ΑΠΟΨΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΠΤΔΕ ΓΙΑ ΤΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Γκαραμπέτ Μπισδικιάν, υπ. Διδάκτωρ, garo@vergina.eng.auth.gr
Ψύλλος Δημήτρης, Καθηγητής, psillos@skiathos.physics.auth.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ.

Λέξεις Κλειδιά: γραφικές παραστάσεις, δεξιότητες χειρισμού γραφικών παραστάσεων, απόψεις για τη σημασία γραφικών παραστάσεων, περιεχόμενο θερμότητας, προσομοιώσεις, διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστή.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία σκοπεύει να αναδείξει περιπτώσεις συσχέτισης των συλλογισμών των φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος με τη μορφή και το περιεχόμενο των γραφικών παραστάσεων και την εφαρμογή τους στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού. Συνεντεύξεις κατέγραψαν τις αποκρίσεις φοιτητών ΠΤΔΕ σε έργα περιγραφής γραφικών παραστάσεων θερμότητας. Διαπιστώθηκε ότι οι παραστάσεις διαφορικών μεταβολών είναι περισσότερο συνδεδεμένες στην αντίληψη των φοιτητών με φαινομενολογικές σκοπιές και δραστηριότητες, σε αντίθεση με τις απόλυτες οι οποίες τείνουν να υποβάλουν θεωρητικές σκοπιές του πεδίου. Με σκοπό τη νοηματική διασύνδεση των χαρακτηριστικών των παραστάσεων με διαφορικές και απόλυτες μεταβολές και τη διδακτική αξιοποίηση της διαπίστωσης, αναπτύχθηκε αλληλεπιδραστικό λογισμικό προσομοίωσης. Περιγράφονται και αναλύονται βασικά σχεδιαστικά στοιχεία του λογισμικού και δραστηριότητες των φοιτητών οι οποίες υποστηρίζουν την ολοκληρωμένη ένταξη και χρήση του λογισμικού σε διδακτική διαδικασία εποικοδομητικού τύπου.

Abstract

The present study aims at elucidating the relation of student teachers' reasoning during graph interpretation to the kind of represented content and the development of educational software based on the results. Interviews recorded student teachers' responses during heat graph description. Results show that differential graphs are more connected to students' understanding with phenomenological aspects and activities, while absolute graphs tend to evoke more theoretical aspects of the field. Aiming to relate the absolute and differential graph features and to apply the above findings in the design of teaching sequences, we developed an interactive computer simulation. Main software design principles and student activities which support software integration during constructivistic teaching, are described in the study.

1. Εισαγωγή

Η δυνατότητα χειρισμού των γραφικών παραστάσεων συνδέεται με την απόκτηση ειδικής κατηγορίας δεξιοτήτων εκ μέρους των διδασκομένων. Πολλές έρευνες έχουν αναδείξει σειρά προβλημάτων κατανόησης των γραφικών παραστάσεων από τους μαθητές/φοιτητές, τα οποία σχετίζονται είτε με τη δυνατότητα κατασκευής ή ερμηνείας των μορφολογικών χαρακτηριστικών των γραφικών παραστάσεων, είτε με τη γνώση του περιεχομένου που αναπαρίσταται (McDermott, 1987).

Φαίνεται ότι ο χειρισμός των γραφικών παραστάσεων συνδέεται επιπλέον και με τις απόψεις που κατέχουν οι διδασκόμενοι για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων (Leinhardt et al, 1990). Οι απόψεις αυτές σχετίζονται με τις αντιλήψεις και τη μορφή των ερμηνευτικών συλλογισμών που αναπτύσσουν οι φοιτητές, όταν καλούνται να περιγράψουν, να ερμηνεύσουν ή γενικά να αναφερθούν σε γραφικές παραστάσεις.

Οι αρχικές απόψεις των φοιτητών για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων πριν τη διδασκαλία τους, είχαν διερευνηθεί σε προηγούμενη έρευνά μας, με κριτήριο τη μορφή του περιεχομένου που αναπαρίσταται (Bisdikian & Psillos, 1998). Σειρά γραφικών παραστάσεων διαβαθμισμένων ως προς το περιεχόμενό τους είχε παρουσιαστεί στους φοιτητές και είχε ζητηθεί η περιγραφή τους. Από την ανάλυση των αποκρίσεων οδηγηθήκαμε στο συμπέρασμα ότι οι φοιτητές εμφανίζουν κατηγορίες απόψεων για τη σημασία των παραστάσεων και οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τη μορφή του περιεχομένου.

Συνοπτικά, διαπιστώθηκε ότι όταν το περιεχόμενο είναι ελεύθερο και αναφέρεται σε εξελίξεις καθημερινών γεγονότων, οι φοιτητές εκφράζουν την άποψη ότι οι παραστάσεις αποτελούν γεωμετρικά σχήματα, εικόνες αντικειμένων, μαθηματικές οντότητες ή αόριστα μεταβολές κάποιων μεγεθών. Όταν όμως υπάρχει αναφορά σε ειδικό περιεχόμενο από την περιοχή των φυσικών επιστημών, επικρατεί στους φοιτητές η άποψη ότι οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν μηχανισμούς περιγραφής μεταβολών σε φυσικά μεγέθη, αναπαραστάσεις θεωρητικών σχέσεων ή ακολουθία από πειραματικές δραστηριότητες.

Στην παρούσα εργασία διερευνούμε περιπτώσεις συσχέτισης των απόψεων που έχουν οι φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων, με τη μορφή και το περιεχόμενο των παραστάσων. Η διερεύνηση εστιάστηκε σε συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο Θερμότητας. Εάν δηλαδή οι φοιτητές αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στις γραφικές παραστάσεις Θερμότητας, έτσι ώστε να είναι δυνατό να ενταχθούν κατάλληλα σε

διδασκαλία σχετικών ενοτήτων. Στη συνέχεια αναλύονται οι επιπτώσεις των ευρημάτων στην ανάπτυξη και την εφαρμογή αλληλεπιδραστικού λογισμικού.

2. Ερευνητική Μεθοδολογία

Δύο μορφές γραφικών παραστάσεων χρησιμοποιούνται κυρίως για την περιγραφή των χρονικών μεταβολών Θερμότητας, οι παραστάσεις απόλυτης μεταβολής, π.χ. του συνολικού ποσού θερμότητας (Q/t) που συσσωρεύεται σε ένα σώμα και οι παραστάσεις διαφορικής μεταβολής στις ποσότητες, π.χ. της μεταβολής στην παροχή θερμότητας από κάποια θερμική πηγή (ΔQ/t). Γεννάται ως εκ τούτου το ερώτημα εάν οι φοιτητές διαμορφώνουν ιδιαίτερες απόψεις για τη σημασία των δύο συγκεκριμένων μορφών γραφικών παραστάσεων και εάν κάθε μια από αυτές προσεγγίζεται με διαφορετικό τρόπο από τους φοιτητές κατά το χειρισμό τους. Αναζητήθηκε επομένως η λεπτή υφή που πιθανόν να διαμορφώνεται στην αντίληψη των φοιτητών για γραφικές παραστάσεις απόλυτων και διαφορικών μεταβολών θέρμανσης.

Δεδομένα για τον εντοπισμό των απόψεων των φοιτητών για την ιδιαίτερη σημασία των δύο μορφών γραφικών παραστάσεων ελήφθησαν μέσω ημιδομημένων συνεντεύξεων. Οι συνεντεύξεις, διάρκειας 20', διεξήχθησαν ατομικά με κάθε φοιτητή και ηχογραφήθηκαν. Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων παρουσιάστηκε σε φύλλο συνέντευξης, σειρά γραφικών παραστάσεων και ζητήθηκε από τους φοιτητές η περιγραφή τους. Δόθηκε έμφαση στον εντοπισμό ιδιαίτερων χειρισμών των δύο μορφών γραφικών παραστάσεων, δηλαδή της μεταβολής της συνολικής ποσότητας θερμότητας και της παροχής θερμότητας. Με σκοπό την αποκάλυψη των προτιμήσεων στις εκφράσεις παροτρύναμε τους φοιτητές να εκφράσουν ελεύθερα τις περιγραφές τους. Οι αποκρίσεις αναλύθηκαν με κριτήριο είτε την προτίμηση στις ιδιαίτερες εκφράσεις και συλλογισμούς που αναπτύσσουν οι φοιτητές κατά την περιγραφή των δύο μορφών παραστάσεων, είτε μέσω της προτίμησης στη μορφή της παράστασης που απευθύνονται οι φοιτητές με σκοπό να αντλήσουν πληροφορίες σχετικά με τη θεωρία ή αντίστοιχα τα φαινόμενα.

Η καταγραφή έγινε μετά από διεξαγωγή δύο εργαστηριακών μαθημάτων διάρκειας 6 ωρών (3 ώρες/εβδομάδα) όπου συμμετείχαν 26 φοιτητές (2 τμήματα) του Δ' εξαμήνου στο πλαίσιο του μαθήματος "Πειραματική Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών" στο ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, κατά τη διάρκεια των Ακαδ. Ετών '95-'97. Οι φοιτητές ήταν 19-22 ετών, μέσου επιπέδου ικανοτήτων, με περιορισμένες γνώσεις φυσικής και καθόλου ή ελάχιστη εμπειρία στους Η/Υ.

Η διδασκαλία αποσκοπούσε στη ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων και περιελάμβανε δραστηριότητες με στόχο την κατανόηση των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας και τη διερεύνηση της σχέσης θερμιδομετρίας. Σε αυτό το πλαίσιο διεξήχθησαν πραγματικά και προσομοιωμένα πειράματα θέρμανσης υλικών σε αίθουσα με καθημερινά απλά υλικά, απλά όργανα και έναν Η/Υ ανά δύο φοιτητές. Ταυτόχρονα οι φοιτητές ασκήθηκαν στη κατασκευή και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων, με κλασικές διαδικασίες μετρήσεων, χρήση προσομοιώσεων ή αισθητηρίων συνδεδεμένων με υπολογιστή.

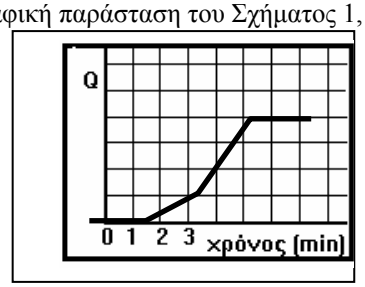
3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα που παρατίθενται στη συνέχεια προέρχονται από συγκεκριμένο έργο και είναι αντιπροσωπευτικά καθώς αναδεικνύουν τις απόψεις των φοιτητών για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων Θερμότητας. Παρατίθενται επίσης συνοπτικά αποτελέσματα από συμπληρωματικό έργο που ενισχύουν τις διαπιστώσεις.

α. Σημασία γραφικών παραστάσεων απόλυτων μεταβολών

Αναλύονται οι εκφράσεις των φοιτητών κατά την περιγραφή των παραστάσεων απόλυτων μεταβολών.

Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης παρουσιάστηκε στους φοιτητές η γραφική παράσταση του Σχήματος 1, η οποία αναφέρεται στις μεταβολές του συνολικού ποσού θερμότητας που προσφέρθηκε σε ποσότητα νερού και ζητήθηκε η περιγραφή της. Οι αποκρίσεις παρουσιάζουν την αναμενόμενη ποικιλία στη μορφή εκφράσεων τις οποίες και κατηγοριοποιούμε.



Σχήμα 1: Παράσταση μεταβολής στη συνολική ποσότητα θερμότητας

Διακρίνεται έτσι, προτίμηση σε εκφράσεις που αναφέρονται σε μεταβολές φυσικών μεγεθών, όπως:

-"..η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται πιο γρήγορα.."

-"..το νερό δεν έχει θερμοκρασία στη αρχή.."

-".. μέχρι το 2' η θερμότητα είναι μηδέν, ... μέχρι το 4' προσφέρουμε θερμότητα ... "

Στην αναφορά σε γεωμετρικά χαρακτηριστικά, όπως:

-"...η γραμμή είναι πιο απότομη.."

-"...εδώ η κλίση της γραμμής δεν είναι μεγάλη.."

Το μεγάλο όμως ποσοστό φοιτητών αναφέρθηκε σε θεωρητικές σχέσεις και νόμους θερμότητας:

-"...η θερμοκρασία σταθεροποιείται λόγω της σταθερής θερμότητας..."

-"...από εδώ και πέρα ξεκινάμε την παροχή θερμότητας ..."

-"...όσο δεν έχουμε παροχή θερμότητας, δεν έχουμε αλλαγή στη θερμοκρασία.."

-"...η παροχή θερμότητας είναι συνεχής, άρα η θερμοκρασία αυξάνει συνεχώς..."

Τέλος εμφανίστηκε αριθμός φοιτητών που αδυνατούσαν να απαντήσουν.

Παρατηρήσαμε κατ' αρχήν ότι συναντώνται παρόμοιες κατηγορίες περιγραφών με αυτές που εμφάνισαν οι φοιτητές πριν τη διδασκαλία. Οι εκφράσεις βέβαια είναι επιστημονικά περισσότερο ορθές, καθώς υπάρχει η επίδραση της διδασκαλίας. Εμφανίζονται περιγραφές που περιλαμβάνουν αναφορά σε γεωμετρικούς όρους, μεταβολές φυσικών μεγεθών και ανάκληση θεωρητικών σχέσεων, ενώ δεν συναντήθηκε καμία περιγραφή με όρους δραστηριοτήτων.

Αν και είχε ζητηθεί μόνο η περιγραφή της παράστασης, παρατηρήσαμε οτι η κατηγορία εκφράσεων που αναφέρονται σε θεωρητικές σχέσεις, περιέχουν σύνθετους ερμηνευτικούς συλλογισμούς. Σε περιγραφές όπως οι επόμενες:

-*"...όσο δεν έχουμε παροχή θερμότητας, δεν έχουμε αλλαγή στη θερμοκρασία..."*

-*"...η παροχή θερμότητας είναι συνεχής, άρα η θερμοκρασία αυξάνει συνεχώς..."*

οι φοιτητές, δεν απέδωσαν στα χαρακτηριστικά των παραστάσεων απλώς κάποια σημασία, αλλά αναζήτησαν και διατύπωσαν συλλογισμούς που ερμηνεύουν την εξέλιξη των μεγεθών που αναπαρίστανται, με αναφορά σε θεωρητικές σχέσεις. Οι φοιτητές αυτοί προέρχονταν ως επί το πλείστον από θετικές κατευθύνσεις προηγούμενης εκπαίδευσης (Α' και Β' Δέσμη Λυκείου).

β. Σημασία γραφικών παραστάσεων διαφορικών μεταβολών

Ταξινομούνται κατόπιν οι προτιμήσεις των φοιτητών για τη μορφή των εκφράσεων κατά την περιγραφή των γραφικών παραστάσεων διαφορικών μεταβολών.

Οι περιγραφές αφορούν τη παράσταση του Σχήματος 2, η οποία αναφέρεται σε μεταβολές στη παροχή θερμότητας από μια πηγή προς κάποια ποσότητα νερού. Η παράσταση παρουσιάστηκε στους φοιτητές στην επόμενη φάση της συνέντευξης και ζητήθηκε η περιγραφή της. Οι αποκρίσεις παρουσιάζουν μεν την αναμενόμενη ποικιλία εκφράσεων, διαφοροποιούνται όμως σε σχέση με τη προηγούμενη περίπτωση:

Συναντώνται έτσι εκ νέου αναφορές σε μεταβολές φυσικών μεγεθών, για παράδειγμα:

-*"...η μεταβολή παραμένει σταθερή..."*

-*"...η τιμή αυξάνεται και μετά μηδενίζεται..."*

-*"...η παροχή σταθεροποιείται..."*

-*"...η θερμοκρασία παραμένει σταθερή..."*

-*"... μέχρι το 4' ξεκινά μια σταθερή παροχή..."*

Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό αποκρίσεων έχει σαφή προτίμηση σε πειραματικούς χειρισμούς και εκφράσεις με καθημερινές δραστηριότητες, όπως:

-*".. θερμοκρασία σταθερή, άρα έχουμε το γκαζάκι σταθερό.."*

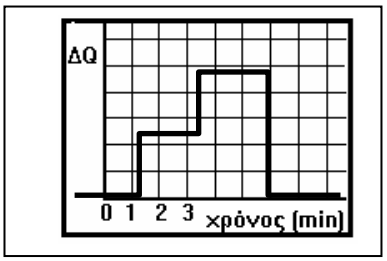
-*".. αυξάνουμε τη φλόγα πολύ γρήγορα για να φτάσουμε εδώ [4].."*

-*"..στην αρχή δεν παρέχεται θερμότητα.."*

-*"..και μετά στο 4' σταματάμε να προσφέρουμε θερμότητα .."*

-*"..στο 3ο λεπτό ανάβει το γκαζάκι.."*

-*"..έπειτα σβήνουμε το καμινέτο.."*



Σχήμα 2: Παράσταση διαφορικής μεταβολής ποσοτήτων θερμότητας

Διαπιστώνουμε κατ' αρχήν ότι συναντώνται γενικά μόνο οι δύο παραπάνω κατηγορίες αποκρίσεων, ενώ λείπουν εντελώς περιγραφές με γεωμετρικούς όρους και ερμηνευτικούς συλλογισμούς που να στηρίζονται σε θεωρητικές σχέσεις.

Οι παραστάσεις μεταβολών στη παροχή φαίνεται ότι δημιουργούν στους φοιτητές την άποψη ότι αναπαριστούν εξελίξεις φαινομένων, άποψη την οποία εκφράζουν με όρους που αναφέρονται σε δραστηριότητες και χειρισμούς πειραματικών διατάξεων (*…ανάβει το γκαζάκι, σβήνουμε το καμινέτο, αυξάνουμε τη φλόγα,* κλπ). Οι περιπτώσεις περιγραφών που υποδηλώνουν τάση ερμηνείας των μεταβολών, όπως *"... αυξάνουμε τη φλόγα πολύ γρήγορα για να φτάσουμε εδώ [4]."*, θεωρεί τις μεταβολές ως αποτέλεσμα χειρισμών και όχι να επιβάλλονται από τη θεωρία. Τάση χρήσης εκφράσεων με δραστηριότητες παρουσίασαν κυρίως οι φοιτητές με χαμηλότερο επίπεδο γνώσεων στις γραφικές παραστάσεις.

γ. Προτιμήσεις στη μορφή γραφικών παραστάσεων

Τα αποτελέσματα που περιγράφηκαν παραπάνω, εμφανίζουν αρκετά διακριτή τη διαφορετική αντιμετώπιση των δύο μορφών γραφικών παραστάσεων θερμότητας από τους φοιτητές. Με σκοπό τη γενίκευση της διαπίστωσης, θεωρήσαμε σκόπιμο να διερευνήσουμε εάν συναντάται παρόμοιος συσχετισμός μεταξύ των απόψεων και της μορφής των παραστάσεων σε συμπληρωματικό έργο με αντίστροφη πορεία συλλογισμών. Ζητήσαμε, σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό, από τους φοιτητές να επιλέξουν από ποια γραφική παράσταση, δηλαδή της μεταβολής θερμοκρασίας ή της μεταβολής παροχής, να αντλήσουν πληροφορίες, ώστε να αναπαράγουν πειραματικές δραστηριότητες ή να καταλήξουν σε θεωρητικά συμπεράσματα. Το έργο ακολούθησε παρόμοια με την προηγούμενη περίπτωση διαδικασία συνέντευξης και χρησιμοποίησε παρόμοιες γραφικές παραστάσεις.

Τα αποτελέσματα συμφωνούν κατά βάση και επιβεβαιώνουν τα αντίστοιχα του προηγούμενου έργου. Διαπιστώθηκε ότι εμφανίζονται προτιμήσεις σχετικά με το ποια γραφική παράσταση θα ανατρέξουν οι φοιτητές για να στηρίξουν τους συλλογισμούς τους. Συγκεκριμένα, εάν πρόκειται να αντλήσουν πειραματικά δεδομένα, φαίνεται ότι ανατρέχουν και στις δύο μορφές παραστάσεων με σχετική προτίμηση στις παραστάσεις παροχής, ενώ αναζητούν πληροφορίες για να υποστηρίξουν θεωρητικούς συλλογισμούς κυρίως από τις απόλυτες παραστάσεις.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα οδηγούν στη διαπίστωση ότι διαφορετικά αντιμετωπίζουν οι φοιτητές και επομένως διαφορετική σημασία αποδίδουν στις παραστάσεις απόλυτης μεταβολής ποσοτήτων από οτι σε αυτές των διαφορικών μεταβολών παροχής.

Οι παραστάσεις απόλυτων μεταβολών όπως στην ποσότητα θερμότητας, φαίνεται ότι υποδηλώνουν κυρίως τη θεωρητική διάσταση των γραφικών παραστάσεων, όπως φάνηκε και από το γεγονός ότι τείνουν να υποβάλουν τους φοιτητές στη διατύπωση αιτιακών συλλογισμών που αναφέρονται κατά προτίμηση σε θεωρητικές σχέσεις και νόμους της φυσικής. Ταυτόχρονα αποτελούν τις παραστάσεις που περισσότερο προτιμούνται από τους φοιτητές για άντληση πληροφοριών όταν τους ζητείται να καταλήξουν σε θεωρητικά συμπεράσματα. Η εμφάνιση της εν λόγω προτίμησης αναδεικνύει την άποψη των περισσότερων φοιτητών ότι η συγκεκριμένη μορφή γραφικών παραστάσεων είναι μηχανισμός συμβολικής αναπαράστασης θεωρητικών γνώσεων. Γι' αυτό ίσως το λόγο κατά την περιγραφή της παράστασης μεταβολών θερμότητας, δεν παρουσιάστηκε καμιά απόκριση με εκφράσεις δραστηριοτήτων.

Αντίθετα, οι γραφικές παραστάσεις μεταβολών στη παροχή, είναι πιο στενά συνδεδεμένες στην αντίληψη των φοιτητών, με τη φαινομενολογική διάσταση των γραφικών παραστάσεων, καθώς οι συλλογισμοί που παράγονται αναφέρονται κυρίως σε χειρισμούς και δραστηριότητες. Οι όποιοι ερμηνευτικοί συλλογισμοί εκφράζονται με όρους δραστηριοτήτων, ενώ αντίστοιχα, σε αυτή τη μορφή παραστάσεων αναφέρονται κατά προτίμηση οι φοιτητές όταν αναζητούν δεδομένα σχετικά με πειραματικές δραστηριότητες. Αναδεικνύεται επομένως η άποψη πολλών φοιτητών ότι οι διαφορικές παραστάσεις αποτελούν κυρίως μηχανισμό περιγραφής εξελίξεων από το κόσμο των φαινομένων.

Συστηματοποιούμε τις απόψεις για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων ανάλογα με τη μορφή τους, στο παρακάτω Πίνακα 1:

Μορφή	Απόδοση σημασίας, απόψεις
Απόλυτες μεταβολές στη ποσότητα (Q/t, °C/t)	-Διατύπωση αιτιακών συλλογισμών σε επίπεδο θεωρίας -Αναδεικνύουν άποψη ότι οι γραφικές παραστάσεις είναι μηχανισμοί αναπαράστασης θεωρητικών σχέσεων. -Δεν προτιμούνται για περιγραφή από τους φοιτητές με μη μαθηματικό υπόβαθρο.
Διαφορικές μεταβολές ποσότητας (ΔQ/t)	-Διατύπωση αιτιακών συλλογισμών σε επίπεδο φαινομένων -Αναδεικνύουν άποψη ότι οι γραφικές παραστάσεις είναι μηχανισμοί αναπαράστασης φαινομένων -Ερμηνεύονται με συνέπεια από όλους τους φοιτητές

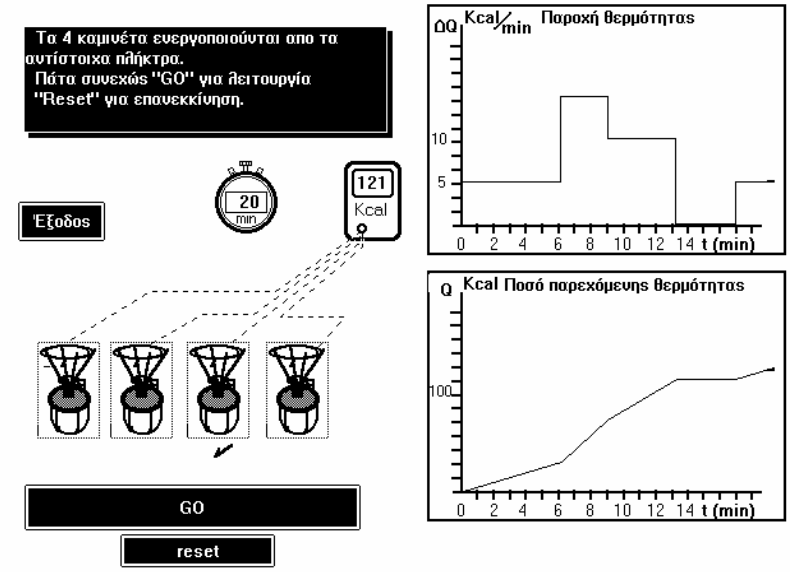
Πίνακας 1: Απόψεις φοιτητών για τη σημασία των μορφών των γραφικών παραστάσεων

Έχοντας αποδώσει στις γραφικές παραστάσεις ρόλο ενδιάμεσης νοητικής γέφυρας μεταξύ της κατανόησης της θεωρίας και των αντίστοιχων φαινομένων (Μπισδικιάν, 1998), φαίνεται ότι η κάθε μια από τις παραπάνω μορφές παραστάσεων συνδέεται πιο στενά με την αντίστοιχη σκοπιά της μελέτης των φυσικών επιστημών. Οι απόλυτες παραστάσεις με τη θεωρητική προσέγγιση και οι διαφορικές παραστάσεις με τη φαινομενολογική προσέγγιση. Η νοηματική διασύνδεση στις αντιλήψεις των φοιτητών, των χαρακτηριστικών των δύο μορφών γραφικών παραστάσεων είναι δυνατόν να βοηθήσει στη σύνδεση των θεωρητικών και φαινομενολογικών περιγραφών, να τεκμηριώσει επομένως το ρόλο των γραφικών παραστάσεων στη σύνδεση θεωρίας και φαινομένων.

5. Επιπτώσεις στην ανάπτυξη αλληλεπιδραστικού λογισμικού

Με το παραπάνω σκεπτικό θεωρούμε σημαντική την ανάπτυξη της δεξιότητας των φοιτητών να συσχετίζουν και να αντιστοιχίζουν μεταξύ τους τα τμήματα γραφικών παραστάσεων απόλυτων και διαφορικών μεταβολών. Έργα που αποσκοπούν στην παραπάνω διασύνδεση σε μια τυπική σχολική πρακτική, προβλέπουν διαδικασίες παραγώγισης των μεταβολών, όπως είναι ο μετασχηματισμός των τμημάτων των παραστάσεων με κλίση σε αντίστοιχα οριζόντια τμήματα κλπ. Παρόμοιες διαδικασίες υπονοούν κυρίως μαθηματική προσέγγιση και ύπαρξη σχετικών γνώσεων οι οποίες όμως πιθανόν να απομακρύνουν την κατανόηση των φοιτητών από τη φυσική σημασία των γραφικών παραστάσεων.

Για το σκοπό αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς της κλασικής πρακτικής στην κατασκευή των γραφικών παραστάσεων, αναπτύξαμε αλληλεπιδραστικό λογισμικό προσομοίωσης που βασίζεται στα πιο πάνω ερευνητικά συμπεράσματα (DeCorte et al, 1992). Στόχος του λογισμικού είναι η αντιστοίχηση τμημάτων παραστάσεων, μέσω του ταυτόχρονου σχηματισμού των γραφικών παραστάσεων απόλυτης και διαφορικής μεταβολής σε ποσά θερμότητας, σαν αποτέλεσμα των επιλογών του χρήστη στην ενεργοποίηση θερμαντικών πηγών.



Σχήμα 3: Οθόνη υπολογιστή με το λογισμικό διασύνδεσης γραφικών παραστάσεων

Το Σχήμα 3 αναπαριστά την οθόνη του υπολογιστή με τη συγκεκριμένη προσομοίωση. Αποτυπώνονται οι ακόλουθες ομάδες αντικειμένων:

-Η εικόνα από τέσσερις πηγές θερμότητας (καμινέτα). Κάθε πηγή συνοδεύεται από αντίστοιχο πλήκτρο ενεργοποίησής της.

-Ένα εικονικό όργανο που σχεδιάστηκε με σκοπό να παρέχει ένδειξη του συνολικού ποσού θερμότητας που παρέχεται από τις ενεργοποιημένες πηγές και ένα χρονόμετρο.

-Η γραφική παράσταση της μεταβολής της παροχής θερμότητας και η γραφική παράσταση της μεταβολής του συνολικού ποσού θερμότητας που διοχετεύεται από το σύνολο των πηγών προς κάποιο αποδέκτη. Οι δύο παραστάσεις έχουν κοινή κλίμακα στον άξονα χρόνου και οι αναπαραστάσεις εξελίσσονται συγχρονικά.

-Πλήκτρο εκκίνησης της λειτουργίας και των μετρήσεων και πλήκτρο μηδενισμού των οργάνων και των γραφικών παραστάσεων.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιεί επιλεκτικά τον αριθμό των πηγών, να πιέζει το πλήκτρο εκκίνησης και να παρακολουθεί το ταυτόχρονο σχηματισμό των γραφικών παραστάσεων παροχής και συνολικού ποσού θερμότητας. Ανά πάσα στιγμή είναι σε θέση να διακόψει τη λειτουργία, να διαφοροποιήσει τον αριθμό των πηγών και να συνεχίσει τη λειτουργία της προσομοίωσης. Οι δύο γραφικές παραστάσεις διατηρούν την αναπαράσταση των προηγούμενων επιλογών και εμφανίζουν παράλληλα τη νέα. Στο Σχήμα 3 εμφανίζεται το αποτέλεσμα μιας σειράς επιλογών σε συγκεκριμένο παράδειγμα. Είναι εμφανής η σχέση μεταξύ της διαφοράς ύψους στην επάνω παράσταση και της διαφοράς κλίσης στην κάτω. Ο ταυτόχρονος σχηματισμός των δύο παραστάσεων που αντιστοιχούν στην ίδια ακολουθία επιλογών, δημιουργεί συνθήκες συσχετισμού των μεταβολών (Rogers, 1995).

Με σκοπό, εκτός των άλλων, τη συσχέτιση απόλυτων και διαφορικών μεταβολών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων σύμφωνα με το παραπάνω σκεπτικό, έχει αναπτυχθεί σειρά έργων τα οποία υποστηρίζουν την ολοκληρωμένη ένταξη και χρήση του λογισμικού σε διδακτική διαδικασία εποικοδομητικού τύπου (Linn et al, 1993). Το παράδειγμα του Σχήματος 4 που αναλύεται στη συνέχεια, αποτελεί ενδεικτικό έργο που αναδεικνύει την ένταξη του λογισμικού και έχει δοθεί σαν τμήμα φύλλου εργασίας σε φοιτητές του ΠΤΔΕ στο πλαίσιο της ανάπτυξης δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων θερμότητας.

---

1. ... Να σχεδιάσεις κάθε φορά την αντίστοιχη γρ. παρ. ΔQ/t (ή Q/t) που προκύπτει…

*2.-Κάλεσε το πρόγραμμα **"Παροχή θερμότητας"**... Να ενεργοποιήσεις κατάλληλο συνδυασμό καμινέτων ώστε να προκύψουν οι γρ. παρ...*

3.-Να συγκρίνεις τις ... και να ...

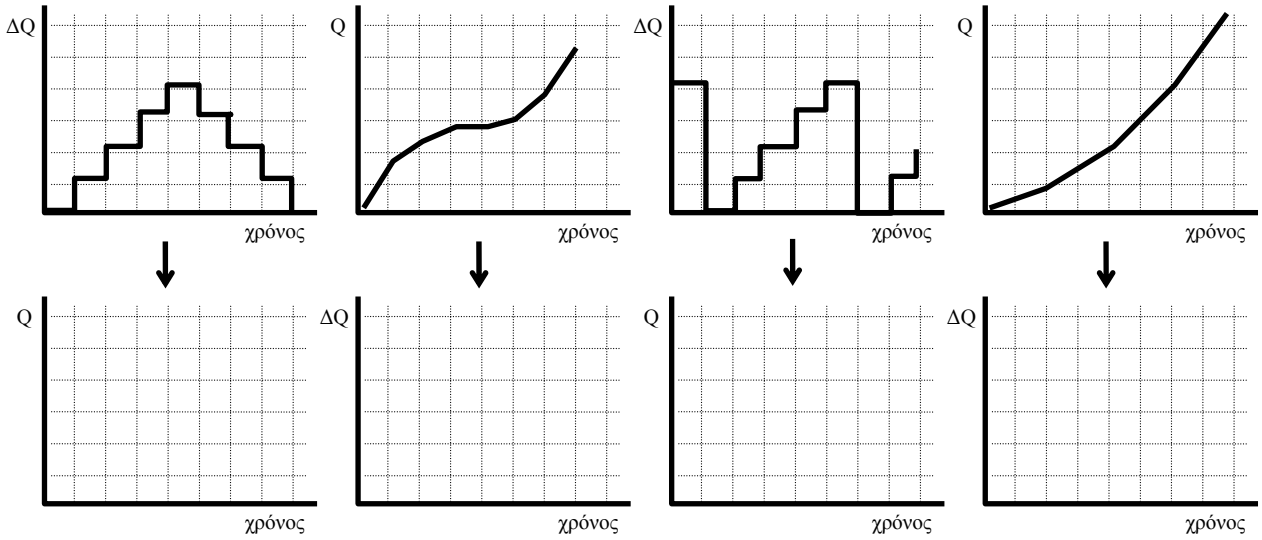
Σύμφωνα με το έργο:

-1. Οι φοιτητές καλούνται να υποθέσουν για τη μορφή της γραφικής παράστασης μεταβολής στο ποσό θερμότητας (αντίστοιχα παροχής) που αντιστοιχεί στη γραφική παράσταση παροχής (αντίστοιχα συνολικού ποσού).

-2. Στη συνέχεια λειτουργούν την προσομοίωση που περιγράψαμε και προσπαθούν μέσω της ενεργοποίησης των θερμαντικών πηγών, να κατασκευάσουν γραφικές παραστάσεις συμβατές με τις ζητούμενες.

-3. Συγκρίνουν τις δύο κατασκευές επικεντρώνοντας την προσοχή τους στον εντοπισμό και αιτιολόγηση διαφορών.

Το παραπάνω έργο συνδυάζεται με ευρύτερη σειρά δραστηριοτήτων που ακολουθούν συγκεκριμένη στρατηγική. Η παρουσίαση επομένως αποτελεσμάτων δεν συνδέεται αποκλειστικά με την ένταξη του συγκεκριμένου έργου και λογισμικού και δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Αναδεικνύεται όμως ότι η έρευνα για τις αντιλήψεις και απόψεις των φοιτητών για τη σημασία των γραφικών παραστάσεων μπορεί να αποτελέσει βάση για την ανάπτυξη λογισμικού και να αποδώσει στον υπολογιστή συγκεκριμένο ρόλο στο πλαίσιο της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων.



Σχήμα 4: Έργο αντιστοίχησης παραστάσεων και ένταξης του λογισμικού

Βιβλιογραφία

-ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, ΓΚ., (1998), "Ανάπτυξη γνώσης περιεχομένου και απόκτηση δεξιοτήτων γραφικών παραστάσεων: Η περίπτωση της Θερμότητας", *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, Μάιος 1998, Αριστ. Πανεπιστ. Θεσσαλονίκης.*

-BISDIKIAN G., PSILLOS D., (1998). "A Computer-based approach to relating graphs and physics: The case of heat and temperature", Case study in "Labwork in Science Education", No PL95-2005 - TSER Project.

-DeCorte E., et al (Eds.), (1992). *Computer-based learning environments and problem solving*. NATO-ASI Series. Springer-Verlag, Berlin.

-LEINHARDT, G. et al (1990). Functions, Graphs and Graphing: Tasks, Learning and Teaching. *Review of Educational Research,* Spring 1990, Vol. 60 (1), p1-64.

-LINN, M., et al. (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. *Educational Technology*, Jan. '93, p45-58.

-McDERMOTT, L., (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics 55* (6), June 1987, p503-513.

-ROGERS, L., (1995). The computer as an aid for exploring graphs, School Science Review, 76, 276, p31-39.