

## *Επιστημονικό Άρθρο*

### **Οι Προκλήσεις της Εργαστηριακής Διδασκαλίας στην Περίοδο του Κορωνοϊού**

*Εθέλ Πέτρου*

*Καθηγήτρια & Πρόεδρος, Τμήμα Φυσικής  
Κρατικό Πανεπιστήμιο της Νέας Υόρκης (SUNY Erie), ΗΠΑ*

*Ο κοινωνικός αποκλεισμός λόγω της πανδημίας του κορωνοϊού έχει επιβάλλει συνθήκες απομόνωσης που στερούν από τους μαθητές μέρος της εκπαίδευσής τους, όπως την εργαστηριακή εμπειρία. Όμως, η αξία της εργαστηριακής εκπαίδευσης είναι αδιαμφισβήτητη στη διδασκαλία των φυσικών επιστήμων. Τα διαθέσιμα λογισμικά δεν επαρκούν στο να εκπαιδεύουν τους μαθητές, διότι δεν καλύπτουν το ευρύ φάσμα δεξιοτήτων που συνήθως χαρακτηρίζουν μια εργαστηριακή διερεύνηση. Εν τούτοις, σχετικές έρευνες στην εργαστηριακή διδακτική είναι σε θέση να ενημερώσουν και να βοηθήσουν τον διδάσκοντα ώστε ακόμη και κάτω από τέτοιες συνθήκες να σχεδιάσει εργαστήρια που να δίνουν την ευκαιρία στον μαθητευόμενο να μάθει, έστω κι αν αυτός δεν είναι σε θέση να βρεθεί στον χώρο του εργαστηρίου και να πάρει τις δικές του μετρήσεις. Μια εργαστηριακή άσκηση είναι δυνατόν να τροποποιηθεί ή να σχεδιαστεί ώστε να βοηθήσει τον μαθητευόμενο να ασκηθεί στην πειραματική διαδικασία προκειμένου να απαντήσει σε ορισμένες ερωτήσεις ή να αναλύσει δεδομένες μετρήσεις για να βγάλει ένα συμπέρασμα και να προτείνει μια λύση σ' ένα πρόβλημα. Το παρόν άρθρο εξετάζει ορισμένες τέτοιες προσεγγίσεις. Η συγγραφέας ελπίζει ότι οι πληροφορίες αυτές μπορεί να βοηθήσουν τον εκπαιδευτικό να σχεδιάσει κατάλληλες εργαστηριακές ασκήσεις με ερευνητικό χαρακτήρα προς όφελος των μαθητών έστω και κάτω από τις παρούσες συνθήκες. Εστιάζοντας σε συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους ανάλογα με το επίπεδο των μαθητών και χρησιμοποιώντας διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό είναι δυνατόν ο μαθητευόμενος να ωφεληθεί ακόμη και μέσω της διαδικτυακής εργαστηριακής εμπειρίας.*

**Λέξεις κλειδιά:** *εργαστηριακές δεξιότητες, διδασκαλία εργαστηρίων φυσικής, εργαστηριακή διερεύνηση, εργαστηριακή διδακτική φυσικών επιστήμων*

#### **Εισαγωγή**

Η διδασκαλία μέσω εργαστηρίων θεωρείται ουσιαστική στην μελέτη των φυσικών επιστημών. Ειδικά στη μέση και ανώτερη εκπαίδευση είναι απαραίτητη. Σε μια εργαστηριακή άσκηση που έχει ερευνητικό χαρακτήρα απαιτείται όχι μόνον γνώση, συνέπεια και πειθαρχία, αλλά και επινοητικότητα, φαντασία και άλλες ικανότητες, ονομαζόμενες «δεξιότητες» σε αυτό το κείμενο. Εν τούτοις, η εργαστηριακή διδασκαλία ως επί το πλείστον χαρακτηρίζεται από αυστηρή καθοδήγηση μέσω γραπτών οδηγιών που παρέχονται σ' ένα αντιπροσωπευτικό εργαστηριακό εγχειρίδιο.

Οι εργαστηριακές δεξιότητες όμως δεν περιορίζονται μόνον στις τεχνικές γνώσεις και τη χρήση των οργάνων μέτρησης αλλά περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, την ανάλυση, την ερμηνεία, το συμπέρασμα και την ολοκλήρωση μιας εργαστηριακής διερεύνησης. Είναι απαραίτητο να αναθεωρηθεί ο τρόπος που διδάσκεται η πειραματική έρευνα στις φυσικές επιστήμες στα σχολεία έτσι ώστε να αντικατοπτρίζεται με περισσότερη ακρίβεια ο χαρακτήρας της επιστήμης (Bybee, 2002). Οι εργαστηριακές ασκήσεις οφείλουν να διδάσκουν την εργαστηριακή διερεύνηση (να είναι «inquiry-based tasks») και να μην αφορά μόνο μια συγκεκριμένη τεχνική. Τέτοιες δραστηριότητες είναι δυνατόν να είναι αξιόπιστες στην δευτεροβάθμια (και τριτοβάθμια) εκπαίδευση και έχουν ήδη προταθεί σε μαθήματα φυσικών επιστημών (Harwood, 2004, Bernstein, 2003, Volkman και Abell, 2003).

Δυστυχώς με τις παρούσες συνθήκες διαδικτυακής διδασκαλίας, λόγω κορωνοϊού, οι μαθητεύομενοι δεν μπορούν να βρίσκονται σε κλειστούς χώρους, να χειρίζονται όργανα και να καταγράφουν μετρήσεις. Είναι άραγε ο χρόνος αυτός χαμένος γι αυτούς; Αντί να απογοητευόμαστε, ας δούμε τί πληροφορίες μας δίνει η έρευνα επάνω στην διδακτική των εργαστηρίων στις φυσικές επιστήμες. Έχει διαπιστωθεί (Doran και Tamir, 1992) ότι οι μαθητές έχουν καλές επιδόσεις στο να ακολουθούν οδηγίες διαθέσιμες σε κάθε εργαστηριακό εγχειρίδιο (πειραματική διαδικασία), καθώς επίσης και να καταγράφουν μετρήσεις σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες. Οι επιδόσεις τους όμως στην ανάλυση των μετρήσεων/δεδομένων, στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στον σχεδιασμό εργαστηριακής έρευνας είναι σημαντικά χαμηλότερες. Παρόλο που όλα αυτά τα στάδια είναι αλληλεξαρτώμενα, σε μια εργαστηριακή άσκηση διερεύνησης είναι δυνατόν να γίνουν τροποποιήσεις με κατάλληλο τρόπο ώστε η άσκηση να εστιάζεται σε δεξιότητες στις οποίες ο μαθητεύομενος θα έχει την ευκαιρία να ασκηθεί και να βελτιωθεί. Συνεπώς για αυτό το περιορισμένο χρονικό διάστημα διδασκαλίας, μέσω διαδικτύου, οι μαθητές είναι δυνατόν να ωφεληθούν και αυτός ο χρόνος να μην πάει χαμένος. Στο επόμενο μέρος της εργασίας, θα συζητήσω πώς τα αποτελέσματα πολύχρονης έρευνας δικής μου και συνεργατών μου στην εργαστηριακή διδασκαλία της φυσικής μπορεί να είναι χρήσιμη γι' αυτήν την περίοδο της κοινωνικής απομόνωσης. Στην συλλογική αυτή έρευνα, οι εργαστηριακές διερευνήσεις που εφαρμόστηκαν βασίζονταν σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα το οποίο καλείται να διερευνήσει και να απαντήσει ο μαθητής κάνοντας πειραματική δουλειά, χρησιμοποιώντας τα εποπτικά μέσα του εργαστηρίου του σχολείου. Δεν είναι βέβαια απαραίτητο οι προτεινόμενες διερευνήσεις να κατατάσσονται σε ένα γνωστικά αμιγές θέμα.

## **Η Φύση και οι Στόχοι της Εργαστηριακής Διδακτικής**

Το εργαστήριο μπορεί να προσφέρει την ευκαιρία άμεσων εμπειριών με τις φυσικές διαδικασίες, μπορεί να φέρει την φύση μέσα στο σχολείο και να διδάξει μεθόδους επιστημονικής διερεύνησης μέσω κατάλληλων εργαστηριακών ασκήσεων (πειραματικών διερευνήσεων). Σε ένα από τα εκπαιδευτικά προγράμματα που είχαν

συγκροτηθεί με αυτό το θέμα (American Association for the Advancement of Science, 1990) διατυπώνεται και η εξής θέση:

«Δεν υπάρχει καθορισμένος αριθμός βημάτων ή κάποια απλή συνταγή που θα οδηγήσει αλάνθαστα σε επιστημονική γνώση».

Η πολιτεία της Νέας Υόρκης έχει διατυπώσει ορισμένους στόχους για την επιστημονική κατάρτιση και προετοιμασία των υποψηφίων που πρόκειται να ακολουθήσουν σπουδές στις θετικές επιστήμες και την τεχνολογία (American Association of Physics Teachers, 1997). Μεταξύ αυτών των στόχων συμπεριλαμβάνονταν και οι εξής:

- Σχεδιασμός πειραματικής διαδικασίας για την διερεύνηση μιας επιστημονικής υπόθεσης.
- Ερμηνεία φυσικών φαινομένων βάσει βασικών επιστημονικών προσεγγίσεων.
- Επιλογή και χρήση μαθηματικού μοντέλου για την διατύπωση μιας σχέσης μεταξύ μεταβλητών.
- Ικανότητα διατύπωσης υπόθεσης προκειμένου να ερευνηθεί η ερμηνεία ενός φαινομένου.
- Χρήση διαφόρων μέσων για την καταγραφή και οργάνωση παρατηρήσεων.
- Αξιολόγηση συμφωνίας μεταξύ προβλεπόμενου αποτελέσματος και συμπερασμάτων βασισμένων στα πειραματικά δεδομένα.

Πράγματι η επιστημονική έρευνα στον «πραγματικό κόσμο» είναι μια σύνθετη διαδικασία που αποτελείται από πολλές αλληλεξαρτώμενες φάσεις όπως επιλογή μοντέλου, ανάλυση δεδομένων, συμπέρασμα, και ενδεχομένως, αναθεώρηση αρχικού μοντέλου, επανακαθορισμός μεταβλητών, νέες μετρήσεις, κλπ. (Brandwein, 1971). Μπορεί επίσης το σημείο έναρξης της διερεύνησης να είναι διαφορετικό ανάλογα με το πρόβλημα. Συνεπώς, η διδασκαλία της επιστήμης οφείλει να διδάσκει συν τοις άλλοις και αυτό το ευέλικτο στοιχείο που την χαρακτηρίζει προκειμένου να είναι αληθινή. Η πλειοψηφία όμως των εμπορικών αλλά και σχολικών εργαστηριακών εγχειριδίων δεν αναδεικνύει κατά κανόνα αυτόν τον χαρακτήρα της επιστημονικής έρευνας και συνεπώς δεν τον διδάσκει. Αν ο μαθητευόμενος δεν έχει την ευκαιρία να ασκηθεί κατάλληλα, θα παραμείνει με τις ελλείψεις που έχουν διαπιστωθεί από τέτοιες μελέτες (Doran et al., 1993).

### **Μια Προσέγγιση στη Μεθοδολογία της Εργαστηριακής Διδακτικής**

Οι τρεις έννοιες (ή παράμετροι) που έχουν επιλεγεί προκειμένου να συζητηθεί η μεθοδολογία της προτεινόμενης προσέγγισης επάνω στην εργαστηριακή διδακτική και να διευκολυνθεί η συγγραφή τέτοιων διερευνήσεων είναι οι εξής: (α) δεξιότητες, (β) διαστάσεις και (γ) διαδοχή.

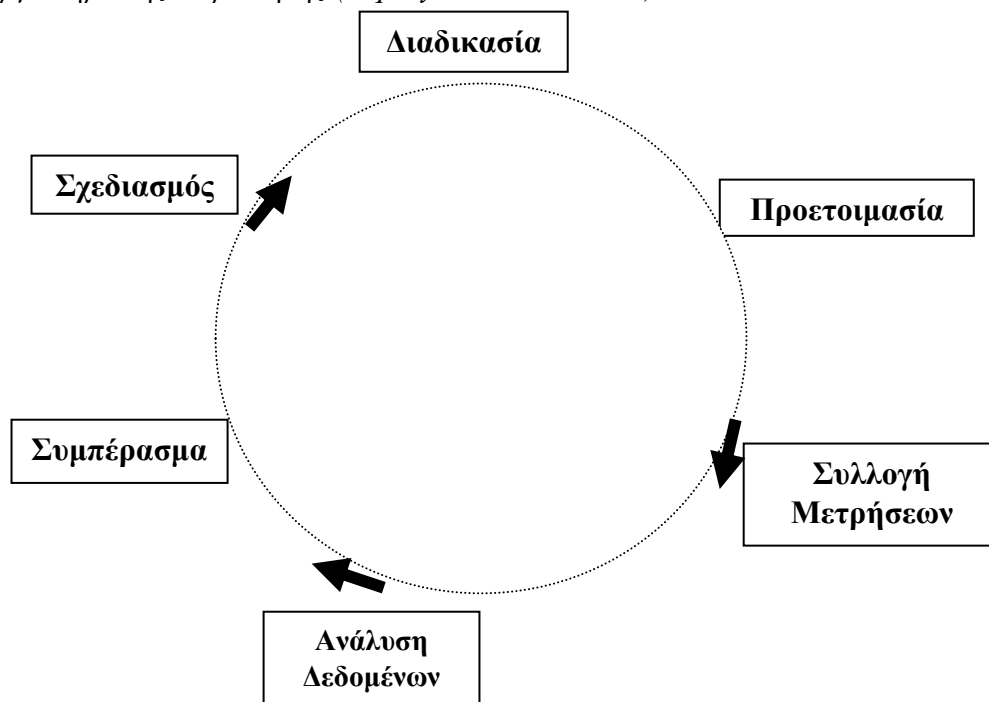
### *Δεξιότητες*

Μια απλουστευμένη απεικόνιση της σύνθετης διαδικασίας που περιγράφει μια διερευνητική εργαστηριακή άσκηση φαίνεται στο Σχήμα 1. Το κυκλικό σχήμα δείχνει ότι το συμπέρασμα της έρευνας κατ' ανάγκην σχετίζεται και οδηγεί στην αρχική ερώτηση που σηματοδοτεί την εκκίνηση της εργασίας. Καθ' οδόν μπορεί να χρειαστεί κάποια αλλαγή, επανάληψη, επαλήθευση ή και αναθεώρηση του αρχικού μοντέλου. Πόσα στάδια λοιπόν υπάρχουν σε μια εργαστηριακή διερεύνηση; Τα αντιπροσωπευτικά στάδια -δεξιότητες στο έξις- που έχουν επιλεγεί στην παρούσα εργασία είναι τα εξής: *σχεδιασμός* (υπόθεση και επιλογή μοντέλου), *διαδικασία* (διατύπωση πειραματικής διαδικασίας), *προετοιμασία* (οργάνωση πινάκων, επιλογή μονάδων), *συλλογή μετρήσεων* (καταγραφή μετρήσεων μέσω χρήσης οργάνων ή παρατηρήσεων), *ανάλυση μετρήσεων* (μαθηματικοί υπολογισμοί, διαγράμματα), και *συμπέρασμα*. Δεν είναι εντελώς ανεξάρτητες η μια από την άλλη, αλλά απεικονίζονται χωριστά για να διευκολύνουν την συζήτηση. Άλλες εναλλακτικές επιλογές θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν μόνον τρεις δεξιότητες όπως *προετοιμασία* (συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού), *εκτέλεση* (συμπεριλαμβανομένης της συναρμολόγησης πειραματικής διάταξης, των μετρήσεων και της ανάλυσης), και *συμπέρασμα*. Επίσης ένα διαφορετικό μοντέλο με περισσότερες (και πιθανόν αναλυτικότερες) δεξιότητες ίσως να είναι πιο σκόπιμο για ορισμένες περιπτώσεις.

Μια εργαστηριακή άσκηση ξεκινά συνήθως από τον σχεδιασμό και ακολουθούν τα επόμενα βήματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Πόσο συχνά όμως χρειάζεται κάποιος να αντικαταστήσει ένα όργανο ή μια διάταξη, να επαναλάβει μετρήσεις, ή και να αλλάξει την προσέγγιση σε κάποιο σημείο της ανάλυσης; Έτσι αντί για τον απλό κύκλο μπορεί να καταλήξουμε σε ένα πιο πολύπλοκο διάγραμμα. Η πραγματική διαδικασία μπορεί να έχει πολλά βήματα και παρεκκλίσεις που να οδηγούν σε προηγούμενο/α βήμα/τα.

Η μόνιμη χρήση της ίδιας αλληλουχίας δεξιοτήτων με εκκίνηση από το ίδιο σημείο (για παράδειγμα με εκκίνηση πάντα από τον σχεδιασμό) δίνει συνήθως την ψευδή εντύπωση ότι μόνο έτσι διεξάγεται η επιστημονική έρευνα. Αυτή είναι η τυπική σειρά που ακολουθείται συνήθως στα εργαστηριακά εγχειρίδια. Συνεπώς ο μαθητευόμενος, που εκτίθεται άθελα μόνον σε αυτόν τον τρόπο διδακτικής, αποκομίζει ψευδή εντύπωση για τον χαρακτήρα της εργαστηριακής έρευνας. Η εργαστηριακή διερεύνηση καταλήγει να φαίνεται σαν μια διαδικασία-μονόδρομος όπου όλα γίνονται με έναν πανομοιότυπο, άκαμπτο τρόπο, σύμφωνα με την επιλογή κάποιου γνωστού μοντέλου. Αυτή όμως είναι μια περιγραφή που αποκλίνει από την πραγματικότητα. Οι εργαστηριακές ασκήσεις είναι δυνατόν να τροποποιηθούν ώστε να εξοικειώσουν τους μαθητευόμενους με άλλους τρόπους και να τους βοηθήσουν να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους στις δεξιότητες που στερούν, δηλαδή στον σχεδιασμό, την ανάλυση και στο συμπέρασμα.

**Σχήμα 1.** Ο Κύκλος των Έξι Δεξιοτήτων με Ποικίλα Σημεία Εκκίνησης (Μαύρα Τόξα) Εργαστηριακής Διερεύνησης (Inquiry-Based Lab Task)



#### Διαστάσεις και Βαθμίδες

Άλλα στοιχεία που μπορεί να χαρακτηρίζουν μια εργαστηριακή διερεύνηση είναι:

- i) Ο βαθμός καθοδήγησης στον μαθητεύομενο (οδηγίες από το εγχειρίδιο ή τον καθηγητή).
- (ii) Ο βαθμός μεταφοράς ή νεωτερικότητας του μοντέλου.
- (iii) Το σημείο εκκίνησης.

Τα τρία αυτά στοιχεία καλούνται διαστάσεις (βλ. Πίνακα 1 για μία συνοπτική παρουσίαση).

**Πίνακας 1.** Διαστάσεις και Βαθμίδες σε Εργαστηριακές Διερευνήσεις

Διάσταση	Βαθμίδες		
	1	2	3
<b>Δομή</b> (Παροχή Οδηγιών)	Υψηλή	Μέτρια	Ελάχιστη
<b>Μεταφορά</b> (Ομοιότητα μοντέλου)	Πλησίον	Μέτρια	Μακρινή
<b>Διαδοχή</b> (Σημείο εκκίνησης)	Σχεδιασμός	Συλλογή Δεδομένων	Συμπέρασμα

#### (ι) Ο βαθμός καθοδήγησης

Αυτή η διάσταση περιγράφεται με τον όρο «δομή». Κρίθηκε σκόπιμο από τους ερευνητές να διακριθούν τρία επίπεδα ή βαθμίδες δομής για να διευκολυνθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων

- Βαθμίδα 1 → παρέχονται λεπτομερείς οδηγίες σε όλες τις δεξιότητες, υψηλή δομή.
- Βαθμίδα 2 → παρέχονται μέτριες οδηγίες σε μερικές δεξιότητες, μέτρια δομή.
- Βαθμίδα 3 → παρέχονται ελάχιστες οδηγίες σε κάθε δεξιότητα, χαμηλή δομή.

Όσο αυξάνεται η βαθμίδα τόσο χαμηλότερη η δομή της εργαστηριακής διερεύνησης. Συνεπώς τόσο περισσότερη πρωτοβουλία αναμένεται από τον ασκούμενο και, συνήθως, τόσο δυσκολότερη η άσκηση. Έχει επαληθευθεί ότι η βαθμολογία μειώνεται με την αύξηση της βαθμίδας.

#### (ii) Ο βαθμός μεταφοράς ή νεωτερικότητας

Αυτή η διάσταση περιγράφεται με τον όρο «μεταφορά» και σχετίζεται με την απόκλιση της άσκησης από το γνώριμο ή οικείο μοντέλο. Τρεις βαθμίδες διακρίνονται και στη διάσταση αυτή:

- Βαθμίδα 1 → Η άσκηση έχει ελάχιστη ή καμία απόκλιση από γνωστό μοντέλο.
- Βαθμίδα 2 → Η άσκηση έχει μέτρια ομοιότητα (μέτρια μεταφορά ή απόκλιση).
- Βαθμίδα 3 → Η άσκηση δεν έχει πολύ ομοιότητα (μεγάλη μεταφορά ή απόκλιση).

Όσο αυξάνεται η βαθμίδα, τόσο μεγαλύτερη η απόκλιση από το γνώριμο μοντέλο. Συνεπώς, τόσο περισσότερη φαντασία αναμένεται από τον ασκούμενο και, συνήθως, τόσο δυσκολότερη η άσκηση. Έχει επίσης επαληθευθεί ότι η βαθμολογία μειώνεται με την αύξηση της βαθμίδας.

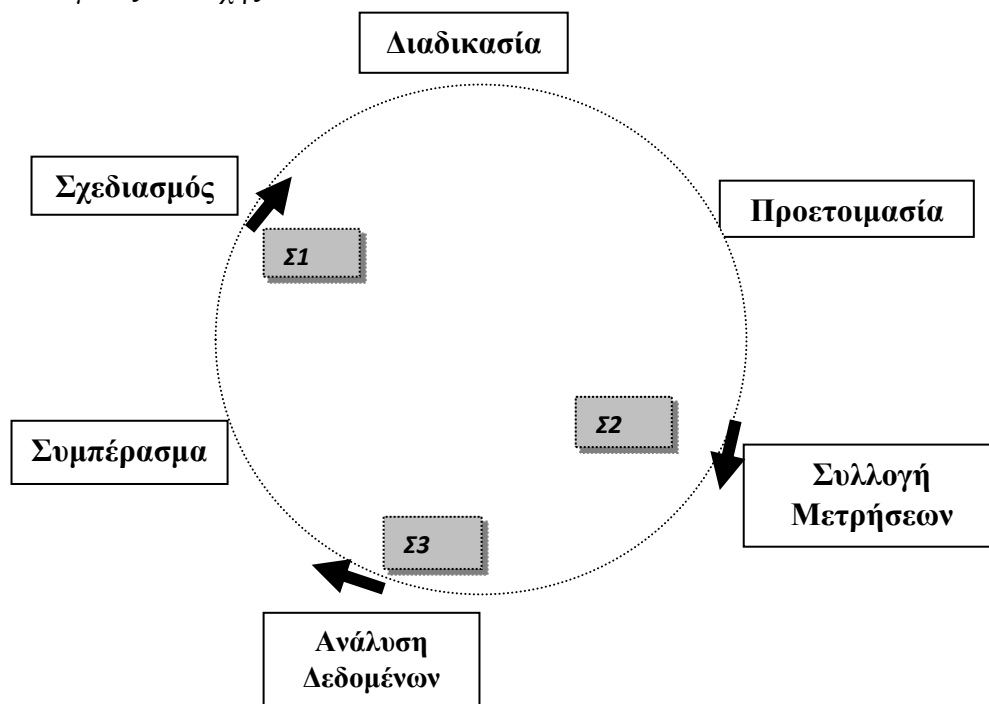
#### (iii) Ο βαθμός διαδοχής

Αυτή η διάσταση αναφέρεται στο σημείο εκκίνησης της διερεύνησης. Για πρακτικούς λόγους, τρία δυνατά σημεία εκκίνησης έχουν επιλεγεί που αντιστοιχούν σε τρεις βαθμίδες. Αν και το σημείο εκκίνησης είναι διαφορετικό σε κάθε βαθμίδα, ο κύκλος της εργασίας ολοκληρώνεται με αποτέλεσμα ο μαθητευόμενος να ασκείται σε όλες τις δεξιότητες κάθε φορά (Σχήμα 2).

- Βαθμίδα 1 → Η άσκηση ξεκινά από τον σχεδιασμό (Σ1).
- Βαθμίδα 2 → Η άσκηση ξεκινά από την συλλογή μετρήσεων (Σ2).
- Βαθμίδα 3 → Η άσκηση ξεκινά από την ανάλυση δεδομένων (Σ3).

Όπως συμβαίνει στην πειραματική έρευνα οι επιστήμονες συχνά χρειάζεται να ανταλλάσσουν μετρήσεις και να συνεργάζονται με άλλες ομάδες. Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι οι ασκήσεις σε κάθε μια από αυτές τις τρεις βαθμίδες πρέπει να έχουν μόνο αυτήν την διαφορά και να μην διαφέρουν στη βαθμίδα δομής και μεταφοράς.

Σχήμα 2. Βαθμίδες Διαδοχής



Οι διαστάσεις δομή και μεταφορά και οι σχέσεις τους στις επιδόσεις των μαθητευόμενων μελετήθηκαν από συνεργάτες της ομάδας μας με ασκήσεις που είχαν σημείο εκκίνησης κοινό (σχεδιασμός) (Doran et al., 2002, Wright et al., 2010). Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών έδειξαν ότι όσο πιο υψηλή είναι η βαθμίδα δομής ή μεταφοράς τόσο πιο δύσκολη η άσκηση και πιο χαμηλή η επίδοση. Επίσης, συνέκλιναν με τα αναμενόμενα συμπεράσματα: ότι η συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων μαθητών που έχουν εκτεθεί στον παραδοσιακό τρόπο πειραματικής διδασκαλίας είχε αδυναμία στο να προτείνει το σχεδιασμό, να διατυπώσει τη διαδικασία και να βγάλει ένα συμπέρασμα, ενώ τα κατάφερε καλύτερα στη συλλογή και την ανάλυση των μετρήσεων. Η μελέτη της διάστασης διαδοχής υπήρξε το προσωπικό μου ερευνητικό ενδιαφέρον (Bournia-Petrou, 2001).

#### Διαδοχή

Η έρευνα βασίστηκε στην εξής ερώτηση:

*Ποιος είναι ο ρόλος της διαδοχής στις μαθητικές επιδόσεις τελειόφοιτων μαθητών σε εργαστηριακές διερευνητικές ασκήσεις σε κάθε μια από τις έξι δεξιότητες;*

Προκειμένου να ερευνηθεί η ερώτηση αυτή σχεδιάστηκαν τρία εργαστήρια, ένα για κάθε βαθμίδα. Και τα τρία ήταν μέτρια στην δομή και μεταφορά. Κάθε μαθητής που συμμετείχε (282 μαθητές) έκανε μόνο μια από τις τρεις ασκήσεις και έπρεπε να την ολοκληρώσει από το σημείο εκκίνησης μέχρι το τέλος, διαγράφοντας όλον τον κύκλο των έξι δεξιοτήτων (Σχήμα 2). Η κάθε μια από τις τρεις ασκήσεις είχε διαφορετικό σημείο εκκίνησης και ήταν βασισμένη στο απλό εκκρεμές με μεταφορά σε εκκρεμές καμωμένο από ξύλο. Οι τρεις ασκήσεις είχαν δοκιμασθεί νωρίτερα σε πιλοτική εφαρμογή για την ευκρίνεια και εγκυρότητα του περιεχομένου, ο διαθέσιμος χρόνος για τους συμμετέχοντες ήταν μια ώρα ατομικής εργασίας στην τάξη, οι απαντήσεις τους ήταν γραπτές και διορθώθηκαν δυο φορές από ανεξάρτητους καθηγητές βάσει γραπτών και βαθμολογημένων κριτηρίων. Οι βαθμοί σε κάθε δεξιότητα είχαν μεγάλη συμφωνία μεταξύ διορθωτών. Μια σύντομη περιγραφή της κάθε άσκησης ακολουθεί πιο κάτω.

Η κάθε άσκηση είχε δυο μέρη σημειωμένα με στικτή γραμμή (Σχήματα 3, 4 και 5) προκειμένου να μειωθεί το ποσοστό αποτυχίας των συμμετεχόντων. Οι συμμετέχοντες ξεκινούσαν με ένα πρόβλημα σύμφωνα με το οποίο έπρεπε να δώσουν ορισμένες απαντήσεις που αντιστοιχούσαν σε συγκεκριμένες δεξιότητες και μετά να προχωρήσουν στο επόμενο μέρος με άλλο σχετιζόμενο πρόβλημα ώστε να συμπληρωθεί ο κύκλος της διερεύνησης. Η άσκηση 1 (Σχήμα 3) έχει στο πρώτο μέρος σχεδιασμό, διαδικασία και προετοιμασία και στο δεύτερο μέρος συλλογή μετρήσεων, ανάλυση και συμπέρασμα.

#### *Άσκηση 1 (Σ1) →Βαθμίδα 1*

Η άσκηση περιέχει ένα πρόβλημα σύμφωνα με το οποίο ο μαθητής καλείται να αποφασίσει κατά πόσον το αντικείμενο που περιγράφεται μπορεί να έχει τις ιδιότητες απλού εκκρεμούς, ώστε να προτείνει μια διαδικασία προκειμένου να λύσει το πρόβλημα. Η διερεύνηση συνεχίζεται με παρόμοιο πρόβλημα και συμπληρώνεται με την χρήση της διάταξης ενός απλού εκκρεμούς και των διαθέσιμων οργάνων, προκειμένου να κάνει μετρήσεις που θα αναλύσει για να βγάλει ένα συμπέρασμα και να απαντήσει στο πρόβλημα.

#### *Άσκηση 2 (Σ2) →Βαθμίδα 2*

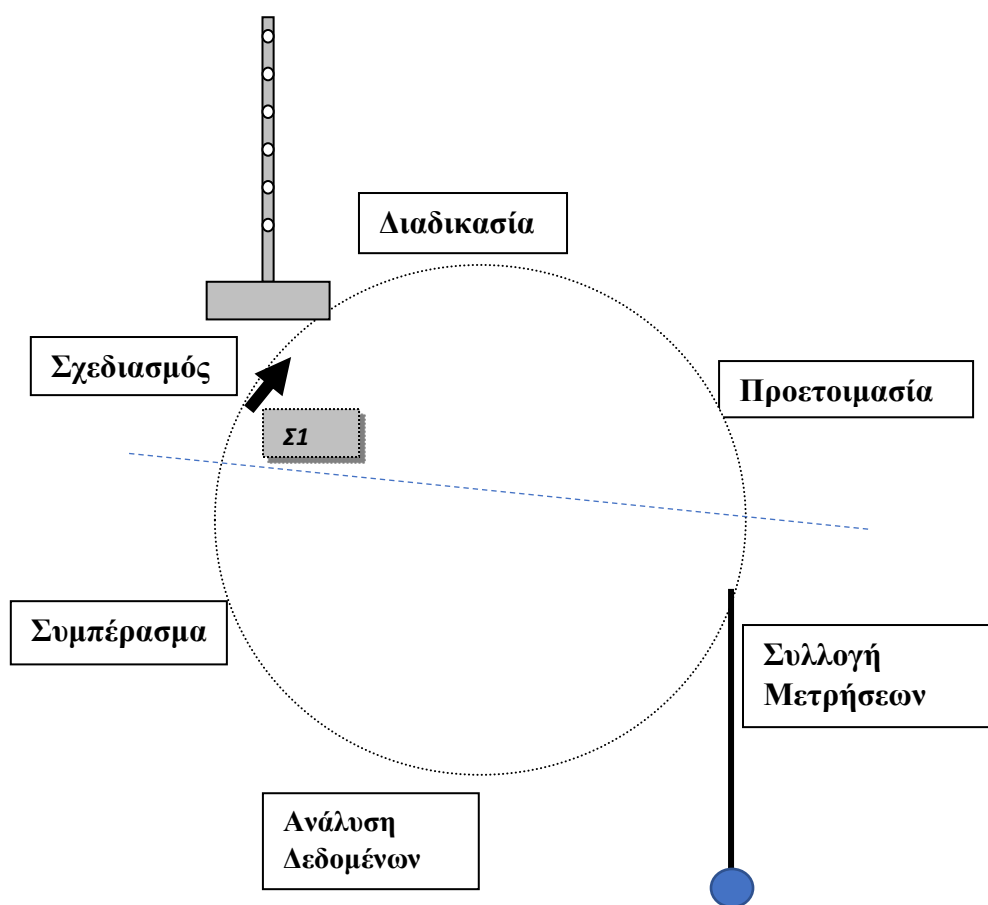
Η άσκηση αυτή περιέχει ένα παρόμοιο πρόβλημα σύμφωνα με το οποίο ο μαθητής καλείται να ξεκινήσει με την πειραματική διάταξη του απλού εκκρεμούς που πρέπει να συναρμολογήσει ο ίδιος, ώστε να πάρει τις κατάλληλες μετρήσεις, χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα όργανα και ακολουθώντας στοιχειώδεις οδηγίες. Στο τέλος πρέπει να προτείνει μια διαδικασία προκειμένου να επιλύσει ένα πρόβλημα που προκύπτει με ένα ξύλινο εκκρεμές.



Άσκηση 3 (Σ3) → Βαθμίδα 3

Η άσκηση αυτή περιέχει ένα πρόβλημα σύμφωνα με το οποίο ο μαθητής καλείται να αναλύσει διαθέσιμες μετρήσεις βασισμένες στο απλό εκκρεμές και να διατυπώσει ένα συμπέρασμα που απευθύνεται σε συγκεκριμένο πρόβλημα. Η άσκηση ολοκληρώνεται με το δεύτερο μέρος όπου ο μαθητής πρέπει να προτείνει έναν σχεδιασμό, μια πειραματική διαδικασία για να πάρει δικές του μετρήσεις με τα διαθέσιμα όργανα αλλά χρησιμοποιώντας το ξύλινο εκκρεμές.

Σχήμα 3. Άσκηση 1 με τα Δυο Μέρη Απεικονιζόμενα με Στικτή Γραμμή

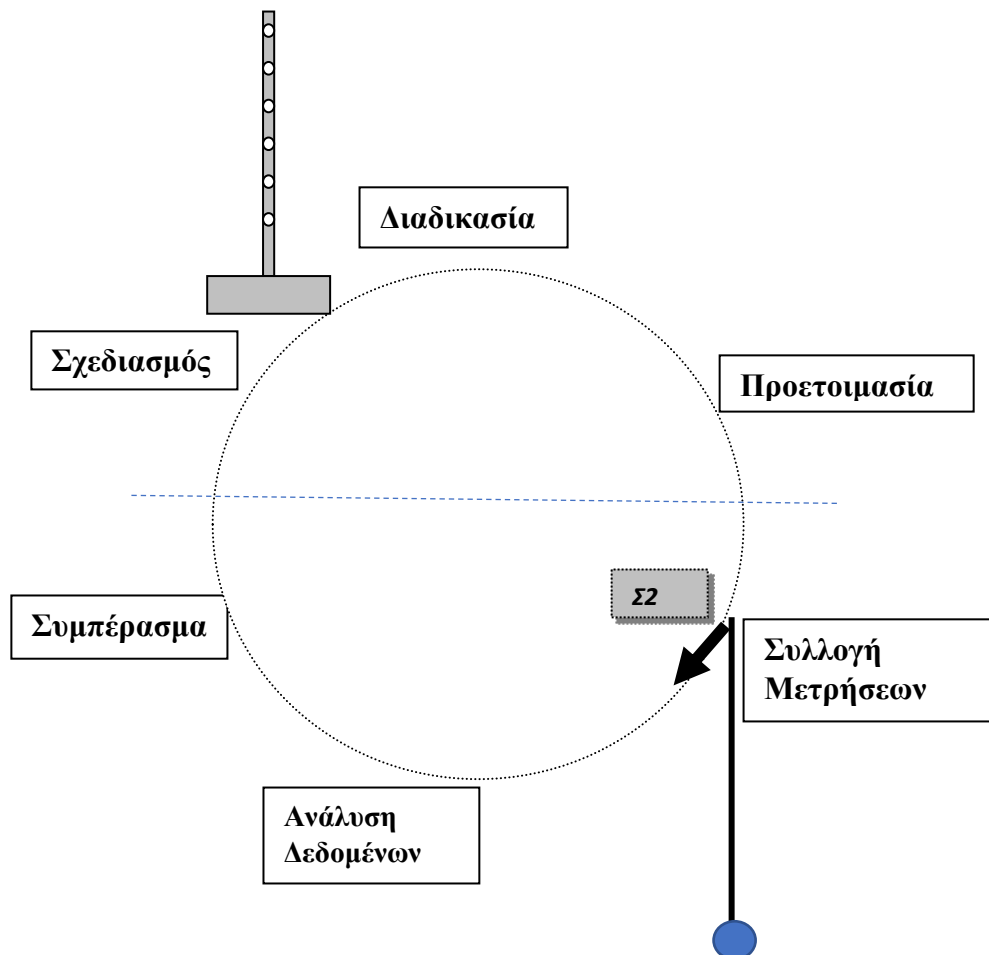


Τα αποτελέσματα βασίστηκαν σε στατιστική ανάλυση της βαθμολογίας των συγκεντρωμένων γραπτών χρησιμοποιώντας συγκρίσεις κατά ζεύγη με την χρήση λογισμικού SPSS (MANOVA). Τα συμπεράσματα έδειξαν ότι η συνολική βαθμολογία ανά γραπτό επηρεάστηκε από την διαδοχή των δεξιοτήτων. Συγκεκριμένα συγκρίνοντας τις τρεις βαθμίδες κατά ζεύγη διαπιστώθηκαν τα εξής:

- i. Η διαδικασία ( $P_{1,2}=0,000^*$ ,  $p_{3,2}=0,001^*$ ) και προετοιμασία ( $P_{1,2}=0,014^*$ ,  $P_{3,2}=0,006^*$ ) συγκέντρωσαν στις ασκήσεις 1 και 3 σημαντικά ψηλότερη βαθμολογία από την άσκηση 2 (Σχήματα 3 και 5). Η άσκηση 1 ξεκινά με σχεδιασμό και η άσκηση 3 με

ανάλυση μετρήσεων. Και οι δυο ασκήσεις καλούν τον μαθητή να σκεφτεί πριν αρχίσει την εργαστηριακή συναρμολόγηση. Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι η διατύπωση διαδικασίας και προετοιμασίας είναι από τις πιο αδύνατες μαθητικές δεξιότητες (Doran και Tamir, 1992), είναι εντυπωσιακό πόσο άμεσο αποτέλεσμα μπορεί να έχει η επιλογή της διαδοχής σ' αυτές τις δυο δεξιότητες.

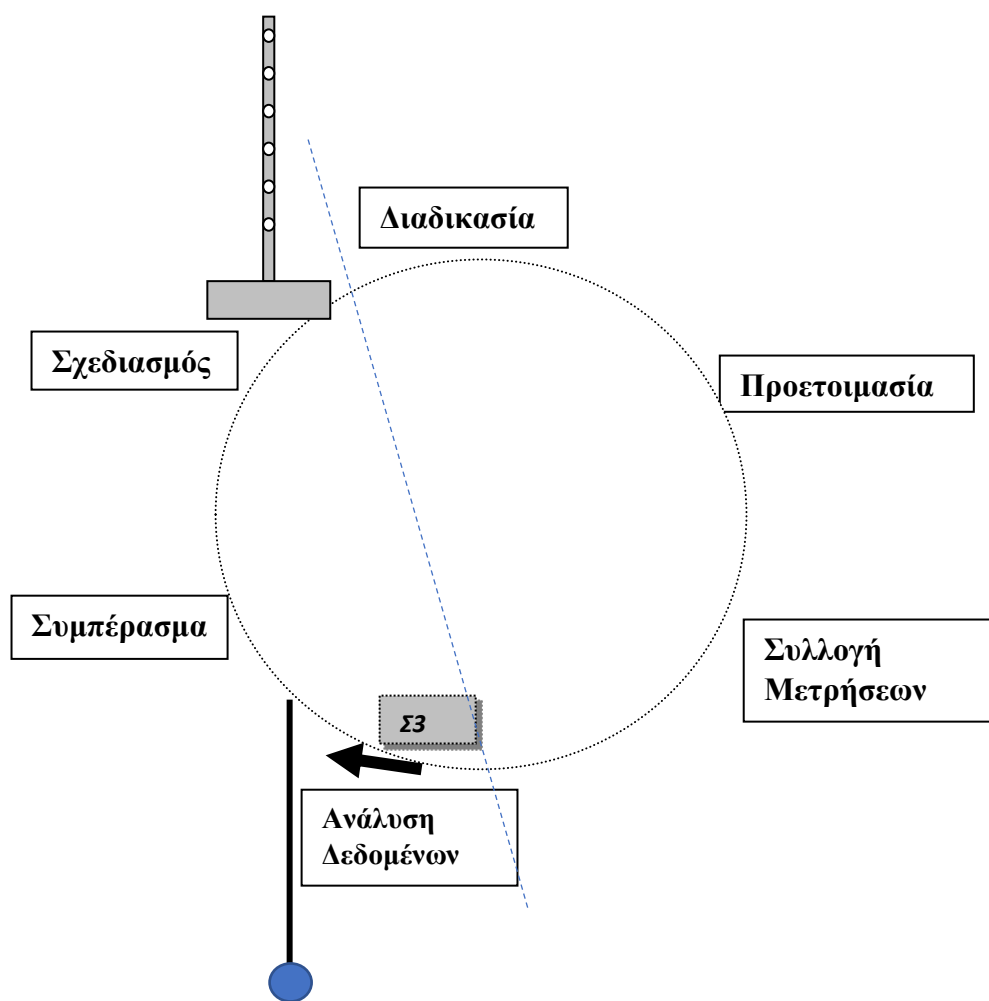
Σχήμα 4. Άσκηση 2 με τα Δυο Μέρη Απεικονιζόμενα με Στικτή Γραμμή



- ii. Η συλλογή μετρήσεων ( $P_{1,3}=0,000^*$ ,  $P_{2,3}=0,000^*$ ) και το συμπέρασμα ( $P_{1,3}=0,006^*$ ,  $P_{2,3}=0,002^*$ ) συγκέντρωσαν στις ασκήσεις 1 και 2 σημαντικά ψηλότερη βαθμολογία από την άσκηση 3 (Σχήματα 3 και 4). Στις ασκήσεις 1 και 2 οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν την οικεία διάταξη του απλού εκκρεμούς για να πάρουν μετρήσεις και η ανάλυση και το συμπέρασμα βασίζεται στις δικές τους μετρήσεις. Σύμφωνα με γραπτά σχόλια μαθητών της άσκησης 3, θα ήθελαν να επαναλάβουν τις μετρήσεις για επιβεβαίωση, παρόλο που στο τετράδιο τους είχαν διαβεβαιωθεί γραπτά ότι οι μετρήσεις που τους δόθηκαν ήταν διασταυρωμένες και σωστές. Επίσης όσον αφορά την συλλογή μετρήσεων φαίνεται ότι ο σχετικός «νεωτερισμός» του αντικειμένου (στην περίπτωση αυτή το ξύλινο εκκρεμές) που έπρεπε να χρησιμοποιήσουν στην άσκηση 3 για να συλλέξουν τις μετρήσεις, προκάλεσε μια κάποια δυσκολία, διότι έπρεπε να επιλέξουν τις διαστάσεις που αντιστοιχούν στις μεταβλητές, να μετρήσουν

και να χειριστούν ένα νέο, κάπως διαφορετικό αντικείμενο με διαφορετική κατανομή μάζας. Αλλά σύμφωνα με γραπτά σχόλια μαθητών, τους άρεσε η διαφορετικότητα του νέου αντικείμενου που απέκλινε από το γνωστό (απλό εκκρεμές). Συνεπώς η ερευνητική δραστηριότητα παρουσιάζεται πιο ελκυστική, γεγονός που μπορεί να έχει άμεσες θετικές, εκπαιδευτικές επιπτώσεις όπως έχει διαπιστωθεί και από άλλους μελετητές (Renner et al., 1985).

Σχήμα 5. Άσκηση 3 με τα Δυο Μέρη Απεικονιζόμενα με Στικτή Γραμμή



### Συμπεράσματα και Εφαρμογές

Τα συμπεράσματα αυτής της μελέτης αφορούν τη διδακτική των φυσικών επιστημών αλλά και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Κατάλληλες εργαστηριακές διερευνήσεις μπορεί να σχεδιαστούν και να χρησιμοποιηθούν (α) ως εργαλεία διάγνωσης του μαθητικού επιπέδου μιας τάξης, (β) ως εργαλεία εργαστηριακής διδακτικής για την καλλιέργεια των πιο αδύνατων δεξιοτήτων, (γ) ως εργαλεία για τη βαθμολογική αξιολόγηση προόδου μαθητών, και (δ) ως εργαλεία αξιολόγησης εκπαιδευτικών προγραμμάτων.

Πως μπορούμε να αξιοποιήσουμε αυτά τα αποτελέσματα ώστε να ωφεληθεί ο μαθητευόμενος σε μια περίοδο που δεν θα έχει πρόσβαση στο εργαστήριο και σε εργαστηριακό υλικό;

Κάτω από τις παρούσες συνθήκες, που αποκλείουν τις κοινωνικές επαφές και συνεπώς κάνουν αδύνατη τη λήψη μετρήσεων σε κλειστούς εργαστηριακούς χώρους, είναι δυνατόν ή να χρησιμοποιούμε το μισό μέρος της άσκησης που δεν περιλαμβάνει μετρήσεις ή να παρέχουμε εμείς τις μετρήσεις προκειμένου να ολοκληρωθεί ο κύκλος. Οι προτάσεις επιλογής για τον διδάσκοντα είναι οι εξής:

- Χρήση ασκήσεων διαδοχής βαθμίδων 1 ή 3 για εξάσκηση στην διαδικασία και προετοιμασία με διαθέσιμες τις μετρήσεις και ζητούμενες απαντήσεις στις άλλες δεξιότητες.
- Χρήση ασκήσεων δομής και μεταφοράς βαθμίδων 2 και 3 για καλλιέργεια της πρωτοβουλίας και φαντασίας του μαθητευόμενου. Διαθέσιμες εργαστηριακές ασκήσεις είναι δυνατόν να τροποποιηθούν ή να σχεδιαστούν εκ νέου ώστε να αποτελέσουν κατάλληλο υλικό για εφαρμογή.
- Το μεγάλο πρόσθετο πλεονέκτημα θα είναι ότι τα σχολικά ιδρύματα και οι μαθητευόμενοι δεν θα χρειαστεί να επενδύσουν σε επί πλέον εργαστηριακό εξοπλισμό ή σε ακριβά λογισμικά σε μια περίοδο που τα κονδύλια είναι περιορισμένα.

Αυτό το σημαντικό έργο μπορεί να υλοποιηθεί μόνο από αυτούς που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της εκπαιδευτικής διαδικασίας, τους εκπαιδευτικούς!

## Βιβλιογραφία

- American Association for the Advancement of Science (1990) *Science for All Americans-Project 2061*. Oxford University Press.
- American Association of Physics Teachers (1997) Goals of the Introductory Physics Laboratory. *The Physics Teacher* 35(12): 546-548.
- Bernstein, J. (2003) A Recipe for Inquiry. *The Science Teacher* 70(6): 60-63.
- Bournia-Petrou, E. (2001) *A Study on the Effect of Varying Sequence of Lab Performance Skills on Lab Performance of High School Physics Students*. Thesis Dissertation. Buffalo, USA: State University of New York at Buffalo.
- Brandwein, P. F. (1971) *Substance, Structure, and Style in the Teaching of Science*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Bybee, R. W. (2002) Scientific Inquiry, Student Learning, and Science Curriculum. In *Learning Science and the Science of Learning*. NSTA.
- Doran, R., Tamir, P. (1992) Results of Practical Skills Testing. *Studies in Educational Evaluation* 18(3): 365-392.
- Doran, R., Boorman, J., Chan, F., Hejaily, N. (1993) Alternative Assessment of High School Laboratory Skills. *Journal of Research in Science Teaching* 30(9): 219-230.
- Doran, R., Chan, F., Tamir, P., Lenhard, C. (2002) *Science Educator's Guide to Laboratory Assessment*. National Science Teachers Association Press.

- Harwood, W. (2004) An Active Model for Scientific Inquiry. *The Science Teacher* 71(1): 44-46.
- Renner, J., Abraham, M., Birnie, H. (1985) Secondary School Students' Belief about the Physics Laboratory. *Science Education* 69(5): 649-663.
- Volkman M., Abell S. (2003). Rethinking Laboratories. *The Science Teacher* 70(6): 38-41.
- Wright, A., Engemann, J., Doran, R., Bournia-Petrou, E., Zawicki, J., Zichitella, G. (2010) Inquiry Based Performance Assessment Tasks. In *S6.10.1, 2010 NARST Annual International Conference*. March 22-24, 2010. Philadelphia, PA, USA.

## **The Challenges of Lab Instruction during the Time of COVID-19**

*Ethel Petrou  
Professor & Chair, Physics Department  
SUNY Erie, USA*

*The COVID-19 pandemic emergency has imposed social distancing conditions that are depriving introductory natural sciences lab students of some of their learning experience. Available software does not address the entire spectrum of skills typically involved in inquiry-based, lab tasks. However related educational research on student performance in such skills can inform lab instruction, even under these challenging conditions which do not allow students to meet in person and collect their own data. Labs can be modified to focus more on student planning and analytical skills by using provided lab data. This article discusses some of these research-based approaches. Most importantly the author hopes that it can inform teachers so that they can develop suitable inquiry-based lab tasks themselves and make the best under the current conditions. By focusing on specific lab goals and making necessary lab task modifications of available lab tasks appropriate to class level and abilities, students may still benefit by their remote lab learning experience.*

**Keywords:** *lab skills, physics lab instruction, inquiry-based lab tasks, science performance assessment tasks*