

**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.**

**Ε. Σταυρίδου**

**Θεωρητικό πλαίσιο για τη σχεδίαση του λογισμικού**

Από μεγάλο αριθμό ερευνών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών προκύπτει ότι μαθητές και μαθήτριες διαφόρων ηλικιών αλλά και ενήλικες έχουν παρανοήσεις και δυσκολία στο να αντιληφθούν τη σωματιδιακή δομή της ύλης. Ειδικότερα θεωρούν την ύλη ως συνεχή και στατική, δεν αντιλαμβάνονται την ύπαρξη κενού μεταξύ των σωματιδίων, προβάλλουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα μόρια και στα άτομα, δηλαδή θεωρούν ότι αυτά είναι ζεστά, σκληρά ή μαλακά, ότι διαστέλλονται ή λειώνουν, ότι έχουν το χρώμα του σώματος, ότι είναι διαφορετικά στις διάφορες φυσικές καταστάσεις ενός σώματος, κλπ. Συχνά επίσης οι μαθητές και οι μαθήτριες συγχέουν τα μοντέλα με την πραγματικότητα, και δεν αντιλαμβάνονται τον υποθετικό τους χαρακτήρα. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι κατά τη διδασκαλία, δε γίνεται η αναγκαία προσπάθεια να συνδεθεί το μοντέλο με κάποια φαινόμενα της πραγματικότητας στα οποία αυτό αναφέρεται. Έτσι τα μοντέλα θεωρούνται αυθύπαρκτες οντότητες και αποκτούν ένα δογματικό χαρακτήρα που καταλήγει να είναι τελείως ξεκομμένος από την πραγματικότητα (Anderson 1990, Brook, Briggs & Driver 1984, Ben-Zvi, Eylon & Silberstein 1986, Driver 1985/1993 & 1989, Kokkotas & Hatzinikita 1994, Nussbaum 1985/93, Maskill, Cachapuz, Koulaidis 1997, Kokkotas, Vlachos, Koulaidis 1998, Σταυρίδου 1991 & 1995).

Από μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας αλλά και από έρευνες που πραγματοποιήσαμε με μαθητές και μαθήτριες Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου καθώς και με φοιτητές και φοιτήτριες Παιδαγωγικών Τμημάτων διαπιστώσαμε ότι υπάρχει ένας συγκεκριμένος αριθμός παρανοήσεων που χαρακτηρίζει τη σκέψη μικρών και μεγάλων. Αφετηρία λοιπόν για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του λογισμικού «Φαινόμενα και μοντέλα του φυσικού κόσμου» υπήρξαν ορισμένες από αυτές τις παρανοήσεις και ειδικότερα, οι σχετικές με φαινόμενα θερμικής διαστολής στερεών, υγρών και αερίων και με φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού.

Οι δύο αυτές κατηγορίες φαινομένων διδάσκονται και στο Δημοτικό σχολείο και στο Γυμνάσιο, με τρόπο όμως που δε φαίνεται να ευνοεί τη αξιοποίηση των γνώσεων των μαθητών για τη δομή της ύλης προκειμένου να εξηγήσουν απλές παρατηρήσιμες μεταβολές. Για παράδειγμα, ενώ στην αρχή της Ε' Δημοτικού διδάσκονται έννοιες όπως τα μόρια και τα άτομα, στη συνέχεια, όταν εξετάζονται τα φαινόμενα θερμικής διαστολής των σωμάτων, δεν γίνεται καμία αναφορά σε αυτά. Επίσης δεν περιγράφονται ούτε εξηγούνται με τη βοήθεια σωματιδιακού μοντέλου οι αλλαγές φυσικής κατάστασης, όπως για παράδειγμα η

μετατροπή του υγρού νερού σε πάγο, ή σε υδρατμούς, με αποτέλεσμα, ακόμα και φοιτητές/ριες Παιδαγωγικών Τμημάτων να θεωρούν ότι στη διάρκεια των φαινομένων αυτών αλλάζουν τα μόρια του νερού (Hatzinikita & Kokkotas 1994).

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι δε γίνεται μοντελοποίηση κάποιων μακροσκοπικών φαινομένων, γεγονός που δεν ευνοεί τη μάθηση εννοιών και φαινομένων που μπορούν να προσεγγιστούν με τη βοήθεια κατάλληλων μοντέλων της δομής της ύλης. Το να γίνει μοντελοποίηση ενός αντικειμένου ή ενός συνόλου αντικειμένων (ενός συστήματος), σημαίνει ότι πρέπει να δημιουργηθεί μια αναπαράσταση αυτού των αντικειμένου ή αυτού του συνόλου αντικειμένων που να προσφέρει κάποια εξήγηση (Astolfi & Drouin 1992, Marlinand & Astolfi 1992). Μια τέτοια αναπαράσταση είναι ένα μοντέλο. Για παράδειγμα, γιατί όταν θερμαίνεται μια ποσότητα νερού αυξάνει ο όγκος αλλά η μάζα μένει σταθερή; Η περιγραφή του φαινομένου αυτού δεν αρκεί για να δοθεί κάποια εξήγηση. Εξήγηση μπορεί να δοθεί μόνο μέσα από ένα σωματιδιακό μοντέλο, που μπορεί να διευκολύνει τη δημιουργία των κατάλληλων νοητικών αναπαραστάσεων.

Το λογισμικό που σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε επιτρέπει στον/ην εκπαιδευόμενο/η να αναπτύξει δυναμικές νοητικές παραστάσεις τόσο από το εμπειρικό-μακροσκοπικό επίπεδο, όσο και από το επίπεδο των μοντέλων και στη συνέχεια να τις συσχετίσει αποτελεσματικά, διαδικασία που είναι εντελώς καθοριστική για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και για την ανάπτυξη του επιστημονικού τρόπου σκέψης.

### **Περιγραφή του λογισμικού**

Το λογισμικό περιλαμβάνει δύο θεματικές ενότητες, εκ των οποίων η μια αναφέρεται σε φαινόμενα θερμικής διαστολής ενώ η άλλη σε φαινόμενα στατικού ηλεκτρισμού. Για κάθε κατηγορία φαινομένων προτείνονται τρία παιδαγωγικά σενάρια. Τα σενάρια αυτά για τα φαινόμενα θερμικής διαστολής είναι τα εξής: α) διαστολή στερεού (διαστολή μεταλλικής σφαίρας), β) διαστολή υγρού (διαστολή νερού), και γ) διαστολή αερίου (διαστολή αέρα). Τα τρία σενάρια για το στατικό ηλεκτρισμό περιλαμβάνουν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις ηλεκτρισμού σωμάτων, που είναι οι εξής: φορτισμένο πλαστικό καλαμάκι που πλησιάζει α) σε ένα τοίχο, β) σε ένα ηλεκτρικό εκκρεμές, και γ) σε ένα ηλεκτροσκόπιο.

Στο κάτω μέρος της οθόνης υπάρχουν συνέχεια οι ενδείξεις «Φυσικό μοντέλο» και «Δες το πείραμα». Επιλέγοντας με το ποντίκι την πρώτη ένδειξη εμφανίζονται στην οθόνη τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του μοντέλου που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και ερμηνεία της κάθε κατηγορίας φαινομένων. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο, ενώ στη δεύτερη το μοντέλο υλικού οικοδομήματος που περιλαμβάνει πυρήνες και ηλεκτρόνια. Επιλέγοντας τη δεύτερη ένδειξη μπορεί κανείς να δει όσες φορές επιθυμεί το πείραμα στο οποίο αναφέρεται το σενάριο.

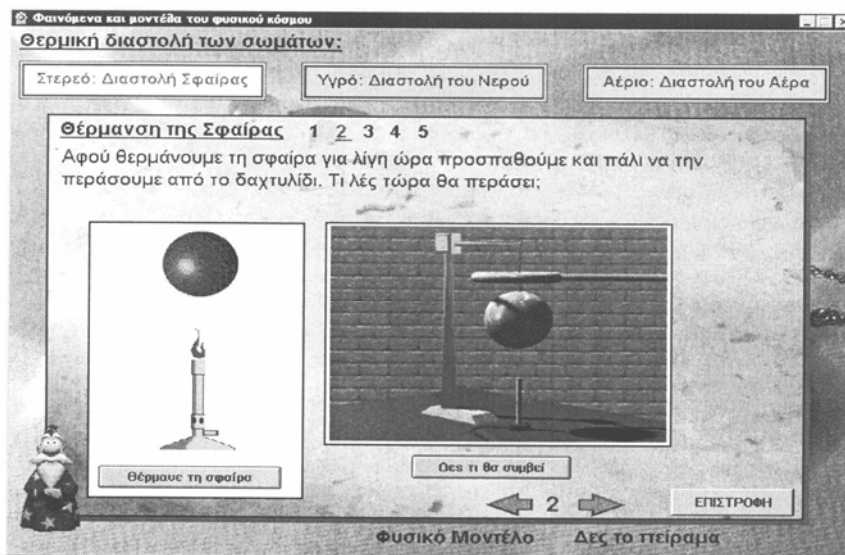
Στη συνέχεια ακολουθεί η περιγραφή των σεναρίων που αναφέρονται στη θερμική διαστολή. Κάθε σενάριο εξελίσσεται σε μια σειρά από 5 βήματα.

### 1ο Σενάριο: Φαινόμενα θερμικής διαστολής - διαστολή στερεού (μεταλλική σφαίρα)

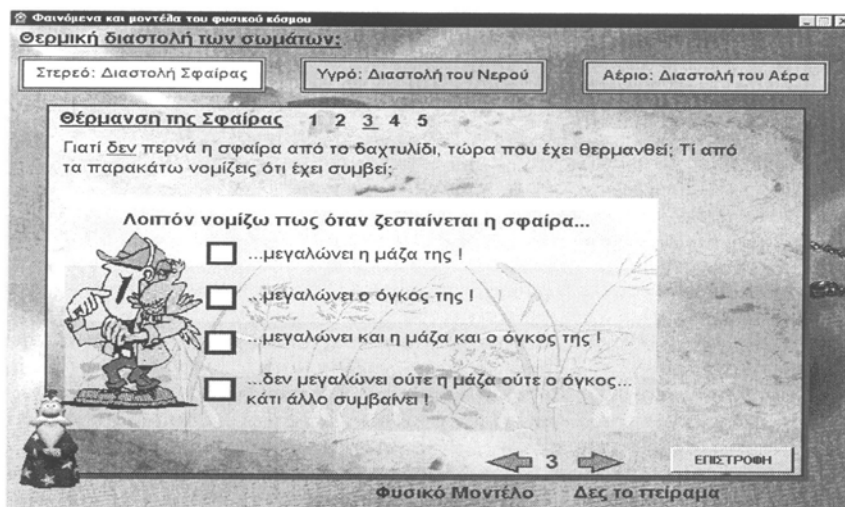
Με την επιλογή ενός σεναρίου, καλείται ο/η μαθητής/ρια να κάνει μια πρόβλεψη και μια πρώτη παρατήρηση της αρχικής κατάστασης των σωμάτων που παίρνουν μέρος στο φαινόμενο που έχει επιλέξει για μελέτη. Στο σενάριο για τη διαστολή της μεταλλικής σφαίρας αρχικά ζητείται από το/η μαθητής/ρια να προβλέψει αν η σφαίρα που βρίσκεται σε θερμοκρασία δωματίου χωράει να περάσει από το δαχτυλίδι ή όχι. Στη συνέχεια, επιλέγοντας την ένδειξη «Δες τι θα συμβεί» εμφανίζεται σε παράθυρο στην οθόνη η εξέλιξη του φαινομένου, δηλαδή φαίνεται η σφαίρα να περνά μέσα από το δαχτυλίδι (video animation).

Το δεύτερο βήμα περιλαμβάνει μια νέα πρόβλεψη και την παρατήρηση μιας μεταβολής και της τελικής κατάστασης των σωμάτων. Αρχικά ζητείται από το/η μαθητή/ρια να κάνει μια πρόβλεψη για το τι νομίζει ότι θα συμβεί και στη συνέχεια, με την επιλογή «Δες τι θα συμβεί» μπορεί να παρατηρήσει την εξέλιξη του φαινομένου. Στην περίπτωση της σφαίρας του/ης ζητείται να προβλέψει αν μετά τη θέρμανση θα χωρά να περάσει η σφαίρα από το κρύο δαχτυλίδι. Στη συνέχεια, μπορεί, επιλέγοντας το «Δες τι θα συμβεί», να παρακολουθήσει σε video animation τη θέρμανση της σφαίρας και να διαπιστώσει ότι δε χωρά πια να περάσει από το δαχτυλίδι (βλέπε την 1η εικόνα).

Στο τρίτο βήμα ο/η μαθητής/ρια καλείται να απαντήσει σε μια σειρά από ερωτήσεις με στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων του/ης για την εξέλιξη του φαινομένου στο εμπειρικό-μακροσκοπικό επίπεδο. Οι ερωτήσεις αποσκοπούν στη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών/ριών για το φαινόμενο που μελετάται κάθε φορά. Για την κατάρτιση του καταλόγου των ερωτήσεων έχουν ληφθεί υπόψη ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις παρανοήσεις και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/ριες για τα συγκεκριμένα ζητήματα. Για παράδειγμα είναι γνωστό ότι οι μαθητές/ριες συγχέουν τον όγκο με τη μάζα των σωμάτων και συχνά ερμηνεύουν μια διαστολή σαν αύξηση της μάζας. Έτσι, για την ερμηνεία της διαστολής της σφαίρας προτείνονται τέσσερις απαντήσεις από τις οποίες ο/η μαθητής/ρια καλείται να επιλέξει μια (βλέπε την 2η εικόνα).



1η εικόνα



2η εικόνα

Αν το παιδί επιλέξει τη σωστή απάντηση τότε το πρόγραμμα δίνει τη σχετική επιβεβαίωση, μέσα από μια μικρή φράση. Για κάθε άλλα απάντηση δίνεται μια επιπλέον πληροφορία, ένα επιχείρημα ή μπαίνει ένα ακόμα ερώτημα, με στόχο να προβληματιστεί το παιδί για την απάντηση που έδωσε. Στην περίπτωση που επιλέξει την απάντηση 'μεγαλώνει η μάζα', το επιχείρημα που προβάλλεται είναι 'Μα δε προσθέσαμε υλικό στη σφαίρα... Πώς μεγάλωσε η μάζα της;'. Με το επιχείρημα αυτό επιδιώκεται να συνδεθεί η έννοια της μάζας με το υλικό του σώματος, κάτι που από διαισθητική άποψη μπορεί να συλλάβει εύκολα το παιδί, ενώ η έννοια του όγκου συνδέεται με το χώρο που καταλαμβάνει αυτό το υλικό.

Η άποψη αυτή ενισχύεται στη συνέχεια, με τη μελέτη του φαινομένου στο μικροσκοπικό επίπεδο, ή στο επίπεδο των μοντέλων της δομής της ύλης. Στο τέταρτο βήμα προτείνεται ένα απλό σωματιδιακό μοντέλο και επεξηγούνται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του. Το ερώτημα, 'πώς είναι δυνατό να αυξάνει ο όγκος και η μάζα να μένει σταθερή' μπορεί να βρει απάντηση μόνο μέσα από μια μοντελοποίηση του φαινομένου. Το παιδί μπορεί επίσης να συμβουλευτεί το μοντέλο επιλέγοντας την ένδειξη «Φυσικό μοντέλο» που υπάρχει στο κάτω μέρος της οθόνης. Μέσα από τη μοντελοποίηση του φαινομένου μπορούν να γίνουν οι εξής συζεύξεις: η μάζα ισοδυναμεί με το σύνολο των σωματιδίων ενώ ο όγκος ισοδυναμεί με το χώρο που καταλαμβάνουν τα σωματίδια. Η μάζα διατηρείται σταθερή, ενώ ο όγκος μπορεί να αλλάζει, δεδομένου ότι τα σωματίδια δε βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους αλλά απέχουν ορισμένη απόσταση το ένα από το άλλο. Η απόσταση αυτή μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία του σώματος, και ειδικότερα, όσο μεγαλώνει η θερμοκρασία του σώματος, τόσο περισσότερο αυξάνουν οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων.

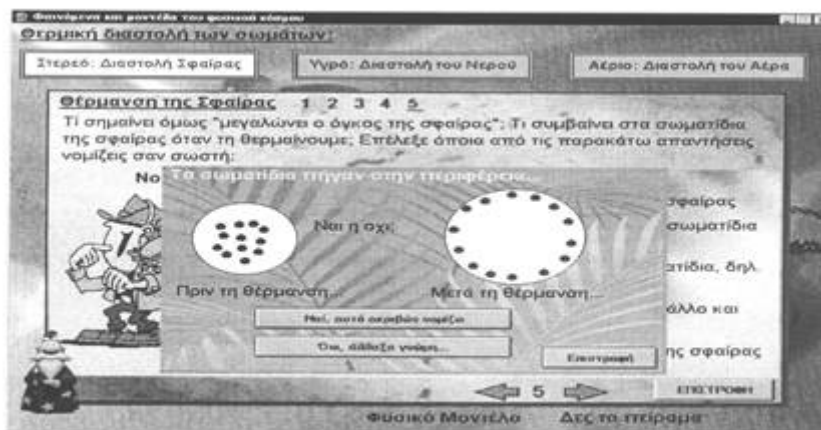
Μετά από αυτό, στο πέμπτο βήμα, γίνεται διερεύνηση των αντιλήψεων σε σχέση με το μικροσκοπικό επίπεδο. Στα παιδιά προτείνονται ερωτήσεις με στόχο να διαπιστωθεί κατά πόσο πέτυχαν να συνδέσουν τις μεταβολές που παρατήρησαν στο μακροσκοπικό επίπεδο με μεταβολές στο μικροσκοπικό επίπεδο. Στο παράδειγμα που προαναφέρθηκε, η σημασία της έννοιας 'μεγαλώνει ο όγκος της σφαίρας' διερευνάται σε σχέση με μεταβολές που σχετίζονται με τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται η σφαίρα.

Οι απαντήσεις που προτείνονται για την ερμηνεία του φαινομένου της διαστολής στο μικροσκοπικό επίπεδο, διατυπώθηκαν με βάση παρανοήσεις παιδιών αλλά και ενήλικων για το θέμα αυτό, όπως αυτές προκύπτουν από δεδομένα ερευνών (Σολομωνίδου, Σταυρίδου 1993, Σταυρίδου 1995). Οι απαντήσεις που προτείνονται, από τις οποίες η τρίτη είναι η αποδεκτή από επιστημονική άποψη, είναι οι εξής:

Νομίζω πως όταν ζεσταίνουμε τη σφαίρα:

1. Μεγαλώνουν (φουσκώνουν) τα σωματίδια της σφαίρας.
2. Γίνονται περισσότερα - πολλαπλασιάζονται τα σωματίδια της σφαίρας.
3. Μεγαλώνουν οι αποστάσεις ανάμεσα στα σωματίδια δηλαδή το ένα απομακρύνεται από το άλλο.
4. Τα σωματίδια αραιώνουν, δηλαδή απομακρύνονται το ένα από το άλλο και γίνονται λιγότερα.
5. Τα σωματίδια που ήταν μαζεμένα στο κέντρο της σφαίρας πήγαν τώρα προς την περιφέρεια.

Όποια απάντηση κι αν επιλέξει το παιδί εμφανίζεται μια απεικόνιση της αρχικής και μια της τελικής κατάστασης της σφαίρας, με βάση το μοντέλο και την άποψη του παιδιού για το φαινόμενο. Για παράδειγμα, αν πιστεύει ότι τα σωματίδια ήταν μαζεμένα στο κέντρο της σφαίρας και πήγαν προς την περιφέρεια, βλέπει μια απεικόνιση όπως αυτή της 3ης εικόνας. Στο παιδί δίνεται η δυνατότητα αφού δει τις απεικονίσεις, είτε να επιμείνει στην άποψη του, επιλέγοντας την ένδειξη 'Ναι αυτό ακριβώς νομίζω', ή να αλλάξει γνώμη και επιλέγοντας την ένδειξη 'Όχι άλλαξα γνώμη', να επανέλθει στον προηγούμενο κατάλογο απαντήσεων.



3η εικόνα

Όταν το παιδί επιλέξει μια απάντηση που υποδηλώνει την ύπαρξη κάποιας παρανόησης, εμφανίζεται στην οθόνη μια φράση που ανασκευάζει την άποψη αυτή και παραπέμπει το παιδί στη μελέτη των ιδιοτήτων του «Φυσικού μοντέλου». Για παράδειγμα, αν επιλέξει την απάντηση 2, σύμφωνα με την οποία τα σώματι-δια γίνονται περισσότερα, εμφανίζεται η ακόλουθη φράση: 'Τα σωματίδια της ύλης δε γίνονται περισσότερα, ούτε λιγότερα. Συμβουλέψου και το φυσικό μοντέλο για να δεις ότι δεν περιλαμβάνει καμιά τέτοια ιδέα.'. Στόχος είναι να βοηθηθούν τα παιδιά να συνειδητοποιήσουν τις αρχικές τους αντιλήψεις, **να αναπτύξουν νοητικές αναπαραστάσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο** και να τις συνδυάσουν με αυτές του εμπειρικού επιπέδου, ώστε να ερμηνεύουν απλές μεταβολές με τη βοήθεια του απλού σωματιδιακού μοντέλου.

Οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου της ύλης είναι τα εξής:

Τα σωματίδια θεωρούνται σαν μικρές μπάλες.

Τα σωματίδια δεν κόβονται, δεν αλλάζουν ούτε μέγεθος ούτε σχήμα.

Τα σωματίδια μπορεί να βρίσκονται περισσότερο ή λιγότερο κοντά το ένα στο άλλο. Μεταξύ των σωματιδίων δεν υπάρχει τίποτε άλλο, είναι κενό.

Τα σωματίδια συμβολίζονται σαν μικροί κύκλοι.

## 2ο και 3ο Σενάριο: Φαινόμενα θερμικής διαστολής - διαστολή υγρού (νερού), διαστολή αερίου (αέρα)

Το επόμενο σενάριο, η θερμική διαστολή του νερού εξελίσσεται με βάση το ίδιο σκεπτικό, ακολουθώντας παρόμοια βήματα. Στην αρχή του δεύτερου σεναρίου εμφανίζεται η απεικόνιση μιας γυάλινης σφαιρικής φιάλης γεμάτης με νερό μέχρι τη χαραγή (τη κόκκινη ένδειξη). Στη συνέχεια θερμαίνουμε τη φιάλη. Τι παρατηρείς ότι συμβαίνει;



4η εικόνα

Το τρίτο σενάριο για τη διαστολή του κέρα, απεικονίζει αρχικά μια μισοφουσκωμένη φούσκα που θερμαίνεται κατάλληλα και διαστέλλεται.

Ακολουθούν ερωτήσεις για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών για το φαινόμενο της διαστολής του νερού στο εμπειρικό επίπεδο, ώστε να διαπιστωθεί αν συγγέουν τις έννοιες μάζα και όγκος. Και στις περιπτώσεις αυτές, αν από τα παιδιά επιλεγεί η απάντηση «μεγάλωσε η μάζα του νερού» (ή του αέρα αντίστοιχα) προβάλλεται το ίδιο επιχειρήμα: «Μα δε προσθέσαμε παραπάνω νερό στη φιάλη... Πώς μεγάλωσε η μάζα του;», ή στη περίπτωση του αέρα, «Αυξήθηκε η μάζα; Όχι! Δε προσθέσαμε περισσότερο αέρα». Όπως προαναφέρθηκε, με το επιχειρήμα αυτό επιδιώκεται να συνδεθεί η έννοια της μάζας με το υλικό του σώματος, και η αύξηση της μάζας με την πρόσθεση υλικού στο σώμα, κάτι που θεωρούμε ότι μπορεί να συλλάβει εύκολα το παιδί.

Στη συνέχεια δίνεται η περιγραφή των χαρακτηριστικών του ίδιου απλού σωματιδιακού μοντέλου. Η μόνη διαφορά σε σχέση με το πρώτο σενάριο έγκειται στο ότι προστίθεται μια νέα διάσταση στη λειτουργία του μοντέλου, καθώς συσχετίζεται η κίνηση των σωματιδίων με τη θερμοκρασία του σώματος, με τη φράση: «Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του σώματος, τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα σωματίδια και τόσο πιο πολύ απομακρύνονται το ένα από το άλλο». Από διδακτική άποψη, πιστεύουμε ότι έχει ιδιαίτερη σημασία να εφαρμόσει το παιδί το ίδιο μοντέλο σε τρεις διαφορετικές, αλλά παρόμοιες περιπτώσεις διαστολής, όπως είναι η διαστολή στερεού, υγρού και αερίου. Το γεγονός αυτό θα συμβάλει στην εμπέδωση του μοντέλου και θα διευκολύνει τη μετέπειτα εφαρμογή του για την περιγραφή και εξήγηση άλλων φαινομένων, όπως οι αλλαγές φυσικής κατάστασης, τα μίγματα και τα διαλύματα, κλπ.

Στη φάση της διερεύνησης των αντιλήψεων των παιδιών για την εξέλιξη του φαινομένου στο μικροσκοπικό επίπεδο, δίνεται η ερώτηση «Τι συμβαίνει όμως στα σωματίδια του νερού (ή του αέρα) όταν το ζεσταίνουμε;». Οι αντίστοιχες απαντήσεις στην ερώτηση αυτή διαμορφώνονται ως εξής:

Νομίζω πως όταν ζεσταίνουμε το δοχείο με το νερό τότε τα σωματίδια του νερού:

1. Αυξάνουν και κινούνται γρηγορότερα.
2. Γίνονται λιγότερα και κινούνται γρηγορότερα.
3. Μένουν τα ίδια όπως και πριν αλλά κινούνται γρηγορότερα.
4. Είναι τα ίδια όπως και πριν αλλά τώρα κινούνται πιο αργά.

Και πάλι, όποια απάντηση κι αν επιλέξει το παιδί εμφανίζεται μια απεικόνιση της αρχικής και μια της τελικής κατάστασης του δοχείου με το νερό ή της φούσκας, με βάση το μοντέλο και την άποψη του παιδιού για το φαινόμενο. Όταν το παιδί επιλέξει μια απάντηση (εκτός από τη τρίτη που είναι η αποδεκτή από επιστημονική άποψη) που υποδηλώνει την ύπαρξη κάποιας παρανόησης, εμφανίζεται στην οθόνη μια φράση που ανασκευάζει την άποψη αυτή και παραπέμπει το παιδί στη μελέτη των ιδιοτήτων του «Φυσικού μοντέλου». Για παράδειγμα, αν το παιδί επιλέξει την 4η απάντηση, τόσο στην περίπτωση της θέρμανσης του νερού όσο και της θέρμανσης του αέρα, το σχόλιο που του προτείνεται συσχετίζει τον όγκο με την κίνηση των σωματιδίων με τις φράσεις «Μα, αν κινούνταν πιο αργά θα έπρεπε τα σωματίδια να πλησιάσουν μεταξύ τους, οπότε θα έπρεπε να κατεβεί η

στάθμη του νερού στη φιάλη» και «Μα, αν κινούνταν πιο αργά θα έπρεπε τα σωματίδια να πλησιάσουν μεταξύ τους, οπότε θα έπρεπε να μικρύνει το μπαλόκι.», κάτι που δε φαίνεται να συμβαίνει με βάση την αρχική παρατήρηση του φαινομένου.

Το λογισμικό διαθέτει χαρακτηριστικά υπερκειμένου, γεγονός που επιτρέπει στο/η χρήστη να έχει διευκρινίσεις για όρους που περιέχονται στο κείμενο, όπως πχ., μάζα, όγκος, μοντέλο, σωματίδιο, κλπ.

### **Διδακτική αξιοποίηση - Προοπτικές**

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του λογισμικού «Μοντέλα και φαινόμενα του φυσικού κόσμου» απαντά στο αίτημα της παραγωγής εκπαιδευτικού λογισμικού προσαρμοσμένου στις ανάγκες και τις ιδιαίτερες δυσκολίες μάθησης που έχουν μαθητές και μαθήτριες διαφόρων ηλικιών αναφορικά με μοντέλα της δομής της ύλης, όπως αυτές προκύπτουν από σχετικά ερευνητικά δεδομένα. Με το λογισμικό «Μοντέλα και φαινόμενα του φυσικού κόσμου» δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές και στις μαθήτριες να αναπτύξουν νοητικές αναπαραστάσεις διαφόρων φαινομένων σε σχέση με το εμπειρικό και το μικροσκοπικό επίπεδο και να τις συσχετίσουν μεταξύ τους με τη βοήθεια κατάλληλου μοντέλου. Το γεγονός αυτό διευκολύνει τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και επιτρέπει τη διάκριση μεταξύ μοντέλου και πραγματικότητας. Το λογισμικό αυτό προσφέρει στο δάσκαλο και στη δασκάλα ένα ουσιαστικό βοήθημα για τη διδασκαλία των σχετικών εννοιών και φαινομένων, ενώ συγχρόνως επιτρέπει τη διάγνωση των ιδεών των παιδιών και την αξιολόγηση του μαθησιακού αποτελέσματος (το πρόγραμμα καταγράφει τις επιλογές των μαθητών/ριών). Δίνει επίσης πολλές ευκαιρίες για συνεργασία μεταξύ των παιδιών (συνεργατική μάθηση) και για συζήτηση στην τάξη. Στο λογισμικό υπάρχουν επίσης οδηγίες για την πραγματοποίηση των πειραμάτων στη τάξη. Σε επόμενη φάση θα γίνει αξιολόγηση του λογισμικού με παιδιά Δημοτικού και Γυμνασίου.

*Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του λογισμικού έγινε στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.*

### **Αναφορές**

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18,53-85
- Astolfi J.-P., Drouin A.-M. (1992). La moderation a l'ecole elementaire. In J.-L. Martinand, J.-P. Astolfi et al., Enseignement et apprentissage de la modelisation en sciences, INRP,55-117
- 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, The University of Leeds.
- 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
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 481-490
- 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
- Kokkotas, P., Hatzinikita, V. (1994). The concept of the molecule in fourth year primary education students of the University of Athens. In A. Bargellini & P.E. Todesco (Eds) Proceedings of the 2nd European Conference on Research in Chemical Education, Pisa, Italy, 241-246
- Kokkotas, P., Vlachos, I., Koulaidis, V. (1998). Teaching the topic of the particulate nature of matter in prospective teachers' training courses. *International Journal of Science Education*, v.20(3), 291-303
- Martinand, J.-L., Astolfi, J.-P. et al.-equipe INRP/LIREST, (1992). Enseignement et apprentissage de la modelisation en sciences, Paris: INRP
- Maskill, R., Cachapuz, A., Koulaidis, V. (1997). Young pupils' ideas about the microscopic nature of matter in three different European countries. *International Journal of Science Education*, v. 19(6), 631-645
- Nussbaum, J. (1985/1993). 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
- Σολομωνίδου, Χ., Σταυρίδου, Ε. (1993). Σταδιακή εισαγωγή και χρήση ατομικών μοντέλων για την περιγραφή και εξήγηση φαινομένων θερμότητας, μεταβολών αερίων και στατικού ηλεκτρισμού. Ανακοίνωση στο 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ενοποίησης Ελλήνων Φυσικών, Θράκη. Βιβλίο περιλήψεων: 31-32
- Σταυρίδου, Ε. (1991). Τα επιστημονικά μοντέλα στη διδασκαλία της Χημείας. Μαθησιακές δυσκολίες: αιτίες, αποτελέσματα, προτάσεις. *Χημικά Χρονικά*, 53(5), 133-136
- Σταυρίδου, Ε. (1995). Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης. Αθήνα, Εκδ. Σαββάλα