

**Από μια Ερευνητική σε μια Εκπαιδευτική Δραστηριότητα:  
η Περίπτωση του ΒαρυτοΤροπισμού  
– Εργαστηριακό Υλικό και Εκπαιδευτικό Λογισμικό**

**Βασίλειος Γρηγορίου, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης**

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,  
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,

[vgriqor@primedu.uoa.gr](mailto:vgriqor@primedu.uoa.gr), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto:kalkanis@primedu.uoa.gr), <http://micro-kosmos.uoa.gr>

**Περίληψη.** Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η μετάβαση από μια ερευνητική σε μια εκπαιδευτική δραστηριότητα μελέτης του φαινομένου του ΒαρυτοΤροπισμού, μέσω μίας πειραματικής διάταξης η οποία δημιουργήθηκε από φοιτητές του Φυσικού Τμήματος στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ. Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών. Περιγράφεται η πρόταση στην οποία κατέληξαν οι φοιτητές προκειμένου να μελετήσουν το προαναφερθέν φαινόμενο καθώς και οι λύσεις στις οποίες κατέφυγαν προκειμένου να υπάρξει συνεχής βελτίωση, μετά από την έκθεσή της στις κρίσεις μαθητών και φοιτητών που κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν τη διάταξη. Επίσης, οι φοιτητές δημιούργησαν εκπαιδευτικό λογισμικό, το οποίο ακολουθεί το ερευνητικά εξελισσόμενο εκπαιδευτικό μοντέλο, μετασχηματίζοντας την προηγούμενη ερευνητική δραστηριότητα σε εκπαιδευτική. Στο λογισμικό παρουσιάζεται σειρά από δραστηριότητες οι οποίες εξυπηρετούν συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους.

## **Εισαγωγή**

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται διεξοδικά το σκεπτικό, η σχεδίαση και η υλοποίηση εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει τόσο εργαστηριακό μέρος όσο και δημιουργία λογισμικού, το οποίο υλοποιήθηκε από δύο φοιτητές του Φυσικού τμήματος του Ε.Κ.Π.Α., όταν τους τέθηκε το ερώτημα του εκπαιδευτικού μετασχηματισμού μιας ερευνητικής δραστηριότητας που να μελετά το φαινόμενο του βαρυτοτροπισμού, απευθυνόμενο σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Παράλληλα, στα πλαίσια αυτά εξετάζεται και το ερώτημα κατά πόσο μελλοντικοί εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να σχεδιάσουν, να υλοποιήσουν και να αξιολογήσουν έναν εκπαιδευτικό μετασχηματισμό μιας ερευνητικής δραστηριότητας. .

Δόθηκε ιδιαίτερο βάρος στον τομέα της παραγωγής και εκπαιδευτικού λογισμικού που να μπορεί να κοινοποιηθεί στην εκπαιδευτική κοινότητα άμεσα και εύληπτα, μέσω του διαδικτύου. Έτσι, μια μεμονωμένη προσπάθεια τίθεται στην κριτική της ευρύτερης κοινότητας παρέχοντας εναύσματα για περαιτέρω ερευνα αλλά και πρακτική αξιοποίηση.

Τέλος, τόσο το εργαστηριακό υλικό όσο και το εκπαιδευτικό λογισμικό τέθηκαν σε αξιολόγηση μέσω της πιλοτικής εφαρμογής τους σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές του Παιδαγωγικού τμήματος του Ε.Κ.Π.Α., προκειμένου να ελεγχθεί η δυνατότητα εισαγωγής τους στη θεσμοθετημένη εκπαιδευτική πρακτική της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

## **Σχεδιασμός-προετοιμασία**

Αρχικά επελέγη το γνωστικό-ερευνητικό αντικείμενο το οποίο θα θέταμε υπό διερεύνηση και μετασχηματισμό προς τους φοιτητές. Στόχος ήταν η ενασχόληση με ένα θέμα των Φυσικών Επιστημών το οποίο θα παρείχε δυνατότητα άμεσης διασύνδεσης με άλλα κομμάτια της Επιστήμης και της Τεχνολογίας στα πλαίσια μιας διαθεματικής προσέγγισης.

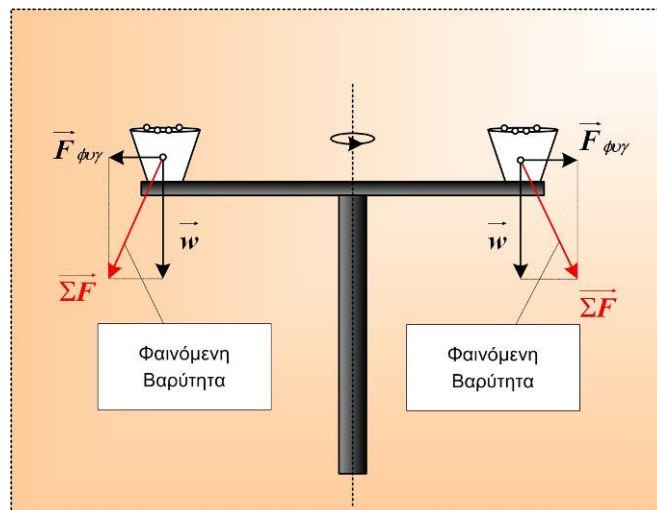
Με το παραπάνω σκεπτικό, θεωρήθηκε το φαινόμενο του βαρυτοτροποσμού –δηλαδή του προσανατολισμού της ανάπτυξης ενός φυτού κάτω από την επίδραση της φαινόμενης βαρύτητας– ως το πλέον κατάλληλο, αφού επιτρέπει το συσχετισμό θεματικών από τομείς της Βιολογίας, της Φυσικής, της Τεχνολογίας και της κοινωνίας, με προεξέχοντα το ρόλο της δημιουργίας διαστημικών αποικιών.

Κατόπιν, τέθηκε υπ' όψιν των φοιτητών, οπότε και κλήθηκαν να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο, αλλά και να προτείνουν μια πειραματική διάταξη που θα προσομοιώνει την επίδραση των διαφόρων παραγόντων στην ένταση του φαινομένου του βαρυτοτροπισμού. Εδώ ο δικός μας ρόλος ήταν συμβουλευτικός και καθοδήγησε την έρευνά τους.

Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν καθώς και οι προτάσεις που υπήρξαν, τέθηκαν σε διάλογο προκειμένου να ελεγχθεί η επιστημονική ορθότητα, η δυνατότητα υλοποίησης και η ευελιξία ένταξής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα αποτελέσματα του διαλόγου ανατροφοδότησαν μια νέα φάση έρευνας από μέρους των φοιτητών, ώσπου τελικά σε συνεννόηση με την ερευνητική ομάδα να καταλήξουν στη διαμόρφωση της τελικής τους πρότασης.

### Πειραματική διάταξη

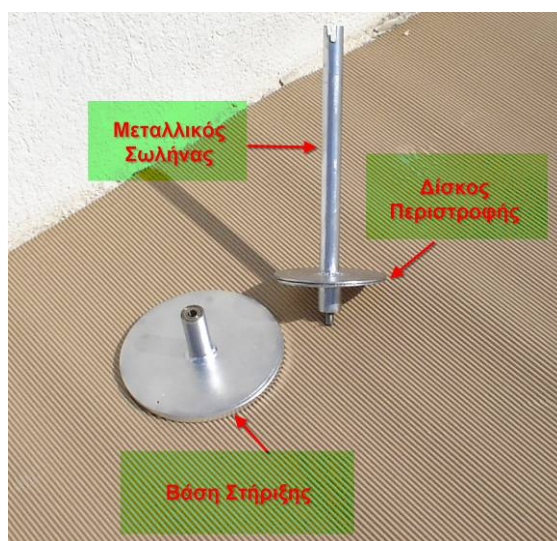
Η πειραματική διάταξη που προτάθηκε βασίζεται στην περιστροφή ενός οριζόντιου άξονα στον οποίο είναι τοποθετημένα δύο δοχεία που περιέχουν σπόρους φακής. Στόχος είναι η εμφάνιση μιας φυγοκέντρου δύναμης στα υπό ανάπτυξη φυτά με αποτέλεσμα την αλλαγή της φαινόμενης βαρύτητας, που πλέον θα είναι η συνισταμένη της φυγοκέντρου και του βάρους (βλ. σχήμα 1).



Σχήμα 1: Αναπαράσταση των δυνάμεων που δέχονται οι σπόροι φακής σε ένα περιστρεφόμενο σύστημα και η φαινόμενη βαρύτητα.

Ο οριζόντιος άξονας είναι βιδωμένος επάνω σε έναν κατακόρυφο σωλήνα, ο οποίος με τη σειρά του καταλήγει σε έναν μεταλλικό δίσκο. Στην περιφέρεια του δίσκου διαμορφώσαμε κατάλληλο αυλάκι προκειμένου να εμφωλεύσει ένα λάστιχο καθημερινής συσκευασίας, με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η μετάδοση της κίνησης από τον

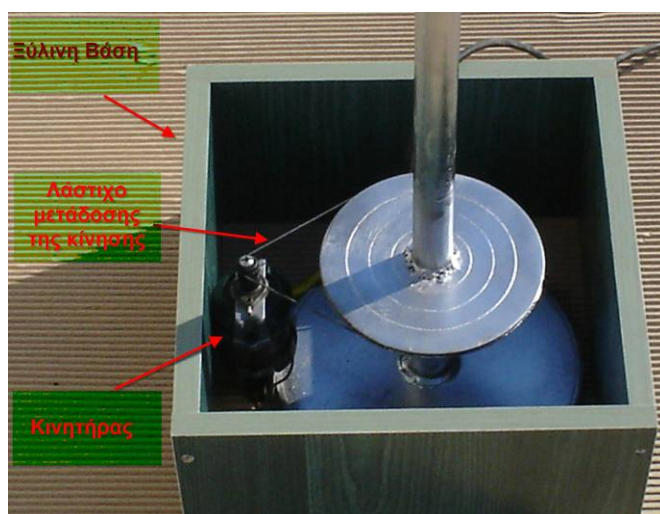
ηλεκτροκινητήρα. Για τη σταθερότητα της διάταξης, ο περιστρεφόμενος μεταλλικός δίσκος, προσαρμόστηκε με τη βοήθεια ένσφαιρων τριβέων (ρουλεμάν) σε ακίνητη μεταλλική βάση στήριξης (βλ. σχήμα 2).



Σχήμα 2: Φωτογραφία όπου εμφανίζονται ο περιστρεφόμενος μεταλλικός σωλήνας, ο δίσκος περιστροφής και η βάση στήριξης.

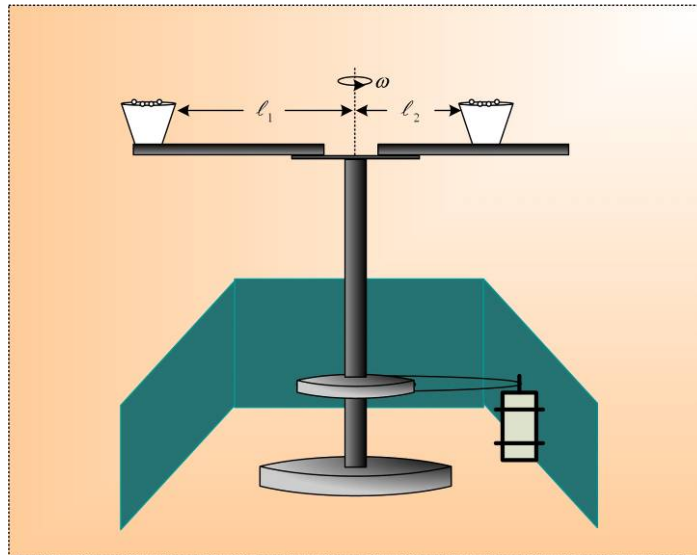
Ο ηλεκτροκινητήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν χαμηλής ισχύος, ικανός να περιστρέφει τον μεταλλικό δίσκο με γωνιακή ταχύτητα μέτρου  $1,5 \frac{rad}{s}$  περίπου. Αποτελεί προϋπόθεση ο ηλεκτροκινητήρας να είναι αξιόπιστος μιας και η διάταξη χρειάζεται να λειτουργεί αδιάλειπτα για αρκετές ημέρες (μία εβδομάδα). Επίσης είναι καλό να μπορεί αλλάζει η ένταση του ρεύματος που οδηγεί τον κινητήρα και έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζει και η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του (γίνεται εκτενέστερη αναφορά στην παράγραφο 'Μεταβλητές-Αναμενόμενα αποτελέσματα' για τη σημασία της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής).

Τη στερέωση του κινητήρα εξασφαλίζει μια απλή ξύλινη κατασκευή διαστάσεων 30x30x20cm.



Σχήμα 3: Φωτογραφία όπου εμφανίζονται ο ηλεκτροκινητήρας, το λάστιχο μετάδοσης της κίνησης και η ξύλινη βάση στήριξης του κινητήρα.

Η πλήρης διάταξη φαίνεται στο σχήμα 4. Τα μήκη  $\ell_1$  και  $\ell_2$  που παρουσιάζονται εκφράζουν την απόσταση των δοχείων από τον άξονα περιστροφής. Δεν είναι σταθερές αλλά μεταβαλλόμενες, αφού ο χρήστης μπορεί να τις μεταβάλλει κατά το δοκούν, αλλάζοντας ταυτόχρονα και τη φαινόμενη βαρύτητα στα φυτά (γίνεται εκτενέστερη αναφορά στην παράγραφο ‘Μεταβλητές Αναμενόμενα αποτελέσματα’ για τη σημασία της απόστασης τοποθέτησης των φυτών από τον άξονα περιστροφής).



Σχήμα 4: Σχηματική παρουσίαση της πειραματικής διάταξης.

### Μεταβλητές-Θεωρητικό πλαίσιο

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη φαινόμενη βαρύτητα, όπως μελετάται στη διάταξή μας, θεωρούμε πως είναι η ταχύτητα περιστροφής και η απόσταση των δοχείων των σπόρων από τον άξονα περιστροφής, για δεδομένα δοχεία. Επίσης θεωρούμε πως άλλοι παράγοντες, όπως η κίνηση του ηλίου και ο άνεμος δεν επηρεάζουν τη διάταξη μας, διότι αφενός η μεν κίνηση του ήλιου είναι συμμετρική γύρω από τα περιστρεφόμενα φυτά, αφετέρου ο άνεμος ήταν πολύ ασθενής κατά τη διάρκεια εξέλιξης των μετρήσεων. Γι' αυτό το λόγο δεν επιλέγουμε και μεγάλη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής.

Μολαταύτα, είναι εφικτός ο μηδενισμός της επίδρασης των παραγόντων αυτών εάν το πείραμα εκτελεστεί σε κλειστό δωμάτιο χωρίς φυσικό φωτισμό, όπου έχουν τοποθετηθεί συμμετρικά τέσσερις λαμπτήρες προκειμένου να παράσχουν ομοιογενή φωτισμό.

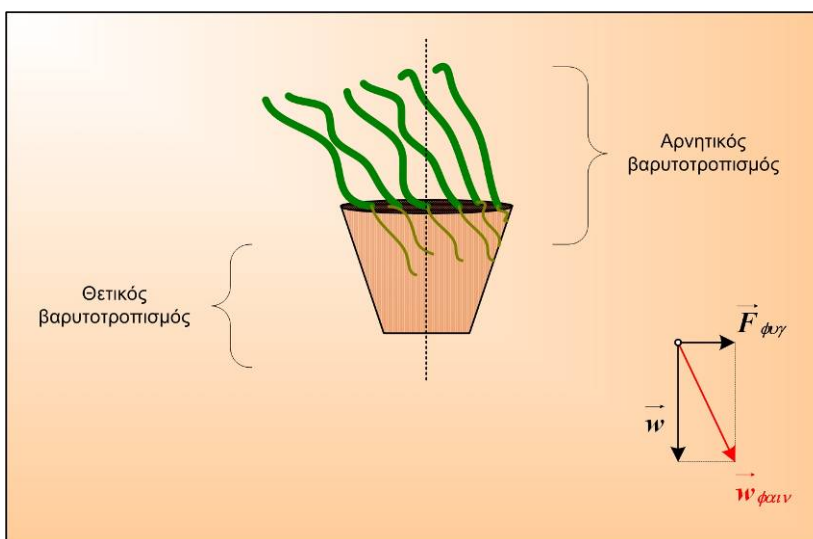
Για το θεωρητικό υπολογισμό της φαινόμενης βαρύτητας χρειάζεται πρώτα να υπολογίσουμε το μέτρο της φυγόκεντρου δύναμης που δέχεται κάθε φυτό. Πράγματι, εάν η μάζα του είναι  $m$  και περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\vec{\omega}$  σε απόσταση  $\ell$  από έναν άξονα, τότε το μέτρο της φυγόκεντρου δύναμης δίνεται από τη σχέση:  $F_{\text{φυγ}} = m\omega^2\ell$ .

Επομένως, η φαινόμενη βαρύτητα θα έχει μέτρο  $w_{\text{φαινόμενη}} = \sqrt{(mg)^2 + (m\omega^2\ell)^2}$ , ενώ η γωνία που θα σχηματίζει με τον ορίζοντα θα είναι  $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{g}{\omega^2\ell}\right)$ . Από την παραπάνω σχέση

βλέπουμε, ότι αυξάνοντας τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής  $\vec{\omega}$  ή την απόσταση  $\ell$  από τον άξονα περιστροφής, η φαινόμενη βαρύτητα πλησιάζει περισσότερο τον ορίζοντα.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, θετικό βαρυτοτροπισμό παρουσιάζουν οι ρίζες ενός φυτού, οι οποίες αναπτύσσονται κατά την κατεύθυνση της φαινόμενης βαρύτητας. Αντίθετα,

ο βλαστός του φυτού παρουσιάζει αρνητικό βαρυτοτροπισμό, μεγαλώνοντας αντίθετα από τη φαινόμενη βαρύτητα (βλ. σχήμα 5).



Σχήμα 5: Σχηματική παρουσίαση του θετικού και αρνητικού βαρυτοτροπισμού.

### Πειραματικά αποτελέσματα

Τα πειραματικά μας αποτελέσματα κρίνονται πολύ ικανοποιητικά, αφού με γωνιακή ταχύτητα περιστροφής  $\omega = 1,5 \frac{rad}{s}$  περίπου και απόσταση περιστροφής  $\ell = 1,5m$ , περιμέναμε ο βλαστός του φυτού να αναπτυχθεί προς το κέντρο περιστροφής, σχηματίζοντας με τον ορίζοντα γωνία  $77^\circ$ . Πράγματι, μετά από μία εβδομάδα αδιάλειπτης περιστροφής, οι σπόροι φακής που αναπτύχθηκαν σχημάτισαν γωνία με το ορίζοντα ίση με  $75^\circ \pm 3^\circ$  (βλ. σχήμα 6).



Σχήμα 6: Φωτογραφία των βλαστών της φακής μετά την περιστροφή τους επί μία εβδομάδα.

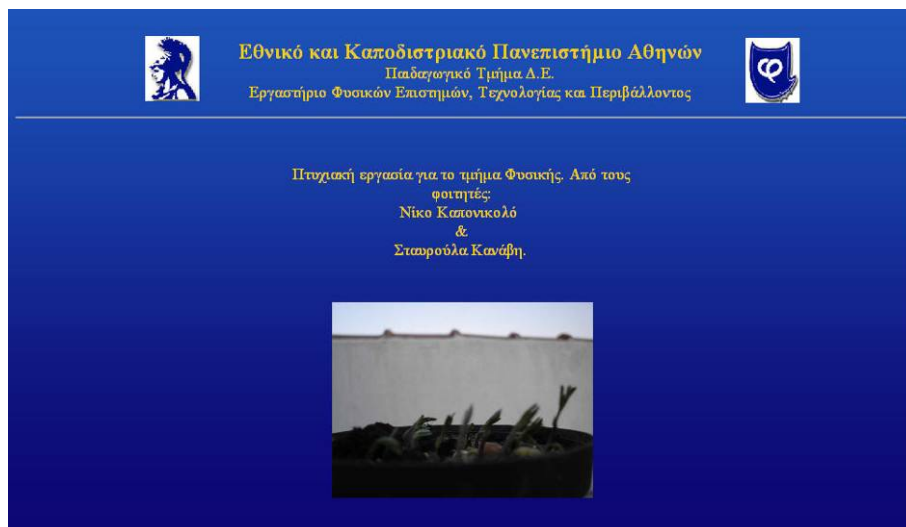
Δηλαδή δεν αναπτύχθηκαν στη κατακόρυφη διεύθυνση, αλλά στράφηκαν προς το κέντρο περιστροφής· ο μεν βλαστός αναπτυσσόμενος αντίθετα από τη φαινόμενη βαρύτητα παρουσιάζοντας αρνητικό βαρυτοτροπισμό, οι δε ρίζες αναπτυσσόμενες κατά την κατεύθυνση της φαινόμενης βαρύτητας παρουσιάζοντας θετικό βαρυτοτροπισμό.

### Εκπαιδευτικό Λογισμικό

Μετά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του πειραματικού μέρους, οι φοιτητές ανέπτυξαν ένα εκπαιδευτικό λογισμικό. Κύριοι άξονες κατά τη δημιουργία του ήταν η δυνατότητα υποστήριξης πολυμεσικών εφαρμογών, η εύκολη κοινοποίηση και διακίνηση καθώς επίσης η συμβατότητα με το ερευνητικά εξελισσόμενο εκπαιδευτικό μοντέλο διδασκαλίας.

Ως πλατφόρμα υλοποίησης επιλέχθηκε να είναι το πρόγραμμα Microsoft Office FrontPage 2003, που δημιουργεί αρχεία μορφής HTML. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα ανάρτησης του λογισμικού σε ένα ιστοχώρο, τον οποίο θα μπορούν να επισκέπτονται οι ενδιαφερόμενοι χρήστες και να το χρησιμοποιούν. Η ενημέρωση-τροποποίηση του λογισμικού γίνεται άμεσα χωρίς επιπτώσεις σε κόστος και χρονικές καθυστερήσεις. Επίσης, η αξιολόγησή του και η ανταλλαγή ιδεών είναι και αυτή συνεχής. Οι εκπαιδευτικοί-ερευνητές-δημιουργοί επομένως, περνούν στο στάδιο της κοινοποίησης και της προσφοράς της έρευνάς τους προς την υπόλοιπη εκπαιδευτική κοινότητα, μοιραζόμενοι ιδέες, υλοποιήσεις και σχόλια.

Ακολουθως παρουσιάζεται το λογισμικό που δημιούργησαν οι φοιτητές. Η δομή του εξελίσσεται σε δύο παράλληλους άξονες: στον ερευνητικό και στον εκπαιδευτικό (βλ. σχήμα 7).



Σχήμα 7: Φωτογραφία του εκπαιδευτικού λογισμικού που δημιουργήθηκε

Ως προς το ερευνητικό μέρος, ακολουθείται το διάγραμμα ροής: Εισαγωγή στο βαρυτοτροπισμό → Διαδικασία κατασκευής (1,2,3,4,5).

Στο εκπαιδευτικό μέρος το αντίστοιχο διάγραμμα είναι: Έναυσμα ενδιαφέροντος → Διατύπωση Υποθέσεων → Πειραματισμός → Διατύπωση θεωρίας → Γενίκευση.

Το προτεινόμενο εκπαιδευτικό υλικό, πληροί τόσο γνωστικούς όσο και ψυχοκινητικούς διδακτικούς στόχους. Αναλυτικότερα, οι επιδιωκόμενοι διδακτικοί στόχοι είναι οι ακόλουθοι:

*Ψυχοκινητικοί:*

- Να ερμηνεύσουν οι μαθητές τη σημασία ελέγχου των μεταβλητών που επηρεάζουν τη διεξαγωγή ενός πειράματος-φυσικού φαινομένου.

- Να μετρήσουν οι μαθητές την ανάπτυξη και τη γωνία που σχηματίζει ένα φυτό καθώς αναπτύσσεται.
- Να παραθέσουν τα δεδομένα τους σε πίνακες και γραφικές παραστάσεις.
- Να βιώσουν οι μαθητές την προσφορά τις επιστημονικής γνώσης προς το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο.
- Να βιώσουν οι μαθητές κλίμα συνεργασίας και διαλόγου κατά το σχεδιασμό μελέτης ενός φυσικού φαινομένου.
- Να προβλέψουν οι μαθητές τη χρήση ενός επιταχυνόμενου συστήματος για διαστημικές καλλιέργειες.

#### *Γνωστικοί:*

- Να προβλέψουν οι μαθητές την ‘κανονική’ απόκριση ενός σπόρου όταν αναπτύσσεται με κατακόρυφη βαρύτητα.
- Να προβλέψουν οι μαθητές την απόκριση ενός σπόρου όταν αναπτύσσεται επιταχυνόμενο.
- Να συγκρίνουν την ανάπτυξη ενός φυτού που περιστρέφεται με την αντίστοιχη ενός ακίνητου.
- Να συγκρίνουν την ανάπτυξη ενός φυτού όταν περιστρέφεται με διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες.
- Να μετρήσουν φυσικά μεγέθη όπως η συχνότητα, η περίοδος και η γωνιακή ταχύτητα.
- Να συνδέσουν το μέτρο της φυγοκέντρου δύναμης με τις μεταβλητές από τις οποίες εξαρτάται (γωνιακή ταχύτητα περιστροφής, απόσταση περιστροφής).
- Να αναγνωρίσουν οι μαθητές τη σημασία για τα φυτά να αποκρίνονται στη βαρύτητα.

#### **Αξιολόγηση**

Το εκπαιδευτικό λογισμικό που παρήχθη, τέθηκε σε πιλοτική εφαρμογή σε φοιτητές τους παιδαγωγικού τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. (10 φοιτητές σε ζεύγη) που παρακολουθούν το εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, όπως επίσης και σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (30 μαθητές σε ζεύγη) σε εργαστήριο επίδειξης (workshop) στα πλαίσια του συνεδρίου 3<sup>rd</sup> International Conference on Hands-on Science 4th - 9th September, 2006 University de Minho, [Braga, Portugal](#).

Το πρώτο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό είναι ότι προκαλούσε το ενδιαφέρον των μαθητευόμενων. Ιδιαίτερα ελκυστική προς αυτούς ήταν η παρατήρηση της δημιουργίας φυτειών στο διάστημα μέσω της χρήσης περιστρεφόμενων συστημάτων. Επίσης, κρίνεται ενδιαφέρον το γεγονός του συνδυασμού πολλών διαφορετικών χαρακτηριστικών από τομείς των Φυσικών Επιστημών όσο και της Τεχνολογίας, όπως είναι η μηχανική κατασκευή, η μελέτη φυσικών ποσοτήτων, η χρήση νέων τεχνολογιών και η διασύνδεση με την κοινωνία.

Ως προς το γνωστικό μέρος, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητευόμενων (περίπου 70%), προέβλεψε σωστά όταν ερωτήθηκε αν τα δύο φυτά, ένα ακίνητο και ένα περιστρεφόμενο, θα έχουν διαφορετική ανάπτυξη και απάντησε ότι αναμένουν το περιστρεφόμενο φυτό να σχηματίσει γωνία ως προς την κατακόρυφο. Κατόπιν όμως, όταν κλήθηκαν να σχεδιάσουν πώς αναμένουν να αναπτυχθεί το περιστρεφόμενο φυτό, όλοι πλην ενός (98%) σχεδίασαν το βλαστό του φυτού να σχηματίζει μία γωνία σε σχέση με την κατακόρυφο, αλλά όχι προς το κέντρο περιστροφής του αλλά προς τα έξω. Φαίνεται δηλαδή να υπάρχει η άποψη πως σε ένα περιστρεφόμενο φυτό, ο βλαστός απλά ‘παρασύρεται’ από τη φυγόκεντρο δύναμη με αποτέλεσμα να στραφεί προς τα έξω, χωρίς να υπάρχει άμεση σύνδεση με τη συνισταμένη δύναμη που αυτός δέχεται.

Στο στάδιο του πειραματισμού (όπου αναγκαστικά λόγω φειδώ χρόνου κάθε μαθητευόμενος έβλεπε το φυτό να περιστρέφεται, ενώ η περιστροφή του είχε ήδη αρχίσει προ

ημερών) οι μαθητευόμενοι πλέον αναγνώριζαν την ακριβή προσαρμογή της ανάπτυξης ενός φυτού υπό την επίδραση της φαινόμενης βαρύτητας. Επίσης μπορούσαν να κάνουν υποθέσεις σχετικά με τους παράγοντες που εντείνουν την επίδραση αυτή, ενώ κλήθηκαν αφενός να μετρήσουν τις φυσικές ποσότητες αυτές (συχρότητα, περίοδο, μέτρο γωνιακής ταχύτητας, μέτρο κεντρομόλου και φυγόκεντρου δύναμης), αφετέρου να μπορέσουν να τις συσχετίσουν μεταξύ τους. Σημειώνουμε ότι η μεγάλη πλειοψηφία (85%) μπορούσε να ονοματίσει σωστά τους εμπλεκόμενου παράγοντες, ενώ περίπου οι μισοί μαθητευόμενοι (55%) μπορούσαν να χειριστούν και τον αντίστοιχο μαθηματικό φορμαλισμό.

Τέλος, στο στάδιο της γενίκευσης, οι περισσότεροι μαθητευόμενοι (80%) διατύπωσαν την άποψη πως η ιδιότητα αυτή των φυτών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη βέλτιστη προσαρμογή τους και ευδοκίμησή τους σε επικλινείς επιφάνειες, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό πρότεινε ως εφαρμογή τη χρήση περιστρεφόμενων συστημάτων στο διάστημα, προκειμένου να υπάρξουν καλλιέργειες.

### Συμπεράσματα

Συγκεντρωτικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι κρίνεται επιτυχημένο το εγχείρημα της υλοποίησης ενός εκπαιδευτικού μετασχηματισμού μιας ερευνητικής δραστηριότητας από μέρους των φοιτητών, όταν συμβαίνει κάτω από κατάλληλη συμβουλευτική και καθοδήγηση.

Επίσης, το προτεινόμενο πειραματικό υλικό και το αντίστοιχο εκπαιδευτικό λογισμικό που παράχθηκε, δίνει τη δυνατότητα της μελέτης του φαινομένου του βαρυτοτροπισμού, διασυνδεδεμένο με θεματικές και από άλλους κλάδους των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας και της Κοινωνίας. Η αξιολόγηση την οποία υπέστη μέσω της πιλοτικής της εφαρμογής, δείχνει ότι μπορεί να εκπληρώσει πλήθος διδακτικών στόχων κλιμακούμενων μάλιστα ανάλογα με το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών.

### Παραπομπές

- Motoshi Kamada, Atsushi Higashitani and Noriaki Ishioka. Proteomic analysis of Arabidopsis root gravitropism. *Biological Sciences in Space*, Vol.19 No.3 (2005): 148-154
- Activity 2.2 Seed Germination. [http://www.spaceday.com/conmngmt/pdf/2005\\_](http://www.spaceday.com/conmngmt/pdf/2005_)
- Shawn Carlson. Shawn Carlson investigates how plants grow in reduced gravity. <http://www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa006&colID=22&articleID=000790A5-749C-1C70-84A9809EC588EF21> [06/10/2006]
- Sarantos Oikonomidis, Vassilis Grigoriou, Nikolaos Voudoukis, George Kalkanis: Gravitropism hands-on device, 3rd International Conference on "Hands-on Science", Braga, Portugal, September 4 to 9, 2006
- Sarantos Oikonomidis, Vassilis Grigoriou, Dimitrios Sotiropoulos, Vasiliki Serepa, George Kalkanis: The learner as a co-creator through collaborative task-based learning of a hands-on experimental apparatus, and potential media, 3rd International Conference on "Hands-on Science", Braga, Portugal, September 4 to 9, 2006.