

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2004)

4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



**Σχεδιασμός Φύλλων Δραστηριοτήτων Μαθητών  
για Διερευνητικά Τεχνολογικά Περιβάλλοντα στις  
Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση σχεδιασμού  
Δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης**

*Στέλιος Ορφανός, Αγγελική Δημητρακοπούλου*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Ορφανός Σ., & Δημητρακοπούλου Α. (2026). Σχεδιασμός Φύλλων Δραστηριοτήτων Μαθητών για Διερευνητικά Τεχνολογικά Περιβάλλοντα στις Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση σχεδιασμού Δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 003–014. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9052>

# Σχεδιασμός Φύλλων Δραστηριοτήτων Μαθητών για Διερευνητικά Τεχνολογικά Περιβάλλοντα στις Φυσικές Επιστήμες: Η περίπτωση σχεδιασμού Δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης

Στέλιος Ορφανός\* & Αγγελική Δημητρακοπούλου\*\*

\*Καθηγητής Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας, \*\*Αναπληρώτρια Καθηγήτρια  
Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
stelios@rhodes.aegean.gr, adimitr@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Κατά τις τελευταίες τρεις σχεδόν δεκαετίες, δίνεται σταθερά έμφαση στη σημασία των διερευνητικών εκπαιδευτικών λογισμικών. Όμως, μέχρι σήμερα, δεν έχει μελετηθεί συστηματικά ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης. Ακόμα περισσότερο δεν έχει ουσιαστικά συζητηθεί η αναγκαιότητα των έντυπων φύλλων δραστηριοτήτων, που υποστηρίζουν ή καθοδηγούν τους μαθητές. Στην παρούσα εργασία αναλύεται η χρησιμότητα των φύλλων δραστηριότητας, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού τους, τα στάδια ανάπτυξής τους καθώς και τα χαρακτηριστικά τους, έχοντας σαν αναφορά τις δραστηριότητες μοντελοποίησης στις φυσικές επιστήμες. Επιπρόσθετα παρουσιάζονται ορισμένα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, από τη χρήση φύλλων δραστηριότητας από μαθητές 15 ετών, σε σχέση με δραστηριότητα μοντελοποίησης που αφορά στην Κινηματική.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Φύλλα Δραστηριοτήτων, Διερευνητικές Δραστηριότητες, Τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης, Φυσική, Μοντελοποίηση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι οι διερευνητικές δραστηριότητες είναι σύνθετες για τους μαθητές. Για πραγματικά διερευνητικές δραστηριότητες (που ξεκινούν από ένα ανοικτό πρόβλημα), εν γένει θεωρείται ότι απαιτείται μιας μορφής καθοδήγηση, είτε από τον διδάσκοντα, είτε από το σύστημα το ίδιο (Balacheff, 1994, Linard 1990), είτε ίσως μέσω των φύλλων δραστηριοτήτων. Τα φύλλα αυτά είναι έντυπης ή ηλεκτρονικής μορφής, και περιέχουν ερωτήματα, οδηγίες ή υποδείξεις, που υποστηρίζουν ή καθοδηγούν τους μαθητές, κατά τη διαδικασία της επίλυσης ανοικτών προβλημάτων, σε ένα περιβάλλον προσομοίωσης, μοντελοποίησης και προγραμματισμού, για παράδειγμα στη φυσική, στα μαθηματικά, στη γεωμετρία, κλπ. Μια δραστηριότητα μπορεί να υποστηρίζεται από ένα ή περισσότερα φύλλα δραστηριότητας, που συχνά αντιστοιχούν σε μια περίπου ώρα διδασκαλίας.

Τα φύλλα δραστηριοτήτων συνδέονται άμεσα με το σχεδιασμό των ίδιων των δραστηριοτήτων. Συστηματικές και αξιολογικές προσπάθειες ανάλυσης χαρακτηριστικών του σχεδιασμού των δραστηριοτήτων, έχουν γίνει στην Ελλάδα για δραστηριότητες μοντελοποίησης στα Μαθηματικά (όπως Saponides, 2003; Σακονίδης & Κόμης, 2003), για δραστηριότητες με λογισμικά προσομοιώσεων στη Φυσική (Δαπόντες 2002), για δραστηριότητες στην Ιστορία (Γκίκα 2002). Στις περιπτώσεις αυτές, ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων, βασίζεται: (α) στις γενικές αρχές μάθησης του εποικοδομητισμού και του κοινωνικού εποικοδομητισμού, ως προς τις διαδικασίες της μάθησης, (β) στα πορίσματα της Διδακτικής του γνωστικού αντικείμενου, (γ) στην αξιοποίηση των χαρακτηριστικών των τεχνολογικών εφαρμογών. Παράλληλα, μια σειρά

δραστηριοτήτων με αξιοποίηση τεχνολογικών εφαρμογών σχεδιάζεται από εκπαιδευτικούς (βλέπε χαρακτηριστικά, πρακτικά συνεδρίων Δημητρακοπούλου, 2003, Ιωσηφίδου & Τζιμόπουλος 2004), εκ των οποίων οι περισσότερες από αυτές στοχεύουν στη βελτίωση των επιμέρους διδακτικών μεθόδων, για την επίτευξη των στόχων, που καθορίζει το αναλυτικό πρόγραμμα του γνωστικού αντικειμένου, μέσα στα πλαίσια συνθηκών της ελληνικής εκπαίδευσης, δίχως όμως να αξιοποιούν επαρκώς, σύγχρονα πορίσματα θεωριών μάθησης, καθώς και πορίσματα της Διδακτικής του αντικειμένου. Στον διεθνή χώρο, υπάρχει επίσης έλλειψη συστηματικών μελετών των δραστηριοτήτων και των φύλλων που τα συνοδεύουν. Οι περισσότερες προσπάθειες είναι εστιασμένες στις δραστηριότητες που προτάθηκαν με σκοπό να απαντηθούν συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα (Doerr 1996, Jackson, et all, 1996, Harrison & Treagust, 1998).

Στην εισήγηση αυτή, εστιάζουμε στο σχεδιασμό των φύλλων δραστηριοτήτων μαθητών, που έχουν σκοπό την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων διερεύνησης με τεχνολογικές εφαρμογές, επιχειρώντας να απαντήσουμε μια σειρά κεντρικών ερωτημάτων, όπως:

- (α) Είναι πράγματι αναγκαία η δημιουργία και χρήση φύλλων δραστηριοτήτων για τους μαθητές;
- (β) Ποιες είναι οι βασικές αρχές για το σχεδιασμό τους προκειμένου να υποστηρίξουν πράγματι τη μαθησιακή διαδικασία, στα πλαίσια των σχολικών συνθηκών;
- (γ) Ποιες διαδικασίες ανάπτυξης απαιτούνται και ποιες είναι οι δυσκολίες για την παραγωγή τους;
- (δ) Εάν και πως τα χρησιμοποιούν οι μαθητές καθώς εργάζονται με εκπαιδευτικά λογισμικά που επιτρέπουν διερεύνηση.

Στις επόμενες ενότητες εξετάζεται καταρχάς η αναγκαιότητα και η χρησιμότητα των φύλλων δραστηριοτήτων, ενώ στη συνέχεια προτείνονται αρχές σχεδιασμού και μεθοδολογία προετοιμασίας και παραγωγής τους, έχοντας ως αναφορά τις φυσικές επιστήμες. Τέλος, παρουσιάζονται ορισμένα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, από τη χρήση φύλλων δραστηριότητας από μαθητές 15 ετών, στα πλαίσια διδακτικής ώρας, σε σχέση με δραστηριότητα μοντελοποίησης που αφορά στην Κινηματική.

## ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

### Η αναγκαιότητα: Σύγκριση τυπικών σχολικών προβλημάτων με δραστηριότητες διερεύνησης σε τεχνολογικά περιβάλλοντα

Προκειμένου να εξετάσουμε κατά πόσο είναι αναγκαία η ύπαρξη φύλλων δραστηριοτήτων, ας εξετάσουμε ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στις γνωστικές απαιτήσεις των τυπικών προβλημάτων που προτείνονται κατά κύριο λόγο στα σχολικά εγχειρίδια, με αυτές των δραστηριοτήτων διερεύνησης σε τεχνολογικά περιβάλλοντα.

Στις φυσικές επιστήμες, κάθε τυπικό πρόβλημα απαιτεί από το μαθητή για την επίλυσή του:

- (α) να σχηματίσει την αρχική αναπαράσταση του χώρου του προβλήματος, όπως παρουσιάζεται λεκτικά, με τις εμπλεκόμενες επιστημονικές έννοιες να παρουσιάζονται εν γένει με σαφή τρόπο σε μορφή δεδομένων και ζητούμενων.
- (β) να προσδιορίσει την επίλυση του προβλήματος μέσα από την κατάλληλη επιλογή και συνδυασμό των νόμων που ισχύουν (τύποι) και τους έχει ήδη διδαχθεί και
- (γ) να αντικαταστήσει με κατάλληλο τρόπο τις τιμές των μεγεθών και να κάνει υπολογισμούς λαμβάνοντας υπόψη τις μονάδες μέτρησης.

Το ερώτημα που απασχολεί το σχεδιαστή των δραστηριοτήτων αυτών (ασκήσεων και προβλημάτων) είναι ποια και πόση πληροφορία να παρουσιαστεί στους μαθητές, ποιες μεταβλητές θα δίνει ως δεδομένες και ποιες άλλες θα καθορίζει ως ζητούμενες, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κάποιοι συγκεκριμένοι νόμοι (σε μορφή αλγεβρικών τύπων).

Δεδομένου ότι οι απαιτούμενες νοητικές διεργασίες είναι οικείες, μαθητές με μια μικρή εμπειρία στην επίλυση προβλημάτων μιας ενότητας είναι ικανοί να επιλύσουν το πρόβλημα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα πέντε-δέκα λεπτών, δίχως επιπλέον οδηγίες ή καθοδήγηση κατά την επίλυση.

Στις δραστηριότητες μοντελοποίησης που περιλαμβάνουν την κατασκευή ενός μοντέλου, την υπόθεση, την εκτέλεση, τη σύγκριση με τα αποτελέσματα και την τροποποίηση, απαιτούνται συχνά τα ακόλουθα: (α) ο προσδιορισμός του χώρου του προβλήματος, (β) επιλογή των μεγθών, (γ) η αναζήτηση σχέσεων, (δ) Η δοκιμή της πειραματικής διάταξης, ή η δοκιμή του μοντέλου [σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία, με αξιοποίηση συχνά πολλαπλών δεδομένων], (δ) η βελτίωση τους, (ε) η αξιοποίηση της διάταξης (σε περιβάλλον προσομοίωσης) ή του μοντέλου, προς απάντηση ερωτημάτων.

Οι διαδικασίες αυτές δεν είναι σειριακές. Απαιτούνται πολλαπλοί επαναλαμβανόμενοι κύκλοι και σύνθετες νοητικές διεργασίες στις οποίες οι μαθητές ενός συμβατικού αναλυτικού προγράμματος και σχολείου, δεν είναι εξοικειωμένοι. Οι μαθητές όταν επιλύουν τυπικά προβλήματα, πρέπει απλά να 'εφαρμόσουν και να συνδυάσουν γνώσεις'. Όταν πραγματοποιούν δραστηριότητες μοντελοποίησης ή προσομοίωσης εμπλέκονται σε μια διαδικασία ανακάλυψης και οικοδόμησης νέων γνώσεων.

Θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι οι μαθητές μπορούν μόνοι τους να οικοδομήσουν νέες γνώσεις, αλληλεπιδρώντας με διερευνητικά εκπαιδευτικά λογισμικά. Μη αποδεχόμενοι όμως τις αρχές του ριζοσπαστικού εποικοδομητισμού, θεωρούμε ότι δεν είναι δυνατόν οι μαθητές να οικοδομήσουν και να ανακαλύψουν πλήρως σε λίγες ώρες, ότι η ανθρωπότητα έκανε χρόνια και αιώνες να ανακαλύψει (Linard, 1990; Balacheff, 1994). Τα περιβάλλοντα αυτά, είναι πλούσια μαθησιακά, αλλά δεν μπορούν από μόνα τους, να εγγυηθούν τη μάθηση: απαιτείται συστηματική καθοδήγηση και διαμεσολάβηση. Οι καθηγητές έχουν κεντρικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. Παρόλα αυτά, τις περισσότερες φορές είναι αδύνατον να υποστηρίξουν τη μαθησιακή διαδικασία, καθοδηγώντας απαλά και προσαρμοστικά 20 ή 30 διαφορετικούς μαθητές, ή 15 διαφορετικές ομάδες μαθητών που εργάζονται στον υπολογιστή.

Το ερώτημα είναι λοιπόν, αν η καθοδήγηση αυτή, θα μπορούσε μερικώς να μεταβιβαστεί στα φύλλα δραστηριότητας, προκειμένου να παίξουν ένα ρόλο υποστηρίξης των σύνθετων νοητικών διαδικασιών που απαιτούνται κατά τις δραστηριότητες μοντελοποίησης.

### **Χρησιμότητα**

Η χρησιμότητα των φύλλων δραστηριότητας, είναι πολλαπλή, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους καθηγητές. Συνοπτικά αναφέρουμε:

*Για τους μαθητές:*

- (α) *Απαλή καθοδήγηση*, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων διερεύνησης, που δεν είναι οικείες στους μαθητές και συχνά απαιτούν σύνθετες νοητικές διεργασίες.
- (β) *Γνωστική υποστήριξη* του μαθητή, λαμβάνοντας το ρόλο *γνωστικού εργαλείου*. Για παράδειγμα, η πρόβλεψη μια γραφικής παράστασης όταν σχεδιαστεί στο φύλλο δραστηριότητας, απαλύνει το πρόβλημα εμφάνισης του φαινομένου γνωστικού φόρτου αυξάνοντας τεχνητά τις δυνατότητες της μνήμης βραχείας διαρκείας των μαθητών (Van Joolingen, 1999).
- (γ) *Υποστήριξη μεταγνωστικών διαδικασιών*, εφόσον χάρη στις σημειώσεις τους στα φύλλα δραστηριότητας, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να επανέλθουν και να επανεξετάσουν πρότερες απαντήσεις τους, και ενδεχόμενα να τις τροποποιήσουν.
- (δ) *Διευκόλυνση διαχείρισης δραστηριοτήτων* μακράς διάρκειας: Οι μαθητές μπορούν ευκολότερα να συνεχίσουν μια δραστηριότητα, που διακόπτεται από το πέρας της διδακτικής ώρας, μια επόμενη ημέρα, όταν έχουν διατηρήσει γραπτές σημειώσεις στα φύλλα δραστηριότητας.

*Για τους καθηγητές:*

- (α) *Χρονική διαχείριση* του θέματος μελέτης της δραστηριότητας: Η δραστηριότητα χωρίζεται σε μικρότερες ενότητες, ώστε να υπάρχουν σαφή σημεία αναφοράς της διεργασίας των μαθητών.
- (β) *Εργαλείο διάγνωσης των μαθητών*: Τα φύλλα δραστηριότητας, καταγράφοντας σχετικά αναλυτικά, την πορεία σκέψης κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, αποτελούν ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης των δυσκολιών, των λανθασμένων αντιλήψεων αλλά και των δυνατοτήτων των μαθητών.

- (γ) Προσαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων του καθηγητή με βάση τις πληροφορίες από τις σημειώσεις των μαθητών στα φύλλα, αλλά και διαχείριση των ομάδων μαθητών, με βάση τις διαφορετικές τους απόψεις ή προσεγγίσεις.
- (δ) Αποτίμηση του μαθησιακού οφέλους της δραστηριότητας, της καταλληλότητας της, ή της καταλληλότητας αυτών των ίδιων των φύλλων δραστηριότητας.
- (ε) Πηγή συγκέντρωσης υλικού για τον εκπαιδευτικό, και κυρίως τον ερευνητή-εκπαιδευτικό, που εργάζεται για τη διαρκή βελτίωση των διδακτικών μεθόδων και εργαλείων.

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΥΛΛΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ**

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αρχές σχεδιασμού και τα στάδια ανάπτυξης των φύλλων δραστηριότητας, χρησιμοποιώντας παραδείγματα από φύλλα δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, στη Φυσική.

### **Βασικές αρχές σχεδιασμού**

Οι Βασικές αρχές σχεδιασμού των φύλλων δραστηριοτήτων, θεωρούμε ότι χρειάζεται να προσδιορίζονται από τις θεωρήσεις σε τρεις διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές διαστάσεις:

- (Α) *Θεώρηση της Διαδικασίας Μάθησης*: Θεωρούμε ότι η υποστήριξη της μάθησης, για μαθητές σε διαδικασία εννοιολογικής συγκρότησης, είναι δυνατόν να γίνει μέσω:
  - (α) Ανάδυσης και έκφρασης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών,
  - (β) Οικοδόμησης πάνω στις αρχικές αυτές αντιλήψεις, και υπάρχουσες δεξιότητες των μαθητών με μετεξέλιξή τους ή εννοιολογική αλλαγή μέσω: (i) υποστήριξης με την παροχή και χρήση γνωστικών εργαλείων (κατάλληλου περιβάλλοντος), (ii) υποστηρικτικής καθοδήγησης (reflective scaffolding) (π.χ. μέσω ερωτημάτων-υποδείξεων των φύλλων εργασίας), (iii) γνωστικής σύγκρουσης (που προκαλείται είτε ατομικά, είτε μέσω ενδομαδικών ή δια-ομαδικών αλληλεπιδράσεων)
  - (γ) Ανάπτυξης μεταγνωστικής επίγνωσης, απαραίτητη κατά την οικοδόμηση επιστημονικών εννοιών και μεθόδων (απαιτείται ο αναλογισμός πάνω στο συλλογισμό αυτό-καθεαυτό, η επίγνωση των νοητικών λειτουργιών που ενεργοποιούνται)
  - (δ) Λειτουργίας στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης, με οργανωμένη δια-ομαδική λειτουργία των μαθητών, και του διδάσκοντα ως διαμεσολαβητή.
- (Γ) *Θεώρηση της Επιστημολογίας αντικείμενου*: Η επιστημολογική ανάλυση του αντικείμενου, επιτρέπει την επιβεβαίωση των κεντρικών στόχων μιας δραστηριότητας (π.χ. Μοντελοποίηση), αλλά είναι και απαραίτητη για τον προσδιορισμό των επιμέρους στόχων (π.χ. οικοδόμηση επιμέρους εννοιών, και σύνδεση μεταξύ αυτών).
- (Β) *Θεώρηση του πλαισίου και περιβάλλοντος μάθησης*: Εξετάζονται και λαμβάνονται υπόψη πλήρως: (α) το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα εφαρμοστούν οι δραστηριότητες και θα χρησιμοποιηθούν τα φύλλα εργασίας, (β) οι ακριβείς συνθήκες της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

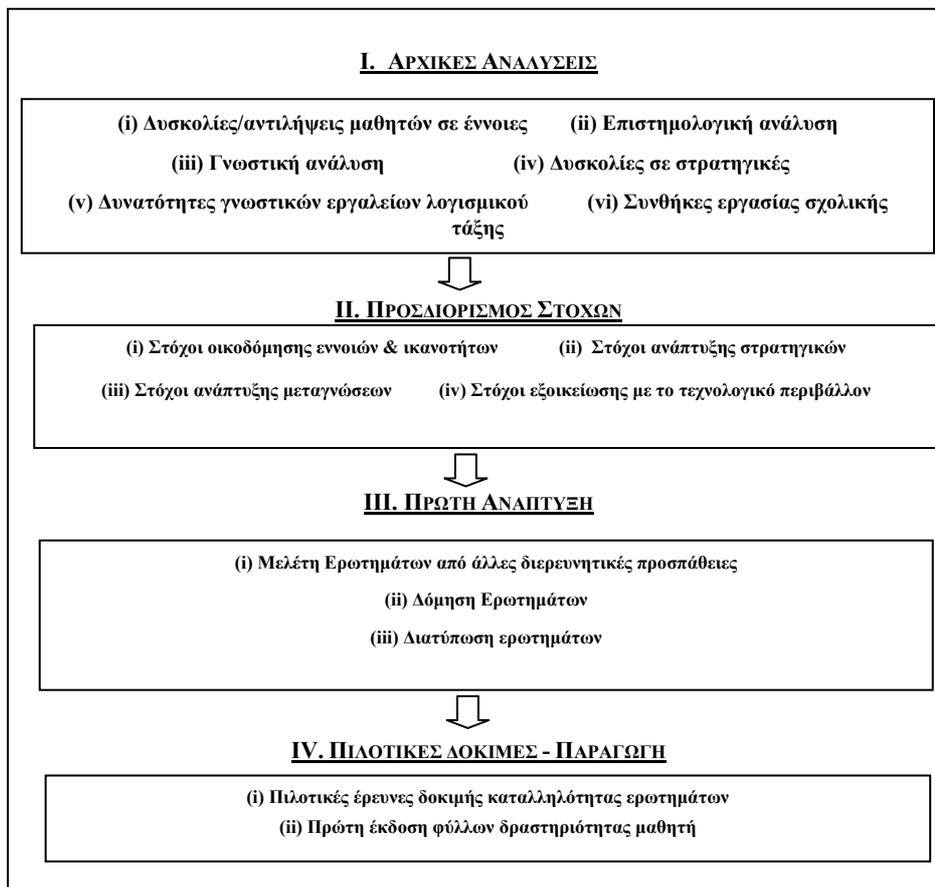
Οι αρχές καθορίζουν τόσο τις αρχικές αναλύσεις που προαπαιτούνται της δημιουργίας των φύλλων δραστηριότητας, όσο και τον τελικό προσδιορισμό της δομής και του περιεχομένου των ερωτημάτων και των υποδείξεων ή οδηγιών που περιέχουν.

### **Στάδια-φάσης ανάπτυξης φύλλων δραστηριοτήτων**

Η διαδικασία ανάπτυξης των φύλλων δραστηριοτήτων των μαθητών που ακολουθήθηκε, περιλάμβανε τέσσερα βασικά στάδια (Σχήμα 1):

**I. Αρχικές αναλύσεις**: Για να προσδιοριστεί το πώς θα καθοδηγηθούν οι μαθητές, ποιος είναι ο πλέον κατάλληλος τρόπος σε επίπεδο βημάτων, αλλά και ποια είναι τα κατάλληλα ερωτήματα, είναι απαραίτητο να προηγηθούν μια σειρά αναλύσεων και να απαντηθούν μια σειρά αρχικών ερωτημάτων σχεδιασμού: (i) ποιες είναι οι εναλλακτικές αντιλήψεις, ή οι δυσκολίες των μαθητών

για τις έννοιες που εμπλέκονται στη δραστηριότητα; **(ii)** Ποιος είναι ο κατάλληλος επιστημολογικά τρόπος για την οικοδόμησή της, **(iii)** Ποιες νοητικές διεργασίες απαιτεί το όλο έργο, **(iv)** Ποιες οι δυσκολίες των μαθητών κατά τη διάρκεια διερεύνησης ενός φαινομένου, ή διερεύνησης της συμπεριφοράς ενός μοντέλου, **(v)** Ποια τα χαρακτηριστικά των γνωστικών εργαλείων που



προσφέρει το κάθε λογισμικό.

*Σχήμα 1:* Στάδια και διαδικασίες ανάπτυξης φύλλων δραστηριοτήτων

## **II. Προσδιορισμός στόχων**

Πέρα από τους γενικούς στόχους που μπορεί να έχουμε με την επιλογή της δραστηριότητας (π.χ. η κατανόηση της υπόστασης των επιστημονικών μοντέλων), προσδιορίζουμε πιο συγκεκριμένους και σαφείς στόχους: **(i)** Ποιες έννοιες εμπλέκονται? Ποιες από αυτές αποτελούν στόχο, για το συγκεκριμένο φύλλο εργασίας. [π.χ. ένα φύλλο δραστηριότητας μπορεί να έχει σαν στόχο να αναδείξει το μέγεθος της θέσης ενός κινητού, ως διανυσματικό μέγεθος]. Ποιες ικανότητες απαιτούνται να αναπτυχθούν; (π.χ. Ανάπτυξη ικανότητας διαβάσματος- κατασκευής διαγραμμάτων, και σύνδεσης με την ποιοτική και την ποσοτική μεταβολή). **(ii)** Ποιες στρατηγικές χρειάζεται να αναπτύξουν; (π.χ. για τον έλεγχο της καταλληλότητας ενός μοντέλου, απαιτούνται οι

στρατηγικές των πολλαπλών επιμέρους ελέγχων (ερμηνεία προσομοίωσης, ανάγνωση τιμών ανά μέγεθος, σύγκριση με την πραγματικότητα του φαινομένου). (iii) Ποιοι στόχοι ανάπτυξης μεταγνωστικών ικανοτήτων είναι επιτεύξιμοι; Στο σημείο αυτό χρειάζεται να τονίσουμε καταρχάς την ανάγκη: (α) *ανάπτυξης εννοιολογικής επίγνωσης*: οι μαθητές ερμηνεύουν συχνά την προσομοίωση, ακόμα και αν είναι αντίθετη με τις προσμονές τους, με βάση τις επιστημολογικές διακρίσεις που είναι συμβατές με τις τρέχουσες απόψεις τους (Burton & Brown, 1994). Μόνο η συστηματική καταγραφή της πρόβλεψης, και μετά η συστηματική καταγραφή της παρατήρησης και του σχολιασμού της διαφοράς ανάμεσα σε πρόβλεψη και παρατήρηση, μπορεί να τους οδηγήσει, να δοκιμάζουν συστηματικά τις ιδέες τους, και να αποκτήσουν επίγνωση του συλλογισμού τους και εννοιολογική επίγνωση (Vosniadou 1994). Παράλληλα, προκειμένου να εσωτερικεύσουν τις απαραίτητες μεθόδους και διαδικασίες διερεύνησης και μοντελοποίησης, είναι απαραίτητη: (β) η ανάγκη *μετα-ανάλυσης της συνολικής δραστηριότητας*, στο τέλος αυτής, προκειμένου να αναλογιστούν πάνω στις στρατηγικές που εφάρμοσαν (Noel, 1997; Boekaerts & Pintrich, 1999). Τέλος, (iv) *οι στόχοι εξοικείωσης με τα εργαλεία* και τις δυνατότητες του λογισμικού είναι δευτερεύοντες στόχοι, χρήσιμοι όμως, ώστε οι μαθητές να γνωρίσουν σταδιακά τις επιμέρους δυνατότητες ενός πλούσιου περιβάλλοντος, τη στιγμή που μπορούν πραγματικά να αντιληφθούν τη χρησιμότητά τους. Οι στόχοι αυτοί είναι απαραίτητοι για την πρώτη περίοδο αξιοποίησης ενός τεχνολογικού περιβάλλοντος.

### **III. Πρώτη ανάπτυξη**

Είναι πάντα σημαντική η *ανάλυση των φύλλων δραστηριοτήτων του ίδιου ή ακόμα και παρεμφερούς γνωστικού αντικείμενου* (i), καθώς και η ερμηνεία της αποτελεσματικότητάς τους, προκειμένου να αξιοποιείται η πρότερη εμπειρία άλλων ερευνητών ή εκπαιδευτικών.

Η πιο κρίσιμη όμως διαδικασία, είναι η (ii) *Διατύπωση των Ερωτημάτων, Υποδείξεων και Οδηγιών* που χρειάζεται να περιέχουν τα φύλλα δραστηριοτήτων. Στο Σχήμα 2, παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες αυτών, που δίχως συγκεκριμένη σειριακή ιεραρχία, λειτουργούν συμπληρωματικά μεταξύ τους. Σχολιάζονται στη συνέχεια τα κυριότερα από αυτά.

Τα αρχικά ερωτήματα προσδιορίζουν τα γενικά ερωτήματα της δραστηριότητας, ενώ τα αμέσως επόμενα χρειάζεται να υποστηρίξουν τους μαθητές στην αρχική ανάλυση της περιγραφής και των γενικών ερωτημάτων. Η δημιουργία της νοητικής αρχικής αναπαράστασης του φαινομένου ή του προβλήματος, είναι καλύτερα να γίνεται στο φύλλο δραστηριότητας προτού οι μαθητές, αρχίσουν να εργάζονται στον υπολογιστή.

Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα ερωτήματα που αποσκοπούν στην αντίχρευση, ανάδυση και έκφραση των διαισθητικών ιδεών των μαθητών, εφόσον θεωρούνται ως το πρώτο στάδιο εννοιολογικής οικοδόμησης. Τα ερωτήματα αυτά, διαφορετικά σε κάθε περίπτωση χρειάζεται να συνοδεύονται από Ερωτήματα Επίγνωσης κατά τη διάρκεια της διερεύνησης: Χρειάζεται να δίνονται διαρκώς ευκαιρίες για να εκφραστούν γραπτά οι μαθητές: για το τι βλέπουν, τι κάνουν, τι σκέφτονται,

<b>Είδη Ερωτημάτων –Υποδείξεων-Οδηγιών</b>
⇒ Ερωτήματα σε σχέση με το φαινόμενο
⇒ Ερωτήματα αρχικής ανάλυσης (σε χαρτί-μολύβι)
⇒ Υποδείξεις διαχείρισης, διερεύνησης μοντέλου
⇒ Ερωτήματα μελέτης αναπαραστάσεων δεδομένων
⇒ Ερωτήματα επίγνωσης κατά τη διάρκεια διερεύνησης (πρόβλεψης)
⇒ Υποδείξεις συνολικού ελέγχου μοντέλου
⇒ Υποδείξεις συνεργασίας ανάμεσα σε ομάδες
⇒ Οδηγίες δημοσιοποίησης (αναφορά δραστηριότητας)
⇒ Οδηγίες αξιοποίησης εργαλείων λογισμικού

**Σχήμα 2:** Είδη ερωτημάτων-Υποδείξεων φύλλων δραστηριοτήτων

μέσω ερωτήσεων του τύπου: «Πως περιμένετε να κινηθεί το κινητό;» «Τι παρατηρείτε στην προσομοίωση;», «Τι πιστεύετε ότι συνέβη;», «Σε τι οφείλεται αυτή η διαφορά;» «Πως το εξηγείτε;» «Περιγράψτε τι κάνατε», «Ποια είναι η σημαντική πληροφορία που να συνάγετε από τις τιμές των μεταβλητών;» «Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση ταχύτητας-χρόνου, που αναμένετε να παραχθεί», «Καταγράψτε το γράφημα που παράχθηκε», «Διαπιστώνετε διαφορές;» «Πως τις εξηγείτε;», κ.ά. Τα ερωτήματα αυτά είναι προτιμότερο να γίνονται σε σημεία κλειδιά, και όχι απαραίτητα σε κάθε ενέργεια (κάτι που μπορεί να οδηγήσει στη δυσανασχέτηση των μαθητών).

*Υποδείξεις διαχείρισης-διερεύνησης ενός μοντέλου:* Στην πραγματικότητα η 'εκτέλεση' ενός μοντέλου υπόκειται σε κριτική: συγκρίνεται με την αρχική πρόθεση και πρόβλεψη, και στη περίπτωση που δεν είναι το επιθυμητό, γίνονται τροποποιήσεις στο τρέχον μοντέλο, ή δημιουργείται άλλο, προκειμένου να δοκιμαστεί και πάλι η συμβατότητά του. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί έως ότου οι μαθητές καταλήξουν στο μοντέλο που θα δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι υποδείξεις ελέγχου μοντέλου, αφορούν στο τι μπορεί να συμβαίνει αν το μοντέλο τελικά δεν αναπαριστά την πραγματικότητα (π.χ. ασυμβατότητα τιμών μεταβλητών, μη καταλληλότητα σχέσεων, μη πληρότητα των μεταβλητών που υπεισέρχονται στο μοντέλο, κλπ.). Η εστίαση στην ερμηνεία του μοντέλου από το συνδυασμό των δεδομένων, περνά συχνά από την επιμέρους εστίαση στην κάθε αναπαράσταση χωριστά (έμμεσες οδηγίες μελέτης και αξιοποίησης των εναλλακτικών αναπαραστάσεων των δεδομένων που προκύπτουν από την εκτέλεση του μοντέλου).

*Οι οδηγίες δημοσιοποίησης, περιέχουν σημαντικά ερωτήματα που υποστηρίζουν την ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων.* Ζητείται από τους μαθητές, να ετοιμάσουν μια αναφορά για τη διαδικασία της διερεύνησης ή της μοντελοποίησης που έκαναν. Η τεκμηρίωση του μοντέλου, τα επιχειρήματα και τα δεδομένα που παρουσιάζονται είναι ιδιαίτερα σημαντικά, για τη μάθηση. Η ανάγκη προετοιμασίας της συνολικής αυτής αναφοράς, οδηγεί τους μαθητές, να αναλογιστούν πάνω στις στρατηγικές που εφάρμοσαν. Συμπληρωματικά ερωτήματα του τύπου: «*Νοιώσατε να μάθατε κάτι καινούργιο;*», «*Ποιες ήταν οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν;*», βοηθούν σε μια γενικότερη αποτίμηση της δραστηριότητάς τους. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να παρέχονται και χρησιμοποιούνται ειδικά εργαλεία που υποστηρίζουν την ανάλυση της πρότερης δραστηριότητας σε ένα εκπαιδευτικό λογισμικό (π.χ. Στο περιβάλλον MODELLINGSPACE παρέχονται εργαλεία που παρουσιάζουν σε μορφή video όλες τις αλληλεπιδράσεις των μαθητών -'Playback tool'-, καθώς και άλλα ποσοτικά στοιχεία των ενεργειών τους).

Χρήσιμες είναι τέλος, οι υποδείξεις, για δια-ομαδική αλληλεπίδραση σε επίπεδο τάξης, τόσο κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας όσο και προς το τέλος αυτής, δεδομένου ότι μπορεί να συνεισφέρει στη μάθηση, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί μια λειτουργία απαραίτητη για την εγκυροποίηση ενός επιστημονικού αποτελέσματος.

**Η Δόμηση ερωτημάτων(iii)** σε ένα φύλλο δραστηριότητας, έχει άμεση σχέση με τη δόμηση του συνόλου της δραστηριότητας και την επιμέρους ανάλυσή της σε μια σειρά φύλλων δραστηριοτήτων. Είναι εν γένει αποδεκτοί γενικοί κανόνες του τύπου:

- α. Τα φύλλα αναπτύσσονται εξελικτικά σε ό,τι αφορά στις γνωστικές απαιτήσεις των δραστηριοτήτων
- β. Επικεντρώνονται αρχικά στην πραγματική κατάσταση και στη συνέχεια απομακρύνονται σταδιακά από αυτήν, μεταβαίνοντας σε πιο αφαιρετικά επίπεδα (μετάβαση από 'το συγκεκριμένο στο αφηρημένο')
- γ. Επιχειρούν να εστιάσουν την προσοχή του μαθητή πρώτα σε ποιοτικά στοιχεία της κατάστασης,

- ⇒ Ποιοτική Ανάλυση φαινομένου
- ⇒ Δημιουργία αρχικού μοντέλου
- ⇒ Εκτέλεση ελέγχος
- ⇒ Βελτίωση,
- ⇒ Αξιοποίηση μοντέλου για απάντηση ερωτημάτων
- ⇒ Έλεγχος ορίων
- ⇒ Δημοσιοποίηση
- ⇒ Επέκταση μοντέλου
- ⇒ Γενίκευση μοντέλου
- ⇒ Συνδυασμός μοντέλων

Σχήμα 3: Δόμηση φύλλων

ενώ στη συνέχεια κάνουν βαθμιαία αναγωγή σε ποσοτικά (Σακονίδης, 2000) (μετάβαση από ‘το ποιοτικό στο ποσοτικό’).

Στις δραστηριότητες μοντελοποίησης η γενική δομή ενός ή περισσότερων φύλλων, που ολοκληρώνουν τη δημιουργία ενός μοντέλου, συνίσταται από μια σειρά επιμέρους στάδια (με αντίστοιχες υποδείξεις και ερωτήματα) (Βλέπε Σχήμα 3). Η δομή αυτή μπορεί εν μέρει να υιοθετηθεί και από ένα περιβάλλον προσομοίωσης, όπου ορισμένα από τα στάδια δεν θα εφαρμοστούν (Βλέπε: Δαπόντες 2000, διάκριση δομής σε: ερωτήματα πεδίου αναφοράς, πεδίου ερωτημάτων, πεδίου ελέγχου και πεδίου ολοκλήρωσης).

#### IV. Πιλοτικές δοκιμές-Παραγωγή

Καθοριστικό ρόλο στην τελική διαμόρφωση των φύλλων των δραστηριοτήτων, παίζουν σχεδόν πάντα οι πιλοτικές δοκιμές τους. Εντοπίζονται τα θέματα που είναι κατανοητά στους μαθητές, ποια μπορούν να διαπραγματευθούν και σε ποια σημεία χρειάζεται μεγαλύτερη έμφαση. Δοκιμάζεται επίσης η καταλληλότητα των εκφράσεων των ερωτημάτων και των υποδείξεων, καθώς και το κατά πόσο υποστηρίζουν τους μαθητές, ή τους καθοδηγούν με περιοριστικό τρόπο.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ

Παρουσιάζονται στην ενότητα αυτή, ενδεικτικά αποτελέσματα, από τη χρήση φύλλων εργασίας σε δραστηριότητες μοντελοποίησης. Οι δραστηριότητες που δίδονται στους μαθητές για να πραγματοποιήσουν, αποτελούν θέματα που συναντούν στην καθημερινή ζωή. Το θέμα αναφέρεται στην κίνηση ενός μοτοσικλετιστή σε ευθύγραμμο τμήμα της Εθνικής οδού. Κάθε δραστηριότητα αποτελείται από θέματα μελέτης, που έχουν σχεδιαστεί ανά μάθημα. Ο χρονικός σχεδιασμός για την ολοκλήρωση ενός θέματος μελέτης, είναι μία ώρα περίπου. Το θέμα μελέτης αποτελούνταν από 3 μέχρι 5 φύλλα δραστηριότητας μαθητή.

Είναι ενδιαφέρον ενδεικτικά να εξετάσουμε τουλάχιστον δύο επιμέρους ζητήματα: (α) αν οι μαθητές χρησιμοποιούν τα φύλλα δραστηριότητας, και κατά πόσο σημειώνουν πράγματι, ή εργάζονται μόνο στην οθόνη του υπολογιστή, (β) κατά πόσο οι μαθητές λειτουργούν στοιχειωδώς μεταγνωστικά, κατά τη χρήση των φύλλων αυτών.

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται συνοπτικά αποτελέσματα, από τη χρήση των φύλλων δραστηριότητας, που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια δύο συνεχόμενων διδακτικών ωρών (45' & 40'), σε μια σχολική τάξη με 6 ομάδες μαθητών Γ' Γυμνασίου. Στον πίνακα παρουσιάζεται το συνολικό κλάσμα των απαντήσεων κάθε ομάδας (αριθμός ερωτημάτων που απάντησαν ως προς το συνολικό αριθμό ερωτημάτων του φύλλου), που θα πρέπει να συσχετιστεί με τον αριθμό των ερωτημάτων με τα οποία είχαν το χρόνο να ασχοληθούν (π.χ. η 1<sup>η</sup> ομάδα, ασχολήθηκε με 19 ερωτήσεις και απάντησε τις 16. Οι μαθητές στα φύλλα δραστηριότητας είχαν 23 ερωτήματα να απαντήσουν. Από τις ερωτήσεις αυτές μόνο μία ομάδα (6<sup>η</sup> ομάδα) κατάφερε να ασχοληθεί με τις 22 από αυτές, και τις απάντησε όλες. Πιο αργό ρυθμό φαίνεται να είχε η 3<sup>η</sup> ομάδα, που πρόλαβε να ασχοληθεί μόνο με 10 ερωτήματα και απάντησε τα 9 από αυτά. Ο αριθμός λέξεων, που περιείχαν οι απαντήσεις ποίκιλλαν. Αν υπολογίσουμε τους λόγους των λέξεων ως προς το σύνολο των ερωτημάτων που απάντησαν, οι λόγοι αυτοί ποικίλουν, δίνοντας ένα μέσο όρο από 5 λέξεις (3<sup>η</sup>: 47/9, & 4<sup>η</sup>: 61/13) ως 10 λέξεις (6<sup>η</sup>: 218/22) ανά απάντηση.

Όσον αφορά στους πίνακες τιμών που έπρεπε να συμπληρώσουν, καθώς και τα γραφήματα που έπρεπε να προβλέψουν και να σχεδιάσουν, η 2<sup>η</sup> ομάδα έκανε περισσότερες γραφικές παραστάσεις και πίνακα τιμών από τα ζητούμενα. Η 3η σχεδίασε τα διαγράμματα που ζητήθηκαν (σχεδιάζοντας μόνο τη μορφή καμπύλης, δίχως τιμές, & μονάδες), δίχως να έχει χρόνο να ασχοληθεί με τον πίνακα τιμών. Από τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1, παρατηρούμε ότι οι μαθητές ενεπλάκησαν, σε μια διαδικασία αναλογισμού πάνω σε προηγούμενες απαντήσεις, και τροποποίησαν ορισμένες από αυτές.

Από τα ποσοτικά αυτά δεδομένα, μπορούμε να συνάγουμε ότι οι μαθητές, εν γένει χρησιμοποιήσαν τα φύλλα εργασίας. Οι παρατηρήσεις του ερευνητή-καθηγητή, βεβαιώνουν όμως ότι γενικά οι μαθητές έχουν την τάση να απορροφώνται στον υπολογιστή και να δίνουν μικρότερη προσοχή στις οδηγίες του φυλλαδίου, ή ακόμα και στον ίδιο εκπαιδευτικό.

Το φαινόμενο είτε να διαβάζουν το φυλλάδιο επιπόλαια είτε να το εξετάζουν λίγο στην αρχή και μετά να ασχολούνται με το λογισμικό χωρίς να ακολουθούν συστηματικά τα ερωτήματα του, αντιμετωπίστηκε με δύο διαφορετικούς συμπληρωματικούς τρόπους, κατά τη διάρκεια επόμενων διδασκαλιών: (α) δίνοντας σταδιακά τα φύλλα δραστηριότητας (ένα-ένα), ο περιορισμένος αριθμός των ερωτημάτων τους διευκόλυνε να εστιάσουν στο περιεχόμενό τους, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζεται και το 'άγχος' που φαίνεται να τους δημιουργεί ο μεγάλος όγκος των φύλλων. (β) όταν γνωρίζουν οι μαθητές ότι πρέπει να ετοιμάσουν στο τέλος μια αναφορά για τη διαδικασία διερεύνησης ή μοντελοποίησης, εστιάζουν περισσότερο στα στάδια της διαδικασίας, και άρα και στα ερωτήματα, οδηγίες και υποδείξεις του φύλλου δραστηριότητας.

**Πίνακας 1** Ποσοτικά στοιχεία από την 1<sup>η</sup> Δραστηριότητα Μοντέλα στη Φυσική

	Συνολικό Κλάσμα απαντήσεων	Αριθμός Λέξεων	Κλάσμα Πινάκων που ασχολήθηκαν	Μετατροπές πρότερων απαντήσεων
	Κλάσμα απαντήσεων που ασχολήθηκαν		Κλάσμα Γραφημάτων που ασχολήθηκαν	
1 <sup>η</sup> Ομάδα	16/23	112	1/1	Διόρθωσαν 3 απαντήσεις διαγράφοντας ολόκληρες φράσεις και 1 γραφική παράσταση
	16/19		2/2	
2 <sup>η</sup> Ομάδα	14/23	148	2/1	Διόρθωσαν 3 λέξεις στο διάγραμμα, και άλλαξαν τις μεταβλητές στους άξονες
	14/14		5/2	
3 <sup>η</sup> Ομάδα	9/23	47	0/0	Διέγραψαν μία λέξη
	9/10		2/2	
4 <sup>η</sup> Ομάδα	13/23	61	0/1	Διέγραψαν 8 λέξεις.
	13/13		3/2	
6 <sup>η</sup> Ομάδα	22/23	218	2/2	Διέγραψαν 12 λέξεις, μέσα στις οποίες περιλαμβάνονται 2 ολόκληρες προτάσεις.
	22/23		2/2	

Κατά τη διάρκεια μιας σειράς δραστηριοτήτων (π.χ. περισσότερες από τέσσερις) με φύλλα δραστηριότητας, οι μαθητές φαίνεται να παρουσιάζουν διαφορετικές εξελικτικές συμπεριφορές ως προς τη συμπλήρωση των φύλλων:

- (α) Αρχικά χωρίζουν το φύλλο εργασίας ώστε κάθε μαθητής να συμπληρώσει μέρος αυτού (ορισμένες από τις απαντήσεις).
- (β) Στη συνέχεια θέλουν να καταγράφεται η άποψή τους και επεμβαίνουν στην ομάδα τους ώστε να καταγραφεί.
- (δ) Τέλος, ενδεχόμενα να εμφανιστεί το φαινόμενο μια ομάδα να συμπληρώνει δύο ίδια φύλλα δραστηριότητας μαθητή, προκειμένου να παρουσιάσουν διαφορετικές απόψεις.

Τέλος, χρειάζεται να τονιστεί ότι παρατηρείται άμεση συσχέτιση ανάμεσα στη συμπλήρωση των φύλλων δραστηριοτήτων, και ιδιαίτερα τις γραπτές προβλέψεις, με την ποιότητα των προϊόντων που παράγουν οι μαθητές (π.χ. μοντέλα, & τεκμηρίωση). Αντίθετα η έλλειψη συγκεκριμένης και

εκφρασμένης πρόβλεψης (ανεξάρτητα αν είναι λαθεμένη ή σωστή) οδηγεί σε ελλιπή κατανόηση, και φτωχό μαθησιακό αποτέλεσμα.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεδομένου ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με συστηματικές διαδικασίες πειραματισμού, διερεύνησης και ακόμα περισσότερο μοντελοποίησης, είναι απαραίτητο να υποστηριχτούν στη νοητική τους διαδρομή, μέσα από προσχεδιασμένα αλλά ευέλικτα φύλλα δραστηριοτήτων, ικανά να τους υποστηρίξουν γνωστικά σε αυτή την πορεία. Ο ρόλος του καθηγητή, παραμένει σημαντικός στη διδακτική διαχείριση. Τα κατάλληλα σχεδιασμένα φύλλα δραστηριότητας προσφέρουν και στον ίδιο σημαντικό υλικό για την πορεία συλλογισμού των μαθητών του, και ταυτόχρονα βοηθούν στην αποφυγή προσφοράς έτοιμων απαντήσεων.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:** Ο αναγνώστης μπορεί να αναζητήσει τα φύλλα εργασίας κινηματικής στους δικτυακούς τόπους: [www.ecedu.upatras.gr/modelscreator/index.htm](http://www.ecedu.upatras.gr/modelscreator/index.htm) & [www.modellingspace.net](http://www.modellingspace.net). Ευχαριστούμε τους ανώνυμους κριτές για τις εύστοχες υποδείξεις τους.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Balacheff N. (1994). La transposition informatique. Note sur un nouveau probleme pour la didactique. In M. Artigue (Eds). *20 ans de Didactique de mathematiques en France*. Grenoble. Editions la Pensee Sauvage.
- Boekaerts, M. Pintrich P.R. (Eds). (1999). *Handbook of Self-Regulation*. Academic Press
- Brown J.-S. & Burton R. (1987). Reactive Learning Environments for Teaching Electronic Troubleshooting. *Advances in Man-Machine Systems Research*, Vol. 3, pp. 65-98.
- Dimitracopoulou A.& Komis V. (in press 2004). Design Principles for an open modeling environment for learning, modelling & collaboration in sciences, In C. Constantinou, Z. Zacharia, K. Commers, (G. Eds), *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, Special Issue.
- Doerr, H., (1996). STELLA Ten Years Later: A review of the literature. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 1: 201–224.
- Harrison A. & Treagust, D., (1998) Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models; *School Science and Mathematics*, 98(8), 420-429.
- Jackson, S.L, Stafford, S.J., Krajcik, J.S. & Soloway, E. (1996). Making dynamic modeling accessible to pre-college science students. *Interactive Learning Environments* 4(3): 233-257.
- Lemeignan G. & Weil-Barais A. (1997). *Construire des concepts en Physique*. Hachette
- Linard, M. (1990). Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies. Editions Universitaires, Collection Savoir & Formation. Paris.
- Noel, B. (1997) *La Metacognition*, Serie Pedagogies en developpement, De Boeck Universite.
- Orfanos S. & Dimitracopoulou A. (2003). Technology based modelling activities in learning concepts relations in kinematics. In A. M.Vilas, J.A. M. Gonzalez, J. M. Gonzalez (Eds) *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society*. II International conference on multimedia ICT's in Education., Badajoz, Spain, Dec 3-6 2003, Edition: Junta de Extremadura, Volumes:I-III, pp.342-348.
- Sakonidis, H. (2003). Modelling in school mathematics: generating active learning environments. In (Ed) C. Constantinou & Z. Zacharia, "*Computer Based Learning in Sciences, Proceedings of 6th International Conference CBLIS*, 5-10 July, 2003, Nicosia, Cyprus.
- Van Joolingen, W.R. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *J.A.I.E.*, 10, 385-397.
- Vosniadou S., De Corte E., Mandl H., (1994) (edited by) *Technology-Based Learning Environments*, Psychological and Educational Foundations, Springer Verlag, NATO ASI Series, Serie F:, pp. 302
- Γκίκα Ε. (2002). Σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων για το μάθημα της Ιστορίας με τη

- χρήση εργαλείων των νέων τεχνολογιών: Μεθοδολογίες προσέγγισης. Στο Χ. Κυνηγός & Ε. Δημαράκη. (Επιμ.) *Νοητικά Εργαλεία και Πληροφοριακά Μέσα*, Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Δαπόντες Ν. (2002) Το διερευνητικό λογισμικό φυσικής. Η δομή και το περιεχόμενο των μαθητικών δραστηριοτήτων. Στο Χ. Κυνηγός & Ε. Δημαράκη. (Επιμ.) *Νοητικά Εργαλεία και Πληροφοριακά Μέσα: Παιδαγωγική Αξιοποίηση της Σύγχρονης Τεχνολογία*, Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Ορφανός, Σ. & Δημητρακοπούλου, Α., (2004). Φύλλα Δραστηριοτήτων Μοντελοποίησης στην Κινηματική -υποστηριζόμενα από το Εκπαιδευτικό Λογισμικό Δημιουργός Μοντέλων, στο Ν.Τζιμόπουλος, (Επιμ.) *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο, Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη*.
- Σακονίδης Χ., & Κόμης Β, (2003). Δραστηριότητες στα μαθηματικά με χρήση ανοικτών υπολογιστικών περιβαλλόντων. Στο Μ. Κούρκουλος, Σ. Τσανάκης, Γ. Τρούλης, (Επιμ) *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Διδακτικής Μαθηματικών*, Παν/μιο Κρήτης, Οκτώβριος 2003, σελ. 285-296.

