ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη μελέτη και τη μοντελοποίηση της θερμικής διαστολής και των αλλαγών φυσικής κατάστασης σωμάτων

Ε. Σταυρίδου, Χ. Σολομωνίδου, Μ. Σαμαράκου, Μ. Γρηγοριάδου, Δ. Μητρόπουλος, Α. Ρηγούτσος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σταυρίδου Ε., Σολομωνίδου Χ., Σαμαράκου Μ., Γρηγοριάδου Μ., Μητρόπουλος Δ., & Ρηγούτσος Α. (2025). Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη μελέτη και τη μοντελοποίηση της θερμικής διαστολής και των αλλαγών φυσικής κατάστασης σωμάτων. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 489–498. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8286

Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη μελέτη και τη μοντελοποίηση της θερμικής διαστολής και των αλλαγών φυσικής κατάστασης σωμάτων

Ε. Σταυρίδου,
Καθηγήτ., Παιδ. Τμ. Δημ. Εκπ/σης Παν/μίου Θεσσαλίας, *estavrid@uth.gr*
Χ. Σολομωνίδου,
Επίκ. Καθηγήτ., Παιδ. Τμ. Νηπιαγωγών Παν/μίου Θεσσαλίας, *xsolom@uth.gr*
Μ. Σαμαράκου,
Καθηγήτ., Τμήμ. Ενεργ. Τεχν., Τ.Ε.Ι. Αθήνας, *marsam@otenet.gr*
Μ. Γρηγοριάδου,
Επίκ. Καθηγήτ., Τμ. Πληροφ. Παν/μίου Αθηνών, *gregor@di.uoa.gr*
Δ. Μητρόπουλος,
Καθ.-Φυσ. Μέσης Εκπ., Υπ. Διδ. Τμ. Πληρ. Παν/μίου Αθηνών, *dmitro@di.uoa.gr*
Α. Ρηγούτσος,
Καθ.-Φυσ. Μέσης Εκπ., Ελλ/γαλλική Σχολή "Ο Άγιος Παύλος", *stpaul@athens.mbn.gr*

Περίληψη
Στο πλαίσιο του έργου του ΥΠΕΠΘ «Αναδιατύπωση και Εκσυγχρονισμός των Προγραμμάτων Σπουδών στον Τομέα των Φυσικών Επιστημών με Σύγχρονη Παραγωγή Διδακτικού Υλικού» και με την εποπτεία του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, αναπτύχθηκε από την ομάδα μας το εκπαιδευτικό λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», για τις τάξεις Β' και Γ' Γυμνασίου, με θεματικές ενότητες: Μηχανική, Ανάκλαση – διάθλαση, Θερμότητα, Ηλεκτρισμός, Μοντέλα & Άτομα. Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι θεωρητικές αρχές και η φιλοσοφία που καθοδήγησαν το σχεδιασμό της ενότητας «Θερμότητα» του ως άνω λογισμικού. Για το σχεδιασμό ελήφθησαν υπόψη οι μαθησιακές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν για το θέμα αυτό μαθητές/ριες του Γυμνασίου, και ιδιαίτερα όσον αφορά στην κατανόηση των μοντέλων της δομής της ύλης και της σωματιδιακής φύσης της ύλης. Το περιβάλλον εργασίας στην ενότητα της Θερμότητας προσομοιώνει ένα εργαστήριο Θερμότητας, όπου ο/η μαθητής/ρια μπορεί να εκτελέσει πειράματα σχετικά με τη διαστολή των στερεών, υγρών ή αερίων, καθώς και πειράματα αλλαγής φάσης του νερού. Μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες, ο/η μαθητής/ρια μπορεί να επαληθεύσει τις προβλέψεις του/ης, να ελέγξει τις ιδέες του/ης και να μάθει τις νέες έννοιες μέσα από τη μελέτη πολλαπλών αναπαραστάσεων κάθε φαινομένου. Για το σκοπό αυτό, για την καλύτερη κατανόηση της ερμηνείας του φαινομένου, παρέχεται στο/η μαθητή/ρια η δυνατότητα να παρατηρεί σε ξεχωριστό παράθυρο το σχετικό μοντέλο, όπου δίνεται έμφαση στη σωματιδιακή φύση της ύλης και στην επίδραση της θερμοκρασίας στις κινήσεις των μορίων. Μία πρώτη αξιολόγηση του λογισμικού είχε θετικά αποτελέσματα.
Λέξεις – κλειδιά: Εκπαιδευτικό λογισμικό, μαθησιακές δυσκολίες, θερμική διαστολή, αλλαγές φυσικής κατάστασης, πολλαπλές αναπαραστάσεις, αλληλεπιδραστικότητα, ενεργή δόμηση της γνώσης.

Summary
The Educational Software "M.A.Θ.H.M.A." was designed and implemented by our research team, in the framework of the program "Reformulation and Innovation of the Curricula in the domain of Science, with the Contemporaneous Production of Instructional Material", supported by the Greek Ministry of Education, and supervised by the Pedagogical Institute. It is addressed to 2nd and 3rd grade students of Lower Secondary Education, and includes concepts from the following knowledge domains: Mechanics, Reflection-refraction, Heat, Electricity, Models & Atoms.
In this paper we present the instructional approach followed in the design of the section "Heat", included in this software. Research data about students' learning difficulties related to this topic guided the design of this section and especially the fact that students of Secondary Education conceive matter as continuous and they face significant learning difficulties in understanding models of matter-structure and the particulate nature of matter.
The learning environment simulates a specific Laboratory, where the student can carry out experiments related to the expansion of solid, liquid or gaseous materials, as well as experiments related to change of the state of water. Through the proposed activities, the student can learn the new concepts by using multiple representations of the same phenomenon, s/he can verify his/her predictions and check his/her

ideas. For this reason and for a better interpretation of the phenomenon, the student has the opportunity to observe in a separate window the relevant model, where emphasis is given to the particulate nature of matter and to the influence of temperature on the motions of molecules.
A first evaluation of the unit Heat gave positive results.

Εισαγωγή

Το Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. είναι ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό περιβάλλον, υποστηριζόμενο από υπολογιστές και δίκτυο, που αποσκοπεί στην υποβοήθηση της διδασκαλίας της Φυσικής του Γυμνασίου, με έμφαση σε έννοιες και φαινόμενα για τα οποία οι μαθητές και οι μαθήτριες αντιμετωπίζουν ιδιαίτερες γνωστικές δυσκολίες στην κατανόησή τους. Το λογισμικό αυτό είναι προσανατολισμένο για χρήση από το/η μαθητή/ρια κυρίως στο σπίτι, χωρίς όμως να αποκλείεται και η καθοδηγούμενη από τον/ην καθηγητή/ρια αξιοποίησή του στην τάξη.
Οι φορείς που συμμετείχαν στη σχεδίαση και υλοποίηση του έργου ήταν το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, η εταιρεία λογισμικού 01-ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ και η Ελληνογαλλική Σχολή Πειραιά "Ο Άγιος Παύλος".
Η επιλογή των θεματικών ενοτήτων και η εκπαιδευτική σχεδίαση στηρίχθηκαν τόσο σε πορίσματα της Γνωσιακής Επιστήμης όσο και σε αποτελέσματα έρευνας της Διδακτικής της Φυσικής, από τα οποία προκύπτουν οι ιδιαίτερες δυσκολίες και οι παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές/ριες σχετικά με την κατανόηση πολλών φυσικών φαινομένων και εννοιών, σε όλο το φάσμα της ύλης της Φυσικής του Γυμνασίου.
Στην εργασία αυτή περιγράφεται και τεκμηριώνεται η πορεία που ακολουθήσαμε για τη σχεδίαση της ενότητας «Θερμότητα» του ως άνω λογισμικού. Αφετηρία για τη σχεδίαση της ενότητας αυτής αποτέλεσε το λογισμικό «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» για τη διδασκαλία μοντέλων της δομής της ύλης στο Δημοτικό σχολείο και το Γυμνάσιο (Σταυρίδου, 1999), στο οποίο γίνεται συστηματική διερεύνηση των ιδεών των παιδιών σε σχέση με τη διαστολή στερεών – υγρών – αερίων στο μικροσκοπικό και το μακροσκοπικό επίπεδο και καθοδήγησή τους στη διαδικασία μοντελοποίησης, με τη συστηματική παρουσίαση και εφαρμογή του προτεινόμενου σωματιδιακού μοντέλου για την περιγραφή και εξήγηση των σχετικών φαινομένων. Το νέο λογισμικό έχει πιο δυναμικό χαρακτήρα και περιέχει μεγαλύτερη ποικιλία πειραματικών καταστάσεων, όπως οι αλλαγές φάσης του νερού. Οι αναπαραστάσεις των φαινομένων είναι δυναμικές τόσο στο πειραματικό όσο και στο μικροσκοπικό επίπεδο.

Φυσικά μοντέλα

Η επινόηση, η παραγωγή και η χρησιμοποίηση μοντέλων είναι σύμφυτη με την ίδια τη λειτουργία της επιστήμης και του επιστημονικού τρόπου σκέψης και προσέγγισης της πραγματικότητας. Ιδιαίτερα οι Φυσικές Επιστήμες είναι κατεξοχήν επιστήμες που παράγουν και χρησιμοποιούν μοντέλα για τη μελέτη διαφόρων φυσικών, χημικών, βιολογικών και άλλων φαινομένων. Αναμφισβήτητη όμως είναι η σημασία των επιστημονικών μοντέλων και για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, δεδομένου ότι η σωστή εισαγωγή και χρήση τους αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για την αποτελεσματική κατανόηση και μάθηση πληθώρας φαινομένων, εννοιών, νόμων και θεωριών των Φυσικών Επιστημών, σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης (Σταυρίδου, 1995).
Ένα μοντέλο θεωρείται μια απλοποιημένη αναπαράσταση μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος και, για να περιγράψουμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά του, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι «κάτι» (συγκεκριμένο αντικείμενο, σχηματική αναπαράσταση, σύστημα εξισώσεων, …) που παίζει ρόλο υποκατάστατου μιας πραγματικότητας πολύ σύνθετης ή απρόσιτης στην εμπειρία και που επιτρέπει να κατανοήσουμε αυτήν την πραγματικότητα με τη βοήθεια κάποιου ενδιάμεσου πιο γνωστού ή πιο προσιτού στη γνώση (Drouin, 1988). Οι

λειτουργίες ενός μοντέλου περιλαμβάνουν την **αναπαράσταση** ενός συστήματος, την **πρόβλεψη** της εξέλιξής του ή/και την **εξήγηση**-συσχετισμό των παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα.

Κατά την μοντελοποίηση ενός συστήματος πρέπει να καθίσταται σαφής η αντιστοίχιση ανάμεσα στην περιγραφή του μοντέλου και στην περιγραφή του συστήματος, καθώς και οι διαδικασίες που οδήγησαν στον προσδιορισμό, την παραγωγή ή την κατασκευή του μοντέλου. Πρέπει επίσης να δίνεται έμφαση στη **διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο και στην πραγματικότητα,** της οποίας το μοντέλο είναι συνήθως ένα απλοποιημένο υποκατάστατο.

Σημαντικό στοιχείο ενός μοντέλου είναι **τα όρια της εγκυρότητάς του**. Παραδείγματος χάριν, ένα σωματιδιακό μοντέλο είναι αρκετό για να περιγράψει φαινόμενα θερμικής διαστολής αλλά όχι για να περιγράψει φαινόμενα που σχετίζονται με ηλεκτρικές ιδιότητες της ύλης.

Κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών οι μαθητές/ριες πρέπει να καθοδηγούνται κατάλληλα ώστε να αναπτύξουν νοητικές παραστάσεις τόσο από το εμπειρικό πεδίο, όσο και από το επίπεδο των μοντέλων, ώστε να μπορέσουν να συσχετίσουν με λειτουργικό τρόπο τα δύο επίπεδα (Σταυρίδου 1995). Ιδιαίτερα στα φαινόμενα που η ερμηνεία και κατανόησή τους ανάγεται στην κατανόηση της δομής και συμπεριφοράς του μικρόκοσμου, η μοντελοποίηση σχετίζεται με παραστάσεις μικροσκοπικού επιπέδου. Οι παραστάσεις αυτές έρχονται σε σύγκρουση με τα νοητικά σχήματα που έχουν ήδη αναπτύξει οι μαθητές/ριες για την ερμηνεία των φαινομένων αυτών και η διαδικασία λειτουργικού συσχετισμού μοντέλου και πραγματικότητας παρουσιάζει στην περίπτωση αυτή ιδιαίτερη δυσκολία.

Δυσκολίες σε σχέση με σωματιδιακά μοντέλα της ύλης

Ο Nussbaum (1985/93), κάνοντας ανασκόπηση των δεδομένων που προέκυψαν από έρευνες που έγιναν για να ανακαλύψουν τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τη σωματιδιακή φύση της ύλης, διαπίστωσε ότι σημαντικό ποσοστό του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε σε έρευνα (ηλικίας 14 ετών), μετά τη διδασκαλία «απέτυχε να εσωτερικεύσει σημαντικά χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου», και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι «οι μαθητές προσεγγίζουν τη μάθηση του σωματιδιακού μοντέλου με ένα σχετικά σταθερό μοντέλο, στο οποίο η ύλη γίνεται αντιληπτή ως βασικά συνεχής και στατική». Ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι σημαντικός αριθμός παιδιών δυσκολεύονται να καταλάβουν την ύπαρξη κενού μεταξύ των σωματιδίων ενός αερίου και πιστεύουν ότι μεταξύ των σωματιδίων του αερίου υπάρχουν «σκόνη και άλλα σωματίδια», «άλλα αέρια όπως το οξυγόνο και το άζωτο», «αέρας», ότι «τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους», κλπ.

Το φαινόμενο δεν είναι μόνο ελληνικό. Από έρευνα που έγινε σε δείγμα 300 μαθητών/ριών ηλικίας 15 ετών στην Αγγλία για τη σωματιδιακή φύση της ύλης (Brook, Briggs & Driver 1984) προκύπτει ότι:

Περισσότεροι από το 50% των μαθητών χρησιμοποίησαν σωματιδιακές ιδέες, χωρίς απαραίτητη κατανόηση άλλων ουσιαστικών όψεων του μοντέλου. Το υπόλοιπο του δείγματος δεν αναφέρθηκε σε σωματίδια στις απαντήσεις τους.

Στην καλύτερη περίπτωση, ένας στους πέντε μαθητές έδωσε σχεδόν πλήρεις απαντήσεις, βασισμένες σε αποδεκτές σωματιδιακές ιδέες (αυτή η αναλογία αυξήθηκε σε έναν στους τρεις για μαθητές που είχαν διδαχθεί φυσική ή χημεία).

Τουλάχιστον ένας στους τρεις μαθητές χρησιμοποίησε εναλλακτικές σωματιδιακές ιδέες (μικτές αντιλήψεις) τέτοιες όπως ότι τα σωματίδια διαστέλλονται, τα σωματίδια ζεσταίνονται, τα σωματίδια συμπεριφέρονται ανιμιστικά.

Περίπου ένας στους τέσσερις μαθητές έδωσε μακροσκοπικές απαντήσεις, χωρίς αναφορά στις σωματιδιακές ιδέες. Άλλοι (μαθητές) ήταν αδύνατο να ταξινομηθούν, γεγονός που οφείλεται στην ασάφεια των απαντήσεων τους.

Αντίστοιχες δυσκολίες και αδυναμίες γίνονται φανερές μέσα από έρευνα που έγινε σε παιδιά του Δημοτικού και φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών

σχετικά με τις αντιλήψεις τους σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο, για την αλλαγή της φύσης του νερού (Hatzinikita & Kokkotas 1994). Από πρόσφατες έρευνες στην Διδακτική των Φυσικών Επιστημών προκύπτει ότι τα παιδιά προβάλουν μακροσκοπικές ιδιότητες πάνω στα άτομα και τα μόρια (Anderson 1986/1990, Brook, Briggs & Driver 1984, Ben-Zvi, Eylon & Silberstein 1986, Driver 1985/93). Σκέφτονται λοιπόν και λένε:
Ο φώσφορος είναι κίτρινος άρα τα άτομα του φωσφόρου είναι κίτρινα.
Το νερό είναι ζεστό, άρα τα μόρια του νερού είναι ζεστά.
Ένα σώμα λιώνει, άρα τα άτομα αυτού του σώματος λιώνουν.
Ο σίδηρος διαστέλλεται όταν θερμαίνεται, άρα τα άτομα του σιδήρου διαστέλλονται.
Μια ουσία είναι μαλακή (π.χ. κερί), άρα και τα μόριά της είναι μαλακά: "μια μαλακή ουσία δεν μπορεί να αποτελείται από σκληρά μόρια" λένε παιδιά ηλικίας 15 ετών (De Vos & Verdonk 1987).
Το άτομο του χαλκού βρίσκεται σε στερεή κατάσταση (Ben-Zvi et al., 1986).
Από τα παραδείγματα αυτά γίνεται αμέσως αντιληπτή η σύγχυση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας. Παρόμοιες μαθησιακές δυσκολίες εμφανίζονται και σε σχέση με τη διδασκαλία και μάθηση εννοιών της Χημείας, η οποία κατ' εξοχήν χρησιμοποιεί μοντέλα της δομής της ύλης.
Αντίστοιχα προβλήματα συναντώνται όχι μόνο σε μαθητές, αλλά και σε φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων. Από έρευνα που έγινε σε τεταρτοετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών για την έννοια του μορίου (Hatzinikita & Kokkotas 1994) προκύπτει ότι μόνο 25,6% του δείγματος (152 φοιτητές) απαντά ότι τα μόρια του νερού σε υγρή και αέρια φάση είναι τα ίδια και δίνει μια αποδεκτή αιτιολόγηση. Άλλο 22,3% από αυτούς απαντά ότι είναι ίδια, αλλά χωρίς να το αιτιολογεί. Αξιοσημείωτο είναι ότι 26,3% των φοιτητών πιστεύουν λανθασμένα ότι είναι διαφορετικά τα μόρια στο υγρό νερό και στον ατμό (χωρίς αιτιολόγηση), άλλο 8% ότι είναι διαφορετικά διότι, όπως αναφέρουν, τα μόρια του ατμού είναι μεγαλύτερα από τα μόρια του νερού, ή γιατί τα μόρια του ατμού είναι σε αέρια κατάσταση ενώ τα μόρια του νερού είναι σε υγρή κατάσταση. Τέλος 17,8% των φοιτητών δεν γνωρίζει και δεν απαντά.
Είναι γεγονός λοιπόν ότι με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τα παιδιά αποκτούν κάποιες γνώσεις για τη δομή της ύλης και για κάποια επιστημονικά μοντέλα (Σταυρίδου 1991). Όμως αυτές οι γνώσεις, όχι μόνο ξεχνιούνται γρήγορα, όταν δεν συνδεθούν σωστά με την πραγματικότητα (καθημερινή και επιστημονική), αλλά και στερούνται ουσιαστικής λειτουργικότητας.
Σε ότι αφορά τις αιτίες που συμβάλουν στην εμφάνιση μαθησιακών δυσκολιών, πιστεύουμε ότι σημαντική πηγή μαθησιακών δυσκολιών που σχετίζονται με τα σωματιδιακά μοντέλα οφείλεται ακριβώς στο γεγονός ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν κάνει σαφή διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο και την πραγματικότητα. Δημιουργείται έτσι μια κατάσταση που μοιάζει να δίνει απαντήσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο για ερωτήματα που δεν έχουν καν διατυπωθεί στο μακροσκοπικό επίπεδο (Σταυρίδου 1995).
Οι δυσκολίες στην κατανόηση της λειτουργίας των σωματιδιακών μοντέλων είναι υπεύθυνες και για παρανοήσεις που έχουν τα παιδιά σχετικά με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Οι παρανοήσεις αυτές οδηγούν στην σύγχυση ανάμεσα στις δύο έννοιες και στην αδυναμία των παιδιών να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές τις έννοιες, όπως π.χ. η διαστολή, η αλλαγή φάσης, η θερμική ισορροπία μεταξύ δύο σωμάτων, κλπ.

Σχεδιαστικές αρχές του λογισμικού

Τα αποτελέσματα της εξέλιξης στη Γνωσιακή Επιστήμη και στη Διδακτική των Θετικών Επιστημών παρέχουν σήμερα στην εκπαιδευτική τεχνολογία λογισμικού μια σειρά από αρχές για την σχεδίαση καινοτομικών μαθησιακών περιβαλλόντων που να δημιουργούν νέες συνθήκες μάθησης, υποστηρίζοντας πιο αποτελεσματικά τις προσπάθειες των μαθητών/ριών

και των καθηγητών/ριών (Vosniadou 1994a, Philokyprou et al 1995). Η χρήση του υπολογιστή μας δίνει την δυνατότητα μοντελοποίησης αφηρημένων και μη παρατηρήσιμων αντικειμένων ή διεργασιών.

Οι σχεδιαστικές αρχές του λογισμικού είναι:

Να δίνει έμφαση στην εμπλοκή του/ης μαθητή/ριας σε αυθεντικές δραστηριότητες που αντικατοπτρίζουν αυτά που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο (situated/anchored learning) (Brown et al 1989).

Να υποστηρίζει τη δημιουργική δραστηριότητα του/ης μαθητή/ριας, επιτρέποντάς, μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο, να έχει τον έλεγχο της διαδικασίας της μάθησης, αλλά επίσης παρέχοντας βοήθεια και καθοδήγηση όταν χρειάζεται (Driver 1983).

Να λαμβάνει υπόψη τις βασισμένες στην εμπειρία αναπαραστάσεις του/ης μαθητή/ριας για το πραγματικό κόσμο, επιτρέποντας σ' αυτές να εξωτερικεύονται, ώστε ο/η μαθητής/ρια να ελέγχει την ισχύ τους, να έρχεται αντιμέτωπος/η με τις παρανοήσεις του/ης και να υποβοηθείται προς την κατεύθυνση της μετα-εννοιολογικής επίγνωσης (Vosniadou 1994b, Duit 1991).

Να υποβοηθήσει τον/ην διδάσκοντα/ουσα στην κατεύθυνση της αναβάθμισης του διδακτικού και παιδαγωγικού έργου, δίνοντας του/ης δυνατότητες, να κάνει διαφορετικά, καλύτερα και περισσότερα πράγματα, πάνω στο ίδιο γνωστικό αντικείμενο, δίχως να υποκαθιστά τον/ην ίδιο/α, ή τα διδακτικά του εργαλεία (βιβλίο, εργαστήριο).

Να λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας μέσα στο πλαίσιο του σχολικού συστήματος.

Τέλος, να ενθαρρύνει την αποτελεσματική αλληλεπίδραση και επικοινωνία μεταξύ μαθητών/ριών και εκπαιδευτικών, μέσα από κατάλληλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Πολύ σημαντική θεωρείται η υποκίνηση του ενδιαφέροντος και η ενεργή συμμετοχή του/ης μαθητή/ριας κατά τη χρήση του λογισμικού, και για το σκοπό αυτό του/ης παρέχεται η δυνατότητα:

- Να χειρίζεται με ευκολία, με γραφικό τρόπο (με το ποντίκι), το περιβάλλον (Direct Manipulation Interface), την εμφάνιση ή απόκρυψη στοιχείων του interface, κλπ.
- Να πειραματιστεί ελεύθερα, δοκιμάζοντας δικές του/ης επιλογές, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο.
- Να εκτελεί διάφορες εργασίες, έχοντας οπτική ανάδραση του αποτελέσματος των ενεργειών του/ης, ώστε να διαπιστώνει μόνος/η του/ης τυχόν λανθασμένες ενέργειες και να ενεργοποιείται προς την κατεύθυνση της διόρθωσης του λάθους.
- Να αναζητεί και να βρίσκει βοήθεια όταν του/ης είναι απαραίτητη, ώστε να μην απογοητεύεται και χάνει το ενδιαφέρον του/ης.
- Να έχει ηχητική ενημέρωση και ηχητική ανάδραση των ενεργειών του/ης, αλληλεπιδραστική (interactive) κινούμενη εικόνα (animation) και δυνατότητες hypertext και hypermedia, δεδομένου ότι πρόκειται για μια πολυμεσική εφαρμογή.

Περιγραφή της θεματικής ενότητας «Θερμότητα»

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές/ριες στην κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων θερμικής διαστολής και αλλαγής φυσικής κατάστασης και στη χρήση σωματιδιακών μοντέλων, αναπτύχθηκε η ενότητα «Θερμότητα» του λογισμικού η οποία περιλαμβάνει σενάρια και δραστηριότητες που σχετίζονται:

- με τη διαστολή στερεών, υγρών και αέριων σωμάτων,
- με τις αλλαγές φάσης (από στερεή σε υγρή και από υγρή σε αέρια).

Το περιβάλλον εργασίας προσομοιώνει ένα απλό εργαστήριο όπου ο/η μαθητής/ρια έχει διαθέσιμα τα ακόλουθα υλικά και συσκευές που μπορεί να χρησιμοποιήσει:

- Μεταλλική σφαίρα και δακτύλιο, από τον οποίο περνάει η σφαίρα μόνο όταν είναι κρύα (συσκευή κυβικής διαστολής).
- Λύχνο θέρμανσης με δυνατότητα ρύθμισης της φλόγας.

- Μεταλλικές ράβδους με διαφορετικά μήκη και από διαφορετικά υλικά.
- Συσκευή θέρμανσης και μέτρησης του μήκους της ράβδου (συσκευή γραμμικής διαστολής).
- Φιάλες διαφορετικού όγκου και με διαφορετικά υγρά, που φέρουν στο στόμιό τους διαγραμμισμένο και βαθμολογημένο σωλήνα και θερμόμετρο, ώστε να μπορεί ο/η μαθητής/ρια να παρατηρήσει και να μετρήσει την αύξηση του όγκου του υγρού, όταν το θερμαίνει.
- Φιάλη με αέριο, που φέρει στο στόμιό της διαγραμμισμένο και βαθμολογημένο σωλήνα, φραγμένο με σταγόνα υγρού, και θερμόμετρο, ώστε να φαίνεται η διαστολή του αερίου κατά τη θέρμανσή του.
- Δοχείο με πάγο και θερμόμετρο για τα πειράματα αλλαγής φάσης.
- Χειριστήριο με δυνατότητα έναρξης – λήξης και παγώματος της θέρμανσης, ώστε να προλαβαίνει ο μαθητής να σημειώνει μετρήσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στην ενότητα προτείνουν τα εξής πειράματα:

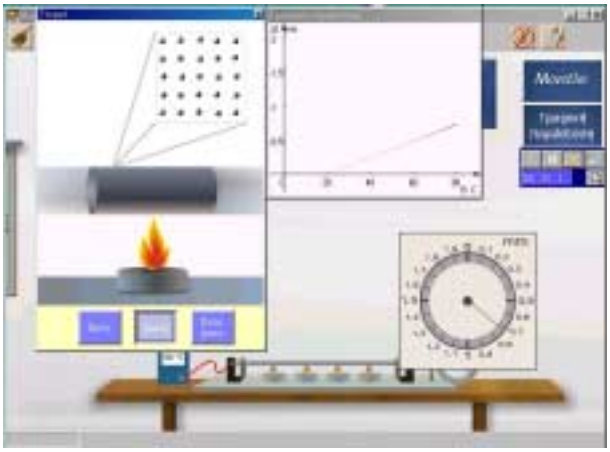
Θέρμανση μεταλλικής σφαίρας – δοκιμή αν περνάει από το δακτύλιο, πριν και μετά τη θέρμανση (βλέπε Εικόνα 1).

Θέρμανση μεταλλικής ράβδου, καταγραφή της αύξησης του μήκους της σε σχέση με τη θερμοκρασία – επανάληψη για ράβδο διαφορετικού μήκους και από διαφορετικό υλικό (βλέπε Εικόνα 2).

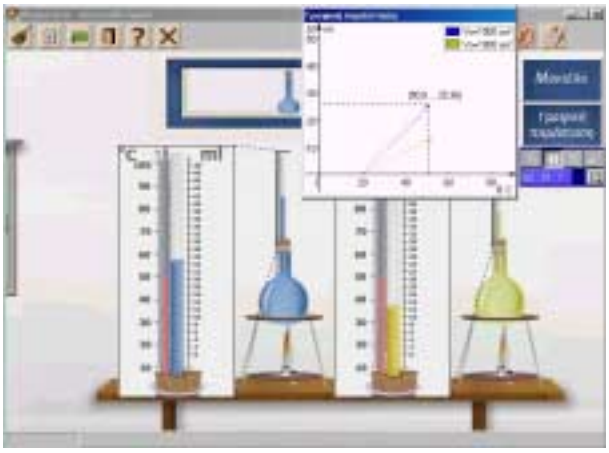
Ταυτόχρονη θέρμανση δύο υγρών σε φιάλες και παρατήρηση της αύξησης των όγκων τους με τη θερμοκρασία (βλέπε Εικόνα 3).

Θέρμανση υγρού σε φιάλη, καταγραφή της αύξησης του όγκου του σε σχέση με τη θερμοκρασία – επανάληψη για υγρό διαφορετικού όγκου και για διαφορετικό υγρό (βλέπε Εικόνα 4).

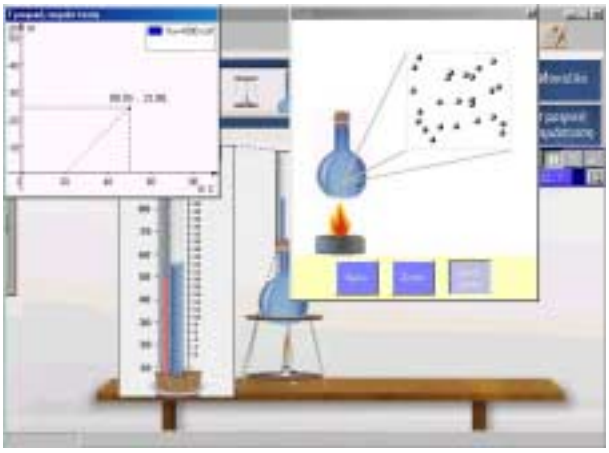
Εικόνα 1 – Θέρμανση μεταλλικής σφαίρας



Εικόνα 2 – Θέρμανση μεταλλικής ράβδου – Μοντέλο – Γραφική παράσταση

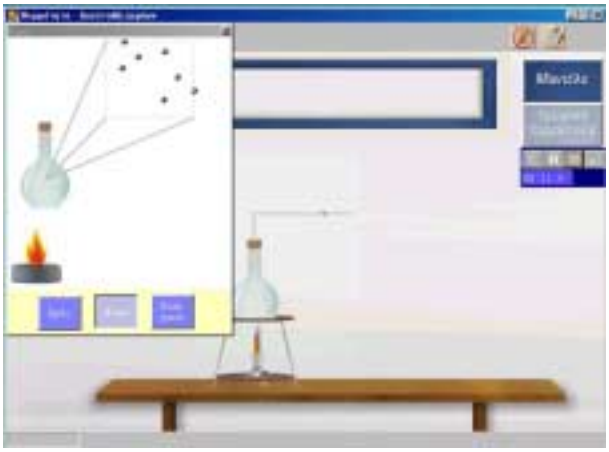


Εικόνα 3 – Ταυτόχρονη θέρμανση δύο υγρών σε φιάλες – Γραφικές παραστάσεις



Εικόνα 4 – Θέρμανση υγρού σε φιάλη – Μοντέλο – Γραφική παράσταση

Θέρμανση αερίου σε φιάλη, παρατήρηση της αύξησης του όγκου του σε σχέση με τη θερμοκρασία (βλέπε Εικόνα 5).
Θέρμανση πάγου σε δοχείο και παρατήρηση της μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη θέρμανσή του, την τήξη του σε νερό, την θέρμανση του νερού μέχρι το σημείο βρασμού και την εξάτμιση του νερού (βλέπε Εικόνες 6-7).
Ο/Η μαθητής/ρια έχει τον έλεγχο του πειράματος (επιλογή παραμέτρων, έναρξη, πάγωμα, λήξη) και μπορεί, μετά από επιλογή, να παρατηρήσει σε ξεχωριστό παράθυρο τη γραφική απεικόνιση της μεταβολής μήκους, όγκου, κλπ. σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Η εξέλιξη των προσομοιώσεων των πειραμάτων, όπου αυτά είναι ποσοτικά, στηρίζεται στους σχετικούς νόμους της θερμοδυναμικής, αλλά χρησιμοποιείται εικονικός χρόνος, για να μην καθυστερεί υπερβολικά η ολοκλήρωση του πειράματος.
Όπως προαναφέρθηκε στόχος του λογισμικού είναι να αντιμετωπίσει τις παρανοήσεις και δυσκολίες των μαθητών/ριών να χρησιμοποιήσουν σωματιδιακά μοντέλα για να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα και καταστάσεις. Για το σκοπό αυτό το λογισμικό εμπλέκει ενεργά το/η χρήστη σε διαδικασίες μοντελοποίησης φαινομένων θερμικής διαστολής και μεταβολής φυσικής κατάστασης. Κατά τη διαδικασία αυτή μοντελοποίησης ο/η μαθητής/ρια ξεκινά από το εμπειρικό επίπεδο αναγνωρίζοντας όργανα, υλικά, αντικείμενα, κλπ., και κάνοντας μια πρώτη ανάγνωση της εμπειρικής πραγματικότητας. Στη συνέχεια τίθεται ένα ερώτημα ή ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να απαντηθεί παρά μόνο με τη χρήση ενός σωματιδιακού μοντέλου (π.χ. γιατί ενώ αυξάνεται ο όγκος του υγρού όταν θερμαίνεται η μάζα του μένει σταθερή). Τέλος παρουσιάζεται το σωματιδιακό μοντέλο και οι ιδιότητές του, και χρησιμοποιείται για τη μελέτη του φαινομένου. Στόχος είναι ο/η μαθητής/ρια να προσεγγίσει την πραγματικότητα με νέους όρους και να αναπτύξει αντιλήψεις συμβατές με την επιστημονική άποψη (Σταυρίδου, 1995).
Ειδικότερα οι προτεινόμενες δραστηριότητες περιλαμβάνουν πρόβλεψη από μέρους του/ης μαθητή/ριας για το τι θα συμβεί, στη συνέχεια, μετά την εκτέλεση του πειράματος, επαλήθευση της σχετικής πρόβλεψης, καθώς και ερμηνεία του υπό μελέτη φαινομένου. Για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, ο/η μαθητής/ρια μπορεί να επιλέξει την εμφάνιση κατάλληλου σωματιδιακού μοντέλου, που αναπαριστά το φαινόμενο στο μικροσκοπικό επίπεδο, ώστε να συσχετίσει καλύτερα τις μεταβολές στα μακροσκοπικά μεγέθη που υπεισέρχονται στο πείραμα με τις μεταβολές των μικροσκοπικών παραμέτρων που σχετίζονται με τις αποστάσεις των μορίων του υλικού και την κίνησή τους.



Εικόνα 5 – Θέρμανση αερίου σε φιάλη – Μοντέλο

Εικόνα 6 – Τήξη πάγου – Επιλογή μοντέλου

Εικόνα 7 – Εξάτμιση νερού – Προτεινόμενες δραστηριότητες

Μαθησιακός στόχος στα πειράματα θερμικής διαστολής είναι αφενός μεν η κατανόηση του γεγονότος ότι η αύξηση των διαστάσεων του σώματος οφείλεται στην αύξηση της κινητικότητας των μορίων του και των μεταξύ τους αποστάσεων και, αφετέρου ο συσχετισμός της θερμοκρασίας του σώματος με την κινητικότητα των μορίων. Στις δραστηριότητες που συνοδεύουν τα πειράματα αλλαγής της φυσικής κατάστασης του σώματος, υπάρχει επιπλέον ο στόχος της διάκρισης μεταξύ των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας. Για την προσέγγιση του στόχου αυτού χρησιμοποιούμε τα πειράματα της τήξης του πάγου και του βρασμού του νερού, όπου ο/η μαθητής/ρια μπορεί να παρατηρήσει ότι, όσο διαρκεί η αλλαγή φάσης, η ένδειξη του θερμόμετρου παραμένει σταθερή, παρόλο που προσφέρεται στο νερό θερμότητα από το λύχνο θέρμανσης. Στις Εικόνες 1-7 που ακολουθούν φαίνονται επιλεγμένες οθόνες από στιγμιότυπα των δραστηριοτήτων που μπορεί να εκτελέσει ο/η μαθητής/ρια.

Αξιολόγηση του λογισμικού

Η υλοποίηση του λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» ολοκληρώθηκε και το πρόγραμμα παραδόθηκε στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο για το πρώτο στάδιο της αξιολόγησης, από το οποίο προέκυψαν θετικές παρατηρήσεις. Θετικά τέλος ήταν και τα σχόλια καθηγητών/ριών

δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που μελέτησαν το λογισμικό. Σε επόμενη φάση το λογισμικό θα αξιολογηθεί με μαθητές/ριες Γυμνασίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anderson, B (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. Sc*ience Education 70,* 549-563

Anderson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education, 18*, 53-85

Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education, 63,* 64-66

Brook, A., Briggs, H., Driver, R. (1984). Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter. *Children's Learning in Science Project.* Center for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P. (1989) Situated cognition and the culture of learning. Educational Researcher, 18, 32-34.

De Vos, W., Verdonk, A.H. (1987). A new road to reactions, part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education 64*, 692-694

Driver, R. (1983) The pupil as a scientist? Milton Keynes: Open University Press.

Driver, R. (1985/1993). Πέρα από τα φαινόμενα: η διατήρηση της μάζας στους φυσικούς και χημικούς μετασχηματισμούς. In R. Driver, E.Guesne, A.Tiberghien (Eds), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ. μετ.) Αθήνα: Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 208-241

Drouin, A.-M. (1988). Le modele en questions. *ASTER No 7,* 1-10

Duit, R. (1991) Students' conceptual frameworks: consequences for learning science. In S. Glynn, R. Yeany, B. Brytton (Eds.), The psychology of learning science. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Hatzinikita V., Kokkotas, P. (1994). Children's and undergraduate students' conceptions of the changes in the state of water. In A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds) *Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education,* Pisa, Italy, 247-253

Nussbaum, J. (1985/93). Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση. In R. Driver, E.Guesne, A.Tiberghien (Eds), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ. μετ.) Αθήνα: Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 180-207

Philokyprou, G., Georgiadis, P., Grigoriadou, M., Samarakou, M., Mitropoulos, D., Panou, D. (1995) Cognitive research and computer-assisted learning of physical sciences. In G. Philippou, K. Christou, A. Kakas (Eds.), Instruction of Mathematics and Informatics in Education. Proceedings of the B' Hellenic Conference, Lefkosia, Cyprus, 537-546 (published in Greek).

Vosniadou, S. (1994a) From cognitive theory to educational technology. In S. Vosniadou, E. De Corte and H. Mandl (Eds.), Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations. NATO ASI Series F, vol. 137, 11-17. Berlin: Springer-Verlag.

Vosniadou, S. (1994b) Capturing and modeling the process of conceptual change, Learning and Instruction: The Journal of the European Association for Research on Learning and Instruction, 4, 45-69.

Σταυρίδου Ε. (1995). *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης.* Αθήνα: εκδόσεις Σαββάλα.

Σταυρίδου, Ε. (1991). Τα επιστημονικά μοντέλα στη διδασκαλία της Χημείας. Μαθησιακές δυσκολίες: αιτίες, αποτελέσματα, προτάσεις. *Χημικά Χρονικά, 53(5),* 131-136

Σταυρίδου Ε. (1999). *Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου: ένα λογισμικό για τη διδασκαλία μοντέλων της δομής της ύλης στο Δημοτικό σχολείο και το Γυμνάσιο*. Β' μέρος: Φαινόμενα θερμικής διαστολής, Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Ιωάννινα, 1999.