθηματικής μοντελοποίησης και επίλυσης προβλήματος κρίνεται σκόπιμη καταρχάς η αξιοποίηση προβλημάτων από το υπάρχον διδακτικό υλικό (διδακτικό βιβλίο, υλικό και βιβλία αναρτημένα στο <http://ebooks.edu.gr>). Έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τη διαπραγμάτευση των προβλημάτων να παρέχεται επαρκής χρόνος στους/στις μαθητές/-τριες και να αντιμετωπίζονται τυχόν γνωστικές ελλείψεις.

Η αντιμετώπιση γνωστικών ελλείψεων ορισμένων μαθητών/-τριών μπορεί να γίνεται με την ανάδειξη ενδομαθηματικών συνδέσεων εννοιών και διαδικασιών καθώς και την ανάκληση προηγούμενων γνώσεων. Αυτά αποτελούν σημαντικές ευκαιρίες αφενός επανασύνδεσης μαθητών/-τριών που κινδυνεύουν να χάσουν την επαφή με τα Μαθηματικά και αφετέρου βαθύτερης κατανόησης για όλους. Τέτοιες παρεμβάσεις μπορούν να γίνονται κατά την κρίση του/της διδάσκοντα/-ουσας, είτε ως θεωρητική συζήτηση (στις αρχικές παραγράφους συναρτήσεων, μονοτονίας, ακροτάτων κ.ά.), είτε ως παρεμβολή των αναγκαίων θεωρητικών στοιχείων για μια άσκηση.

Παράγραφος	Ελάχιστος αριθμός ωρών	Παράγραφος	Ελάχιστος αριθμός ωρών	Παράγραφος	Ελάχιστος αριθμός ωρών
1.1	3	2.1	8	3.1	4
1.2	10	2.2	4	3.4	5
1.3	10	2.3	5	3.5	7
1.4	3	2.4	5	3.7	10
1.5	6	2.5	4		
1.6	4	2.6	7		
1.7	4	2.7	12		
1.8	12	2.8	4		
		2.9	4		
		2.10	5		

## Κεφάλαιο 1ο

### §1.1

Το περιεχόμενο της παραγράφου αυτής είναι σημείο αναφοράς για τα επόμενα. Οι περισσότερες από τις έννοιες που περιέχονται είναι ήδη γνωστές στους/στις μαθητές/-τριες. Γι' αυτό η διδασκαλία δεν πρέπει να στοχεύει στην εξ υπαρχής αναλυτική παρουσίαση γνωστών εννοιών, αλλά στο να δίνει «αφορμές» στους/στις μαθητές/-τριες να ανατρέχουν στα βιβλία των προηγούμενων τάξεων και να επαναφέρουν στη μνήμη τους γνωστές έννοιες και προτάσεις που θα τις χρειαστούν στα επόμενα.

### §1.2

Προτείνεται να δοθεί έμφαση σε προβλήματα μαθηματικής μοντελοποίησης με κατασκευή συνάρτησης που περιγράφει ένα φαινόμενο ή μία κατάσταση, όπως για παράδειγμα οι ασκήσεις 5 της Α' Ομάδας και 2, 3 και 4 της Β' Ομάδας.

Η διδασκαλία της παραγράφου αυτής είναι μία ευκαιρία ανάκλησης/συμπλήρωσης προηγούμενων γνώσεων από οικείες συναρτήσεις (τριγωνομετρικές, πολυωνυμικές, εκθετικές, λογαριθμικές, κ.ά.) και των αντίστοιχων εξισώσεων και ανισώσεων. Επιπλέον, γεωμετρικές έννοιες και σχέσεις είναι χρήσιμο να συζητούνται με αφορμή σχετικά προβλήματα.

Η έννοια της συνάρτησης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη γραφική της παράσταση και η σύνδεση αυτή πρέπει να αναδεικνύεται σε κάθε ευκαιρία, διότι υποστηρίζει την κατανόηση των χαρακτηριστικών της συνάρτησης.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι μπορεί το γινόμενο δύο συναρτήσεων να είναι η σταθερή συνάρτηση μηδέν χωρίς καμία από τις δύο να είναι ίση με την συνάρτηση μηδέν. Ένα κατάλληλο παράδειγμα αποτελούν οι συναρτήσεις  $f(x) = x + |x|$  και  $g(x) = x - |x|$  των οποίων συνιστάται να γίνει και η γραφική παράσταση.

Επίσης, να επισημανθεί ότι από τον ορισμό της συνάρτησης προκύπτει ότι αν  $x_1, x_2 \in D_f$  και  $x_1 = x_2$  ισχύει πάντα  $f(x_1) = f(x_2)$ . Το αντίστροφο όμως δεν ισχύει πάντα (ισχύει μόνο όταν η συνάρτηση είναι ένα προς ένα, όπως θα φανεί σε επόμενη παράγραφο).

Επιπλέον, είναι χρήσιμο να συζητηθεί ότι ο ορισμός της ισότητας συναρτήσεων δεν μπορεί να υποκατασταθεί με τον «Δύο συναρτήσεις  $f$  και  $g$  λέγονται ίσες όταν έχουν το ίδιο πεδίο ορισμού και τον ίδιο τύπο». Καταρχάς, δεν έχουν όλες οι συναρτήσεις τύπο. Αλλά δύο συναρτήσεις με διαφορετικό τύπο μπορεί να είναι ίσες, όπως για παράδειγμα οι ορισμένες στο  $\mathbb{R}$  συναρτήσεις  $f(x) = 1$  και  $g(x) = \eta\mu^2 x + \sigma\upsilon\nu^2 x$ .

### §1.3

Για την αναγνώριση των ιδιοτήτων της μονοτονίας και του «ένα προς ένα» μιας συνάρτησης είναι σημαντικό να αξιοποιηθούν οι γραφικές παραστάσεις. Για τον σκοπό αυτό μπορούν να

αξιοποιηθούν οι γραφικές παραστάσεις των βασικών συναρτήσεων της προηγούμενης παραγράφου.

Να διευκρινιστεί στους/στις μαθητές/-τριες ότι για την επίλυση ασκήσεων μπορούν να χρησιμοποιούνται, αναπόδεικτα, οι προτάσεις:

- i) Αν η συνάρτηση  $f$  είναι γνησίως αύξουσα σε ένα διάστημα  $\Delta$ , τότε για οποιαδήποτε  $x_1, x_2 \in \Delta$  ισχύει η συνεπαγωγή:  $f(x_1) < f(x_2) \Rightarrow x_1 < x_2$ .
- ii) Αν η συνάρτηση  $f$  είναι γνησίως φθίνουσα σε ένα διάστημα  $\Delta$ , τότε για οποιαδήποτε  $x_1, x_2 \in \Delta$  ισχύει η συνεπαγωγή:  $f(x_1) < f(x_2) \Rightarrow x_1 > x_2$ .

Για λόγους διδακτικούς μπορεί να παρουσιαστεί στην τάξη η απόδειξη αυτών των προτάσεων:

i) Έστω ότι υπάρχουν  $x_1, x_2 \in \Delta$ , για τα οποία ισχύει η υπόθεση και δεν ισχύει το συμπέρασμα της συνεπαγωγής. Τότε θα ισχύει:

$$f(x_1) < f(x_2) \text{ και } x_1 \geq x_2.$$

- Αν ήταν  $x_1 > x_2$ , επειδή η  $f$  είναι γνησίως αύξουσα, θα ίσχυε:  $f(x_1) > f(x_2)$ , που αντίκειται στην υπόθεση.
- Αν ήταν  $x_1 = x_2$ , από τον ορισμό της συνάρτησης, θα ίσχυε:  $f(x_1) = f(x_2)$ , που αντίκειται και αυτό στην υπόθεση.

Επομένως, ισχύει το ζητούμενο.

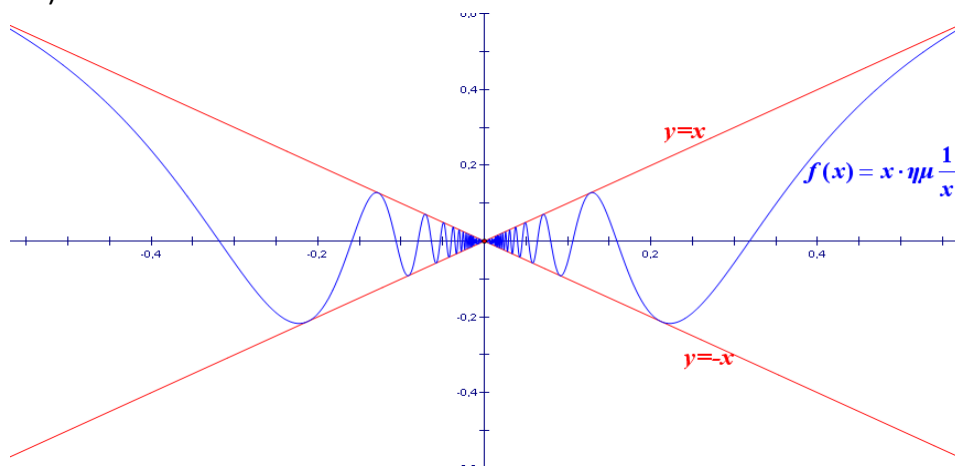
ii) Αντίστοιχη με την i.

#### §1.4

Με δεδομένο ότι ο τυπικός ορισμός του ορίου δεν συμπεριλαμβάνεται στην ύλη, χρειάζεται να δοθεί βάρος στη διαισθητική προσέγγιση της έννοιας του ορίου. Δηλαδή, να γίνει προσπάθεια, μέσα από γραφικές παραστάσεις κατάλληλων συναρτήσεων, να αποκτήσουν οι μαθητές/-τριες μια καλή εικόνα και να αποφευχθούν παρανοήσεις, που από τη βιβλιογραφία έχει προκύψει ότι δημιουργούνται συχνά στους/στις μαθητές/-τριες, για την έννοια του ορίου. Να τονιστεί ιδιαίτερα, μέσα από κατάλληλες γραφικές παραστάσεις, ότι η συμπεριφορά της συνάρτησης στο σημείο  $x_0$  δεν επηρεάζει το όριο της όταν το  $x$  τείνει στο  $x_0$ , καθώς και ότι η τιμή του  $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$  καθορίζεται από τις τιμές που παίρνει η συνάρτηση

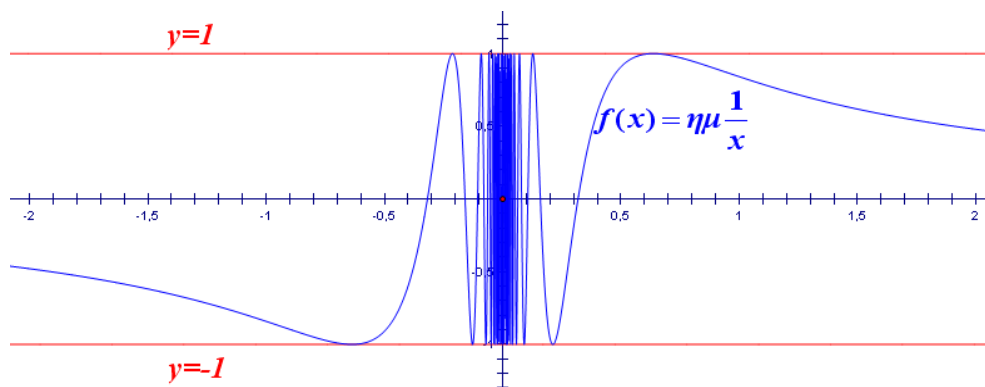
κοντά στο  $x_0$ . Δηλαδή, δύο συναρτήσεις που έχουν τις ίδιες τιμές σε ένα διάστημα γύρω από το  $x_0$ , αλλά μπορεί να διαφέρουν στο  $x_0$  (να παίρνουν διαφορετικές τιμές ή η μια να ορίζεται και η άλλη να μην ορίζεται ή καμία να μην ορίζεται), έχουν το ίδιο όριο όταν το  $x$  τείνει στο  $x_0$ . Να τονιστεί επίσης ότι, η ύπαρξη του ορίου δε συνεπάγεται μονοτονία (κάτι που όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία είναι συνηθισμένη παρανόηση των μαθητών/-τριών), ούτε όμως και τοπική μονοτονία δεξιά και αριστερά του  $x_0$ , δηλαδή μονοτονία σε ένα διάστημα αριστερά του  $x_0$  και σε ένα διάστημα δεξιά του  $x_0$ . Για τον σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθούν γραφικές παραστάσεις κατάλληλων συναρτήσεων, που θα

σχεδιαστούν με τη βοήθεια λογισμικού, όπως για παράδειγμα η  $f(x) = x \cdot \eta\mu \frac{1}{x}$  (Σχήμα 1).



Σχήμα 1

Επίσης, επειδή πολλοί/-ές μαθητές/-τριες θεωρούν ότι όταν ένα όριο δεν υπάρχει τα πλευρικά όρια υπάρχουν και είναι διαφορετικά, να δοθούν γραφικά και να συζητηθούν παραδείγματα που δεν υπάρχουν τα πλευρικά όρια, όπως για παράδειγμα η  $f(x) = \eta\mu \frac{1}{x}$  (Σχήμα 2).



Σχήμα 2

### §1.5

Στην ενότητα αυτή δεν έχει νόημα μια άσκοπη ασκησιολογία που οι μαθητές/-τριες υπολογίζουν όρια, κάνοντας χρήση αλγεβρικών δεξιοτήτων. Στη λύση των ασκήσεων να ζητείται από τους/τις μαθητές/-τριες να τονίζουν τις ιδιότητες των ορίων που χρησιμοποιούν, ώστε οι ασκήσεις αυτές να αποκτούν ουσιαστικό περιεχόμενο από πλευράς Ανάλυσης, κάτι

που θα βοηθήσει στην ανάπτυξη της κατανόησης από τους/τις μαθητές/-τριες της έννοιας του ορίου.

Για παράδειγμα, σε ερωτήσεις όπως «να βρεθεί το  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^4 - 16}{x^3 - 8}$ » (άσκηση 3i, Α' Ομάδας) είναι

χρήσιμο να ζητείται από τους/τις μαθητές/-τριες να αιτιολογήσουν ποιες ιδιότητες των ορίων χρησιμοποιούνται στα ενδιάμεσα στάδια μέχρι τον τελικό υπολογισμό, να προβληματιστούν

αν οι  $f(x) = \frac{x^4 - 16}{x^3 - 8}$  και  $g(x) = \frac{(x^2 + 4) \cdot (x + 2)}{x^2 + 2x + 4}$  είναι ίσες και, αφού διαπιστώσουν ότι δεν

είναι ίσες, να δικαιολογήσουν γιατί έχουν ίσα όρια.

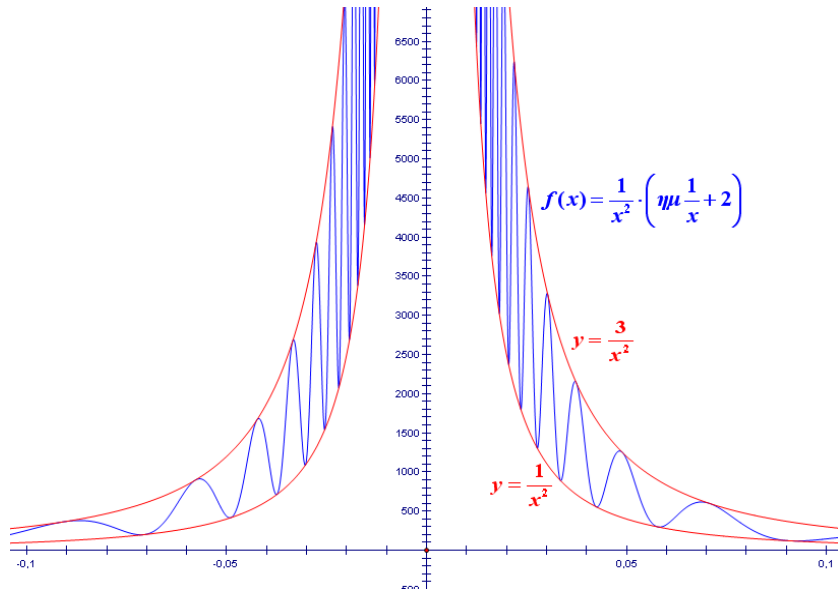
Επίσης, σε ασκήσεις όπου η συνάρτηση ορίζεται με διαφορετικό τύπο σε δύο συνεχόμενα διαστήματα, όπως π.χ. η άσκηση 5 της Α' Ομάδας, να ζητείται αιτιολόγηση γιατί στο σημείο αλλαγής του τύπου είμαστε υποχρεωμένοι να ελέγχουμε τα πλευρικά όρια, ενώ στα άλλα σημεία του πεδίου ορισμού μπορούμε να βρούμε το όριο χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο τύπο. Δηλαδή, να φαίνεται ότι οι μαθητές/-τριες κατανοούν ότι το όριο καθορίζεται από τις τιμές της συνάρτησης κοντά στο  $x_0$  και εκατέρωθεν αυτού. Αυτό μας επιτρέπει στα σημεία τα διαφορετικά από το  $x_0$  να χρησιμοποιούμε τον ένα τύπο, ενώ στο  $x_0$  πρέπει να πάρουμε πλευρικά όρια.

## §1.6

Προτείνεται να δοθεί βάρος στη διαισθητική προσέγγιση της έννοιας με τη χρήση γραφικών παραστάσεων. Εκτός από τα παραδείγματα του βιβλίου να δοθούν, μέσα από κατάλληλες γραφικές παραστάσεις, που θα σχεδιαστούν με τη βοήθεια λογισμικού, παραδείγματα όπου

το όριο δεν είναι πεπερασμένο αλλά δεν υπάρχει μονοτονία, όπως π.χ.  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{x^2} \cdot \left( \eta\mu \frac{1}{x} + 2 \right)$

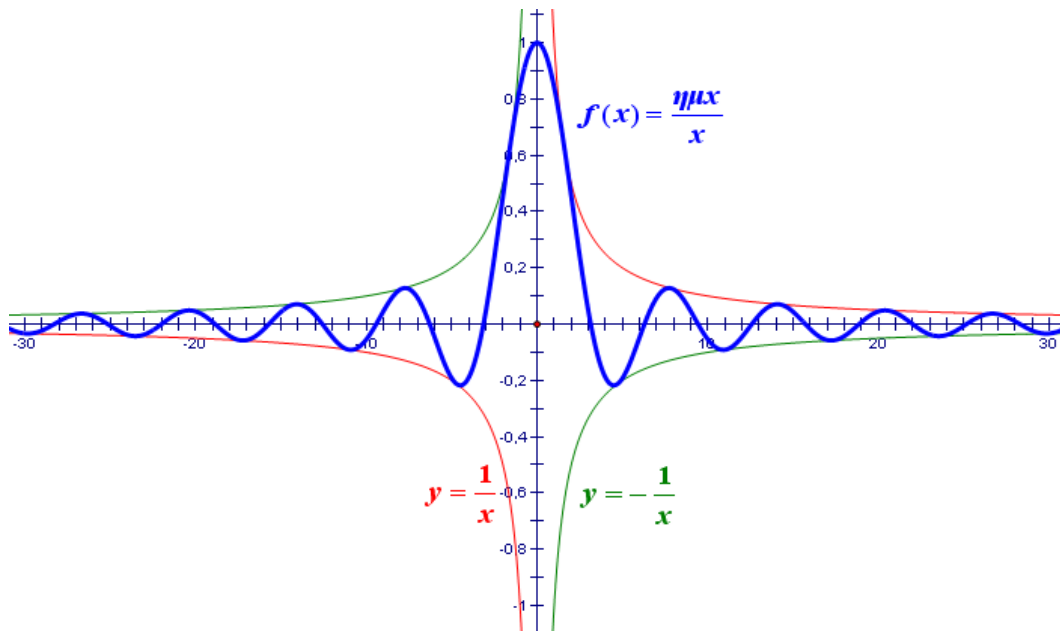
(Σχήμα 3), ώστε να αποφευχθεί η παρανόηση που συνδέει την ύπαρξη μη πεπερασμένου ορίου στο  $x_0$  με τη μονοτονία.



Σχήμα 3

**§1.7**

Προτείνεται να δοθεί βάρος στη διαισθητική προσέγγιση της έννοιας. Να δοθούν, μέσα από κατάλληλες γραφικές παραστάσεις, παραδείγματα συναρτήσεων των οποίων το όριο, όταν το  $x$  τείνει στο  $+\infty$ , υπάρχει αλλά οι συναρτήσεις αυτές δεν είναι μονότονες, όπως είναι για παράδειγμα η  $f(x) = \frac{\eta\mu x}{x}$  (Σχήμα 4), καθώς και συναρτήσεων των οποίων το όριο δεν υπάρχει, όταν το  $x$  τείνει στο  $+\infty$ , όπως είναι για παράδειγμα η  $f(x) = \eta\mu x$ .



Σχήμα 4

Τα όρια:  $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^\nu$ ,  $\lim_{x \rightarrow -\infty} x^\nu$ ,  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x^\nu}$  και  $\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{1}{x^\nu}$  να συζητηθούν με τη χρήση γραφικών παραστάσεων, που θα σχεδιαστούν με τη βοήθεια λογισμικού, και πινάκων τιμών, με στόχο να αντιληφθούν διαισθητικά οι μαθητές/-ήτριες ποια είναι τα όρια αυτά.

Η τελευταία παράγραφος, πεπερασμένο όριο ακολουθίας, να συζητηθεί γιατί θα χρειαστεί για το ορισμένο ολοκλήρωμα.

Να δοθεί στους/στις μαθητές/-τριες η δυνατότητα να χρησιμοποιούν, αναπόδεικτα, τις παρακάτω προτάσεις οι οποίες δεν υπάρχουν στο σχολικό βιβλίο:

Έστω  $f, g$  δύο συναρτήσεις που είναι ορισμένες κοντά στο  $x_0 \in \mathbf{R} \cup \{-\infty, +\infty\}$ .

i) Αν ισχύουν:

α)  $f(x) \leq g(x)$  κοντά στο  $x_0$  και

β)  $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = +\infty$ ,

τότε θα ισχύει και  $\lim_{x \rightarrow x_0} g(x) = +\infty$ .

ii) Αν ισχύουν:

α)  $f(x) \leq g(x)$  κοντά στο  $x_0$  και

β)  $\lim_{x \rightarrow x_0} g(x) = -\infty$ ,

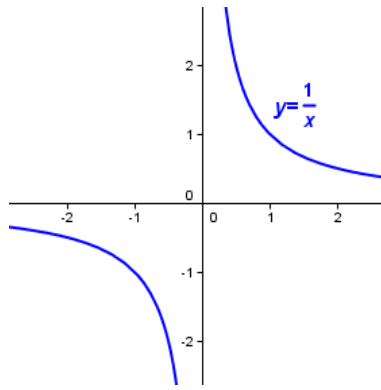
τότε θα ισχύει και  $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = -\infty$ .

Η παρουσίαση των παραπάνω προτάσεων μπορεί να γίνει διαισθητικά με τη βοήθεια κατάλληλων γραφικών παραστάσεων.

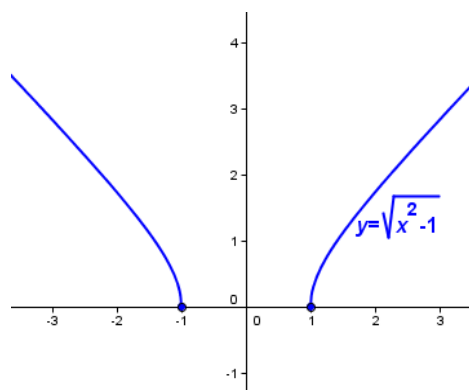
### §1.8

Στην πρώτη ενότητα (ορισμός της συνέχειας) είναι σημαντικό να συζητηθούν και γραφικά παραδείγματα συνεχών συναρτήσεων με πεδίο ορισμού ένωση ξένων διαστημάτων, όπως είναι για παράδειγμα οι συναρτήσεις  $f(x) = \frac{1}{x}$  (Σχήμα 5) και  $g(x) = \sqrt{x^2 - 1}$  (Σχήμα 6).

Να συζητηθεί γιατί το γράφημα των συναρτήσεων αυτών διακόπτεται, παρόλο που είναι συνεχείς. Να δοθούν στους/στις μαθητές/-τριες και σχετικές ασκήσεις.



Σχήμα 5



Σχήμα 6

Επίσης, κατά τη διδασκαλία των θεωρημάτων Bolzano, ενδιάμεσων τιμών και μέγιστης και ελάχιστης τιμής, καθώς και της πρότασης ότι η συνεχής εικόνα διαστήματος είναι διάστημα, να δοθεί έμφαση και να συζητηθούν οι γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν τις τυπικές διατυπώσεις αυτών, ώστε οι μαθητές/-τριες να βοηθηθούν στην ουσιαστική κατανόηση τους.

Το θεώρημα Bolzano είναι το πρώτο ουσιαστικά θεώρημα που συναντούν οι μαθητές/-τριες στην Ανάλυση. Για αυτό είναι καλό να γίνει μια συζήτηση που να αφορά την αναγκαιότητα των υποθέσεων του θεωρήματος ανάλογη με το σχόλιο του θεωρήματος των ενδιάμεσων τιμών. Επίσης θα πρέπει να τονισθεί ότι δεν ισχύει το αντίστροφο. Δηλαδή ενδέχεται οι τιμές μιας συνάρτησης στα άκρα ενός κλειστού διαστήματος  $[a, b]$  του πεδίου ορισμού της να έχουν το ίδιο πρόσημο, η συνάρτηση να μην είναι συνεχής στο  $[a, b]$  και όμως να παίρνει την τιμή 0 σε ένα εσωτερικό σημείο του  $[a, b]$ .

Διευκρινίζεται ότι στο θεώρημα προσδιορισμού του συνόλου τιμών συνάρτησης της οποίας το πεδίο ορισμού είναι το ανοιχτό διάστημα  $(a, b)$ , τα  $a, b$  μπορεί να είναι και μη πεπερασμένα.

Να τονιστεί στους/στις μαθητές/-τριες ότι για την επίλυση ασκήσεων μπορεί να χρησιμοποιείται, αναπόδεικτα, η πρόταση:



Αν μία συνεχής συνάρτηση ορισμένη σε ένα ανοικτό διάστημα  $(\sigma_1, \sigma_2)$  έχει την ιδιότητα  $\lim_{x \rightarrow \sigma_1} f(x) = -\infty$ ,  $\lim_{x \rightarrow \sigma_2} f(x) = +\infty$  τότε το σύνολο τιμών της είναι το  $\mathbb{R}$ .

Για λόγους διδακτικούς μπορεί να παρουσιαστεί στην τάξη η απόδειξη:

Αρκεί να δείξουμε ότι κάθε πραγματικός αριθμός  $y$  είναι τιμή της  $f$ . Θεωρούμε τη συνεχή συνάρτηση  $g(x) = f(x) - y$ . Είναι  $\lim_{x \rightarrow \sigma_1} g(x) = -\infty$  και  $\lim_{x \rightarrow \sigma_2} g(x) = +\infty$ . Επομένως θα υπάρχουν  $x_1, x_2 \in (\sigma_1, \sigma_2)$  ώστε  $g(x_1) < 0$  και  $g(x_2) > 0$ . Θα είναι  $x_1 \neq x_2$  και από το θεώρημα του Bolzano η  $g$  θα έχει μια ρίζα  $x_0$  στο ανοικτό διάστημα με άκρα  $x_1, x_2$ . Άρα θα είναι  $g(x_0) = 0$  και επομένως  $f(x_0) = y$ , δηλαδή ο  $y$  θα είναι τιμή της  $f$ .

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### §2.1

Είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στην εισαγωγή της έννοιας μέσω του προβλήματος της στιγμιαίας ταχύτητας και της εφαπτομένης. Μετά τον ορισμό της παραγώγου και της εφαπτομένης γραφικής παράστασης συνάρτησης να συζητηθεί αναλυτικότερα η έννοια της εφαπτομένης. Επίσης, να δοθούν παραδείγματα που θα βοηθήσουν τον/την μαθητή/-τρια να ανακατασκευάσει την εικόνα της εφαπτομένης που έχει από τον κύκλο (η εφαπτομένη έχει ένα κοινό σημείο και δεν κόβει την καμπύλη) και να σχηματίσει μια γενικότερη εικόνα για την εφαπτομένη ευθεία. Για παράδειγμα, προτείνεται να συζητηθούν και να δοθούν στους/στις μαθητές/-τριες γραφικά:

i) η εφαπτομένη της γραφικής παράστασης της συνάρτησης  $f(x) = x^3$  στο σημείο  $O(0,0)$ , ώστε να καταλάβουν ότι η εφαπτομένη μιας καμπύλης μπορεί να διαπερνά την καμπύλη και

ii) η εφαπτομένη της γραφικής παράστασης της συνάρτησης  $g(x) = \begin{cases} x^2, & \text{αν } x \leq 0 \\ 0, & \text{αν } x > 0 \end{cases}$  στο

σημείο  $O(0,0)$ , ώστε να καταλάβουν ότι μια ημιευθεία της εφαπτομένης μιας καμπύλης μπορεί να συμπίπτει με ένα τμήμα της καμπύλης και επιπλέον ότι η εφαπτομένη μιας ευθείας σε κάθε σημείο της συμπίπτει με την ευθεία.

### §2.2

Χρειάζεται να προσεχθεί ιδιαίτερα το θέμα της κατανόησης από τους/τις μαθητές/-τριες των ρόλων του  $h$  και του  $x$  στην έκφραση  $f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$  που χρησιμοποιείται

στο βιβλίο για τον υπολογισμό της παραγώγου των τριγωνομετρικών συναρτήσεων. Να τονιστεί η διαφορά παραγώγου σε σημείο και παραγώγου συνάρτησης.

### §2.3

Χρειάζεται να δοθεί βάρος στην παραγωγή σύνθετης συνάρτησης καθώς και στην παρατήρηση σχετικά με το ότι το σύμβολο  $\frac{dy}{dx}$  δεν είναι πηλίκο.

Στην λυμένη εφαρμογή 2, να τονιστεί ότι η εξίσωση της ευθείας που βρέθηκε με βάση τον αναλυτικό ορισμό της εφαπτομένης είναι ίδια με αυτή που γνωρίζουμε από την αναλυτική γεωμετρία. Αυτό για να σταθεροποιηθεί στους/στις μαθητές/-τριες η αντίληψη ότι η έννοια της εφαπτομένης που πραγματεύονται στην ανάλυση συνδέεται και επεκτείνει την έννοια της εφαπτομένης που γνώρισαν στη Γεωμετρία.

### §2.4

Η έννοια του ρυθμού μεταβολής είναι σημαντική και δείχνει τη σημασία της έννοιας της παραγώγου στις εφαρμογές. Για τον λόγο αυτό είναι σημαντικό οι μαθητές/-τριες να κατανοήσουν την έννοια μέσα από ορισμένες χρήσιμες εφαρμογές.

### §2.5

Είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στη γεωμετρική ερμηνεία των Θεωρημάτων Rolle και Μέσης Τιμής που υπάρχει στο σχολικό βιβλίο μετά τη διατύπωση των θεωρημάτων αυτών.

Στην λυμένη εφαρμογή 3 να γίνει συζήτηση για το τι εκφράζει το πηλίκο  $\frac{S(2,5) - S(0)}{2,5}$  (μέση ταχύτητα της κίνησης) με στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές/-τριες ότι αυτό που αποδεικνύεται είναι ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης υπάρχει τουλάχιστον μια χρονική στιγμή κατά την οποία η στιγμιαία ταχύτητα θα είναι ίση με τη μέση ταχύτητα που είχε το αυτοκίνητο σε όλη την κίνηση.

Εναλλακτικά, θα μπορούσε να συζητηθεί στην αρχή του κεφαλαίου το γεγονός, ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης ενός αυτοκινήτου κάποια στιγμή της διαδρομής η στιγμιαία ταχύτητά του θα είναι ίση με τη μέση ταχύτητά του (κάτι που οι μαθητές/-τριες το αντιλαμβάνονται διαισθητικά). Στη συνέχεια, να διατυπωθεί η μαθηματική σχέση που εκφράζει το γεγονός αυτό, και να τεθεί το ερώτημα αν το συμπέρασμα μπορεί να γενικευθεί και για άλλες συναρτήσεις. Η απάντηση στην ερώτηση αυτή είναι το Θεώρημα Μέσης Τιμής.

### §2.6

Στην αρχή της διδασκαλίας αυτού του κεφαλαίου μπορεί να συνδεθεί η μονοτονία μιας συνάρτησης  $f$  σε ένα διάστημα  $\Delta$  του πεδίου ορισμού της με την διατήρηση του προσήμου του λόγου μεταβολής  $\frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$  στο διάστημα αυτό. Συγκεκριμένα, να αποδειχτεί ότι η συνάρτηση  $f$  είναι:

- i) γνησίως αύξουσα στο  $\Delta$ , αν και μόνο αν  $\frac{f(x_2)-f(x_1)}{x_2-x_1} > 0$ , δηλαδή, αν και μόνο αν όλες οι χορδές της γραφικής παράστασης της  $f$  στο διάστημα  $\Delta$  έχουν θετική κλίση.
- ii) γνησίως φθίνουσα στο  $\Delta$ , αν και μόνο αν  $\frac{f(x_2)-f(x_1)}{x_2-x_1} < 0$ , δηλαδή, αν και μόνο αν όλες οι χορδές της γραφικής παράστασης της  $f$  στο διάστημα  $\Delta$  έχουν αρνητική κλίση.

Με τον τρόπο αυτό θα συνδεθεί η μονοτονία με την παράγωγο και θα δικαιολογηθεί το γιατί στην απόδειξη του θεωρήματος της μονοτονίας χρησιμοποιούμε το λόγο μεταβολής  $\frac{f(x_2)-f(x_1)}{x_2-x_1}$ .

## §2.7

Τα προβλήματα μεγίστων – ελαχίστων αποτελούν μία από τις σημαντικές εφαρμογές του διαφορικού λογισμού που δικαιολογούν και αποδίδουν αξία στη διδασκαλία του. Συγχρόνως, συγκεντρώνουν στοιχεία από τη διδασκαλία προηγούμενων ενοτήτων και έτσι αποτελούν μια καλή ευκαιρία επαναλήψεων και συμπληρώσεων. Κρίνεται σκόπιμο να συζητηθούν κατά το δυνατόν περισσότερα προβλήματα.

Μετά την εφαρμογή 2, να διδαχθεί ως εφαρμογή η άσκηση 3 i) α) της Β' Ομάδας. Ως απόδειξη, εκτός από εκείνη που περιέχεται στο βιβλίο λύσεων, μπορεί να δοθεί και η ακόλουθη που είναι έμμεση συνέπεια της εφαρμογής 2.

Ζητούμενο: Για κάθε  $x$  είναι  $e^x \geq x + 1$  και το « $\Rightarrow$ » ισχύει μόνο για  $x = 0$ .

Απόδειξη: Για όλους τους θετικούς αριθμούς  $x$  ισχύει  $\ln x \leq x - 1$  και το « $\Rightarrow$ » ισχύει αν και μόνο αν  $x = 1$ . Επομένως και για τον θετικό  $e^x$  ισχύει  $\ln e^x \leq e^x - 1$  και το « $\Rightarrow$ » ισχύει μόνο για  $e^x = 1$  δηλαδή  $x = 0$ . Επομένως  $x \leq e^x - 1$  και το « $\Rightarrow$ » ισχύει μόνο για  $x = 0$ . Άρα  $e^x \geq x + 1$  και το « $\Rightarrow$ » ισχύει μόνο για  $x = 0$ .

## §2.8

Υπενθυμίζεται ότι θα μελετηθούν μόνο συναρτήσεις που είναι τουλάχιστον δύο φορές παραγωγίσιμες στο εσωτερικό του πεδίου ορισμού τους. Για τον λόγο αυτό δεν θα διδαχθούν οι ασκήσεις 3iv και 3v της Α' Ομάδας.

## §2.9

Για μια διαισθητική κατανόηση του κανόνα De L' Hospital προτείνεται, πριν τη διατύπωσή του, να δοθεί στους/στις μαθητές/-τριες να υπολογίσουν το  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\ln x}{1-x^2}$ , το οποίο είναι της μορφής « $\frac{0}{0}$ ». Οι μαθητές/-τριες θα διαπιστώσουν ότι δυσκολεύονται να υπολογίσουν το όριο αυτό με τις μεθόδους που γνωρίζουν μέχρι τώρα. Για να τους βοηθήσουμε να

υπολογίσουν το παραπάνω όριο προτείνουμε να δοθεί σε αυτούς η ακόλουθη δραστηριότητα.

### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

- i) Να παραστήσετε γραφικά στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων τις συναρτήσεις  $f(x) = \ln x$  και  $g(x) = 1 - x^2$ .
- ii) Να αποδείξετε ότι οι εφαπτόμενες των γραφικών παραστάσεων των  $f$  και  $g$  στο κοινό τους σημείο  $A(1,0)$  είναι οι ευθείες  $\varepsilon : y = x - 1$  και  $\zeta : y = -2x + 2$  αντιστοίχως και να τις χαράξετε.
- iii) Να κάνετε χρήση του γεγονότος ότι «κοντά» στο  $x_0 = 1$  οι τιμές των συναρτήσεων  $f(x) = \ln x$  και  $g(x) = 1 - x^2$  προσεγγίζονται από τις τιμές των εφαπτομένων τους  $\varepsilon : y = x - 1$  και  $\zeta : y = -2x + 2$ , αντίστοιχα, για να καταλήξετε στο συμπέρασμα ότι «κοντά» στο  $x_0 = 1$  η τιμή του πηλίκου  $\frac{\ln x}{1 - x^2}$  είναι κατά προσέγγιση ίση με την τιμή

του πηλίκου  $\frac{x - 1}{-2x + 2}$ , δηλαδή ότι «κοντά» στο  $x_0 = 1$  ισχύει:

$$\frac{\ln x}{1 - x^2} \simeq \frac{x - 1}{-2x + 2} = \frac{x - 1}{-2(x - 1)} = \frac{1}{-2}$$

που είναι το πηλίκο των κλίσεων των παραπάνω ευθειών.

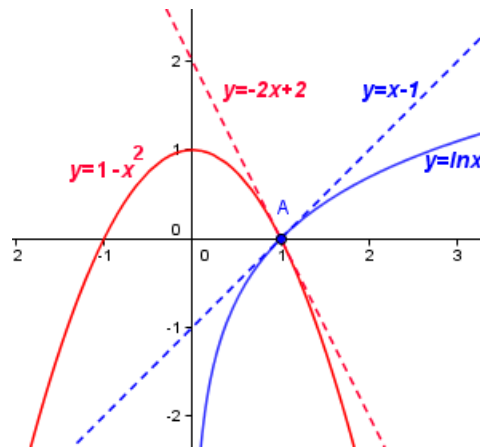
Επομένως, «κοντά» στο  $x_0 = 1$  ισχύει  $\frac{f(x)}{g(x)} \simeq \frac{f'(1)}{g'(1)}$ , το οποίο υπό μορφή ορίου

γράφεται:  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f'(1)}{g'(1)}$ .

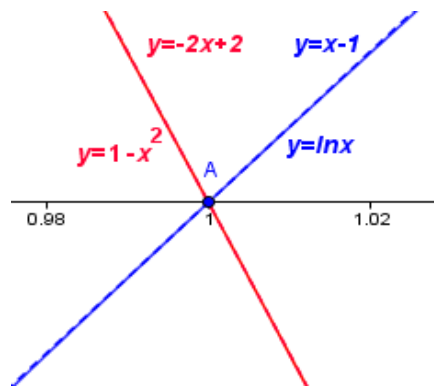
### ΣΧΟΛΙΟ

Η διαπίστωση του γεγονότος ότι «κοντά» στο  $x_0 = 1$  οι τιμές των συναρτήσεων  $f(x) = \ln x$  και  $g(x) = 1 - x^2$  προσεγγίζονται από τις τιμές των εφαπτομένων τους,  $y = x - 1$  και  $y = -2x + 2$ , αντίστοιχα, μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια ενός δυναμικού λογισμικού (π.χ. Geogebra), ως εξής:

- ✓ Παριστάνουμε γραφικά τις συναρτήσεις  $y = \ln x$  και  $y = 1 - x^2$  και στη συνέχεια χαράσσουμε τις εφαπτόμενες τους στο  $x_0 = 1$ ,  $y = x - 1$  και  $y = -2x + 2$ , αντιστοίχως (Σχήμα 7).
- ✓ Έπειτα, κάνουμε αλλεπάλληλα ZOOM κοντά στο σημείο  $A(1,0)$ . Θα παρατηρήσουμε ότι η  $y = \ln x$  θα συμπέσει με την ευθεία  $y = x - 1$ , ενώ η  $y = 1 - x^2$  θα συμπέσει με την ευθεία  $y = -2x + 2$  (Σχήμα 8).



Σχήμα 7



Σχήμα 8

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι κανόνες De l' Hospital δεν είναι πάντα πρόσφοροι για τον υπολογισμό ορίων απροσδιόριστων μορφών. Έτσι, αν έχουμε το όριο  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x^2+1}}{x}$  και

επιχειρήσουμε να εφαρμόσουμε τον κανόνα βρίσκουμε  $\frac{(\sqrt{x^2+1})'}{(x)'} = \frac{x}{\sqrt{x^2+1}}$  και

$\frac{(\sqrt{x^2+1})''}{(x)''} = \frac{\sqrt{x^2+1}}{x}$  δηλαδή επιστρέφουμε εκεί που αρχίσαμε χωρίς να βρούμε το όριο.

Χωρίς τον κανόνα βρίσκουμε:  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt{x^2+1}}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{|x|\sqrt{1+\frac{1}{x^2}}}{x} = \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x\sqrt{1+\frac{1}{x^2}}}{x} = 1$ .

Επίσης, να τονιστεί ότι γραφική παράσταση μιας συνάρτησης ενδέχεται να τέμνει μια πλάγια ή οριζόντια ασύμπτωτή της. Ως παράδειγμα μπορεί να δοθεί (ευκαίτιο να δοθεί και το

γράφημα) η συνάρτηση  $f(x) = x + \eta\mu \frac{1}{x}$  που έχει ασύμπτωτη την  $y=x$  η οποία τέμνει τη γραφική παράσταση της  $f$  σε άπειρα σημεία.

### §2.10

Η γραφική παράσταση μιας συνάρτησης είναι μια περιεκτική μορφή αναπαράστασης που παρέχει πληροφορίες για τη συνάρτηση με άμεσο και εύληπτο τρόπο. Συγχρόνως η διαδικασία μελέτης και χάραξης της βοηθάει στην εμπέδωση και ενοποίηση προηγούμενων γνώσεων. Στην περίπτωση που η συνάρτηση εκφράζει ένα φαινόμενο, η γραφική παράστασή της προσφέρει επιπλέον κατανόηση του φαινομένου. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η χάραξη της γραφικής παράστασης συναρτήσεων που μελετήθηκαν σε προβλήματα προηγούμενων παραγράφων (π.χ. στη 2.7).

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### §3.1

Είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στα προβλήματα που διατυπώνονται στο σχολικό βιβλίο στην αρχή της ενότητας και να τονιστεί η σημασία της αντίστροφης διαδικασίας της παραγωγίσιμης. Θα ήταν καλό να συζητηθούν διεξοδικά ορισμένα από αυτά ή άλλα ανάλογα, ώστε να προκύψει η σημασία της αρχικής συνάρτησης.

Να συζητηθεί μόνο η πρώτη παράγραφος που αφορά στην παράγουσα συνάρτηση. Το αόριστο ολοκλήρωμα παραλείπεται και αντί του πίνακα αόριστων ολοκληρωμάτων να δοθεί ο παρακάτω πίνακας των παραγουσών μερικών βασικών συναρτήσεων.

A/A	Συνάρτηση	Παράγουσες
1	$f(x) = 0$	$G(x) = c, c \in \mathbb{R}$
2	$f(x) = 1$	$G(x) = x + c, c \in \mathbb{R}$
3	$f(x) = \frac{1}{x}$	$G(x) = \ln x  + c, c \in \mathbb{R}$
4	$f(x) = x^\alpha$	$G(x) = \frac{x^{\alpha+1}}{\alpha+1} + c, c \in \mathbb{R}$
5	$f(x) = \sigma\upsilon\nu x$	$G(x) = \eta\mu x + c, c \in \mathbb{R}$
6	$f(x) = \eta\mu x$	$G(x) = -\sigma\upsilon\nu x + c, c \in \mathbb{R}$

7	$f(x) = \frac{1}{\sigma \nu^2 x}$	$G(x) = \varepsilon \varphi x + c, c \in \mathbb{R}$
8	$f(x) = \frac{1}{\eta \mu^2 x}$	$G(x) = -\sigma \varphi x + c, c \in \mathbb{R}$
9	$f(x) = e^x$	$G(x) = e^x + c, c \in \mathbb{R}$
10	$f(x) = a^x$	$G(x) = \frac{a^x}{\ln a} + c, c \in \mathbb{R}$

Σημείωση:

Οι τύποι του πίνακα αυτού ισχύουν σε κάθε διάστημα στο οποίο οι παραστάσεις του  $x$  που εμφανίζονται έχουν νόημα.

Οι δύο ιδιότητες των αόριστων ολοκληρωμάτων στο τέλος της παραγράφου μπορούν να αναδιατυπωθούν ως εξής:

Αν οι συναρτήσεις  $F$  και  $G$  είναι παράγουσες των  $f$  και  $g$  αντιστοίχως και ο  $\lambda$  είναι ένας πραγματικός αριθμός, τότε:

- i) Η συνάρτηση  $F+G$  είναι μια παράγουσα της συνάρτησης  $f+g$  και
- ii) Η συνάρτηση  $\lambda F$  είναι μια παράγουσα της συνάρτησης  $\lambda f$ .

Οι εφαρμογές και οι ασκήσεις να γίνουν με τη χρήση των αρχικών συναρτήσεων.

**§3.4**

Το πρώτο μέρος που αφορά στον υπολογισμό του εμβαδού παραβολικού χωρίου χρειάζεται να γίνει με τρόπο που να αναδεικνύει την αξιοποίηση των αθροισμάτων και της οριακής διαδικασίας για την εύρεση – υπολογισμό του εμβαδού. Στη συνέχεια είναι σημαντικό να γίνει διαισθητική προσέγγιση της έννοιας του ορισμένου ολοκληρώματος και να συνδεθεί με το εμβαδόν όταν η συνάρτηση δεν παίρνει αρνητικές τιμές και με τον υπολογισμό του παραβολικού χωρίου που προηγήθηκε. Προτείνεται να γίνει η εφαρμογή του βιβλίου για το ολοκλήρωμα σταθερής συνάρτησης και οι ιδιότητες που ακολουθούν.

Να δοθεί στους/στις μαθητές/-τριες η δυνατότητα να χρησιμοποιούν, αναπόδεικτα, τις παρακάτω προτάσεις αφού παρουσιαστούν σύντομα οι, προφανείς, αποδείξεις τους:

«Έστω  $f$  και  $g$  δυο συνεχείς συναρτήσεις σε ένα διάστημα  $[a, \beta]$ .

Αν  $f(x) \geq g(x)$  για κάθε  $x \in [a, \beta]$ , τότε θα ισχύει:  $\int_a^\beta f(x) dx \geq \int_a^\beta g(x) dx$ .

Αν, επιπλέον, οι συναρτήσεις  $f$  και  $g$  δεν είναι ίσες στο  $[a, \beta]$  (δηλαδή, αν υπάρχει  $\xi \in [a, \beta]$ , με  $f(\xi) \neq g(\xi)$ ), τότε θα ισχύει:  $\int_a^\beta f(x) dx > \int_a^\beta g(x) dx$ ».

**§3.5**

Η εισαγωγή της συνάρτησης  $\int_a^x f(t) dt$  γίνεται για να αποδειχθεί το Θεμελιώδες Θεώρημα του ολοκληρωτικού λογισμού και να αναδειχθεί η σύνδεση του Διαφορικού με τον Ολοκληρωτικό Λογισμό. Για τον λόγο αυτό δε θα διδαχθούν εφαρμογές και ασκήσεις που αναφέρονται στη συνάρτηση  $\int_a^x f(t) dt$  και γενικότερα στη συνάρτηση  $\int_a^{g(x)} f(t) dt$ .

### §3.7

Κατά τη διδασκαλία της παραγράφου μπορεί να χρειαστεί να συζητηθούν έννοιες και διαδικασίες από τις προηγούμενες τάξεις, όπως επίλυση εξισώσεων και ανισώσεων, συστημάτων, γραφικές παραστάσεις βασικών συναρτήσεων.

#### Γενικές Παρατηρήσεις:

Τα θεωρήματα, οι προτάσεις, οι αποδείξεις και οι ασκήσεις που φέρουν αστερίσκο δε διδάσκονται και δεν εξετάζονται.

Οι εφαρμογές και τα παραδείγματα των βιβλίων δεν εξετάζονται ούτε ως θεωρία ούτε ως ασκήσεις, μπορούν, όμως, να χρησιμοποιηθούν ως προτάσεις για τη λύση ασκήσεων ή την απόδειξη άλλων προτάσεων.

Εξαιρούνται από την ύλη: α) οι εφαρμογές και οι ασκήσεις που αναφέρονται σε λογαρίθμους με βάση διαφορετική του  $e$  και του  $10$  και β) οι ασκήσεις του σχολικού βιβλίου που αναφέρονται σε τύπους τριγωνομετρικών αριθμών αθροίσματος γωνιών, διαφοράς γωνιών και διπλάσιας γωνίας.

## ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗΣ

Η εγκατάσταση των Διαδραστικών Οθονών Αφής στα σχολεία προσφέρει πολυάριθμα πλεονεκτήματα στο σχεδιασμό και στην ανάπτυξη της διδασκαλίας. Συγκεκριμένα:

- Παρέχεται η δυνατότητα οργάνωσης, καταγραφής και αποθήκευσης μαθημάτων που δύνανται να αξιοποιηθούν τόσο από τους/τις εκπαιδευτικούς όσο κι από τους/τις μαθητές/-τριες.
- Προσφέρεται η εύκολη πρόσβαση στο note, στα σχεδιαστικά εργαλεία των οθονών αφής, σε ποικίλους Ανοικτούς Εκπαιδευτικούς Πόρους / Open Educational Resources (ΑΕΠ / OER) που περιλαμβάνουν κατηγορίες όπως: Εκπαιδευτικά Παιχνίδια/Δυναμικός Χάρτης/Εφαρμογές Λογισμικού/AR-VR-MR Αντικείμενα /3D Αντικείμενα κ.ά. καθώς και στην εφαρμογή mozaBook (που είναι προεγκατεστημένη στο περιβάλλον windows των οθονών και μελλοντικά θα εμπλουτιστεί με τα διαδραστικά σχολικά βιβλία).
- Όλα τα παραπάνω αποτελούν καινοτόμα μαθησιακά περιβάλλοντα, εύχρηστα, με πλούσιο οπτικοακουστικό υλικό οικείου χαρακτήρα και εξοικείωσης με την καθημερινότητα των μαθητών/-τριών, που ανταποκρίνονται στα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Επίσης, δίνουν στον/στην εκπαιδευτικό την ευκαιρία να οργανώσει το μάθημά του/της, δημιουργώντας ένα «υβριδικό περιβάλλον εργασίας», που λειτουργεί ως διδακτικό αποθετήριο και εμπλουτίζεται στο πλαίσιο της σύγχρονης και ασύγχρονης διδασκαλίας.



- Οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόσουν το υλικό διδασκαλίας τους ώστε να ανταποκρίνεται στη γνωστική ετοιμότητα και στις ανάγκες των μαθητών/-τριών, σε σχέση με την ηλικία τους και τους διαφορετικούς τύπους μάθησης (οπτικός, ακουστικός, κιναισθητικός), προσφέροντας υλικό σε διαφορετικές μορφές, με άξονα τη συμπερίληψη όλων καθώς και την εξατομικευμένη μάθηση. Παράλληλα, η χρήση ποικίλων διαδραστικών δραστηριοτήτων επιτρέπουν την άμεση ανατροφοδότηση και αξιολόγηση του επιπέδου κατανόησης του μαθήματος.
- Η λειτουργία «πολλαπλής αφής» των διαδραστικών οθονών δίνει στον/στην εκπαιδευτικό την ευκαιρία να σχεδιάσει και να ενσωματώσει στη διδασκαλία ομαδικές δραστηριότητες, που επιτρέπουν τη συνέργεια των μαθητών/-τριών, καλλιεργώντας δεξιότητες όπως της συνεργασίας και επικοινωνίας.
- Οι οθόνες αφής μπορούν να συνδεθούν με το Google Drive ή το OneDrive, με υπολογιστές, τάμπλετ και άλλες συσκευές, διευκολύνοντας τη μεταφορά και την κοινή χρήση πληροφοριών.
- Δίνεται η δυνατότητα στον/στην εκπαιδευτικό να μοιράζεται με τους/τις μαθητές/-τριες εκπαιδευτικό υλικό και να το επαναχρησιμοποιεί, μειώνοντας τον φόρτο εργασίας.
- Δίνεται η δυνατότητα της αντεστραμμένης διδασκαλίας και η λειτουργία της ανεστραμμένης τάξης.
- Δίνεται η δυνατότητα ένταξης της τεχνητής νοημοσύνης (TN) στη μαθησιακή διαδικασία.
- Τέλος, τα διαδραστικά συστήματα μάθησης διευκολύνουν και επιταχύνουν τη διενέργεια του μαθήματος καθώς δεν απαιτούν συσκότιση της αίθουσας για να προβληθεί υλικό, έχουν ενσωματωμένα ηχεία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαισθητικά με την αφή. Το σύνολο του υλικού των Οδηγιών Διδασκαλίας είναι κατάλληλο για χρήση δια μέσου των διαδραστικών συστημάτων μάθησης. Επιπροσθέτως, τα συστήματα αυτά διαθέτουν την επιλογή της λειτουργίας τους ως ασπροπίνακες με πολλές επιπλέον δυνατότητες πέραν της απλής γραφής κειμένου (π.χ. λειτουργία screenshot της οθόνης και δυνατότητα γραφής σημειώσεων πάνω στο screenshot, αντιγραφή-επικόλληση μέρους των σημειώσεων κ.ά.).
- Το σύνολο των δυνατοτήτων του υλικού κάθε μοντέλου διαδραστικού συστήματος μάθησης μπορεί να αναζητηθεί στις εξής διευθύνσεις:
  - [Συχνές ερωτήσεις Διαδραστικών Συστημάτων](#).
  - [Χρήσιμα αρχεία Διαδραστικών Συστημάτων](#).

Για τη διδασκαλία των **Μαθηματικών**, οι διαδραστικές οθόνες αφής διευκολύνουν τη χρήση δυναμικών λογισμικών Μαθηματικών, εργαλείων γεωμετρικών κατασκευών, διαδραστικών ασκήσεων, βίντεο-ηχητικών, τρισδιάστατων μοντέλων, εγείροντας το ενδιαφέρον των μαθητών/-τριών και προάγοντας την αφομοίωση της ύλης.