

Το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας

Πέννυ Στεφανίδου

Υπάρχουν πολλές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία που υποστηρίζουν ότι πολλοί μαθητές «απομακρύνονται» από τις τάξεις των Φυσικών Επιστημών (Hofstein, Eilks & Bybee 2011; Yore, Anderson & Chiu, 2010). Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται και στη χώρα μας (Siatras, Koumaras & Seroglou, 2011; Τσαπαρλής & Καμπουράκης 2012) Μία από τις σημαντικότερες αιτίες που συμβαίνει αυτό είναι ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να νοηματοδοτήσουν τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Sadler, 2011). Με άλλα λόγια οι διδασκαλίες εστιάζονται σε ένα αυστηρά μαθηματικοποιημένο και ακαδημαϊκό περιεχόμενο το οποίο προϋποθέτει αρκετή αφαιρετική σκέψη, χωρίς να προκύπτει αβίαστα η χρησιμότητα των διδασκομένων και κυρίως χωρίς να υπάρχει σύνδεση με την καθημερινότητα των μαθητών.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται μια σειρά από δραστηριότητες με πρωταγωνιστή το αβγό, ένα υλικό γνωστό και προσβάσιμο σε όλους τους μαθητές. Σκοποί μας είναι να ενδυναμώσουμε τον ισχυρισμό ότι δεν απαιτούνται ειδικά υλικά και εργαστηριακός εξοπλισμός για να πραγματοποιηθούν εργαστηριακές δραστηριότητες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, καθώς και η προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών μέσα από τη χρήση υλικών του κόσμου τους.

	Δραστηριότητα
Φυσική	Η καταστατική εξίσωση και το αβγό.
	Καρτέλες αβγών και πίεση.
Βιολογία	Μετουσίωση πρωτεϊνών. Τι είναι, και πότε συμβαίνει;
	Αβγά – αλλεργία. Αλήθειες και μύθοι.
	Ανατομία ενός αβγού. Περιγράφοντας το μεγαλύτερο κύτταρο.
Μαθηματικά	Χοληστερόλη. Φίλος ή εχθρός;
	Πώς να υπολογίσετε τον όγκο του αβγού με χαρτί και μολύβι.
	Η φυσική παρατηρεί, τα μαθηματικά ερμηνεύουν. Εξήγηση της αναπλήρωσης του αβγού, λόγω της αυτοπεριστροφής του.

Πίνακας 1.

Μολονότι θα εστιάσουμε σε δραστηριότητες που σχετίζονται κυρίως με τη Χημεία, το αβγό μπορεί να αποτελέσει το επίκεντρο γύρω από το οποίο είναι δυνατόν να αναπτυχθούν δραστηριότητες και στις υπόλοιπες Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Ενδεικτικά μερικές τέτοιες δραστηριότητες δίνονται στον Πίνακας 1 (Στεφανίδου, 2014)

Το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας

Θα χωρίσουμε τις παρακάτω δραστηριότητες που «βλέπουν» το αβγό μέσα από τα μάτια της Χημείας σε δύο κατηγορίες: στις πειραματικές και στις ερμηνευτικές. Στις πρώτες επιχειρείται μέσα από διερευνητικού τύπου πειραματικές προσεγγίσεις να καλλιεργηθεί η δημιουργικότητα και η αυτενέργεια των μαθητών. Στις δεύτερες παρουσιάζεται μια παρατήρηση που σχετίζεται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής η οποία καλείται να ερμηνευτεί με όρους Χημείας, μετά από κατάλληλη διερεύνηση.

A. Πειραματικές Δραστηριότητες

A1. Υπολογισμός όγκου και μάζας

Ζητείται από τους μαθητές μια βδομάδα πριν την εκτέλεση των δραστηριοτήτων που ακολουθούν, να συζητήσουν μέσα στις ομάδες τους και να προτείνουν ένα σχέδιο εργασίας σύμφωνα με το οποίο θα μπορούσαν υπολογίσουν στο εργαστήριο τη μάζα και τον όγκο ενός αβγού καθώς επίσης τις μάζες του κρόκου και του ασπραδιού ξεχωριστά. Στον προγραμματισμό τους ζητείται να θεωρήσουν ότι θα έχουν πρόσβαση στα εξής υλικά και όργανα: πλαστικά ποτήρια, ένα πιατάκι καφέ, ηλεκτρονική ζυγαριά κουζίνας, ογκομετρικούς κυλίνδρους (ή εναλλακτικά ένα-δύο μπιμπερό!). Κάθε ομάδα μαθητών αναλαμβάνει να φέρει από δύο ωμά αβγά την ημέρα του πειράματος.

Αναμένεται ότι οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρονική ζυγαριά για να βρουν τη μάζα του αυγού. Η εμπειρία μας δείχνει ότι συνήθως τοποθετούν το αβγό απευθείας στο ζυγό και όχι μέσα στο πιατάκι του καφέ, ενώ ακόμη κι όταν το κάνουν, ξεχνούν να λάβουν υπόψη το απόβαρό του.

Στη συνέχεια, αναμένεται ότι λόγω της εμπειρίας τους από τα μαθήματα Φυσικής θα τοποθετήσουν το αβγό μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο (στο μπιμπερό) που περιέχει νερό γνωστού όγκου και από την αύξηση της στάθμης του νερού, θα υπολογίσουν τον όγκο του αβγού.

Τι γίνεται όμως με τη μέτρηση του όγκου και της μάζας ξεχωριστά του κρόκου και του ασπραδιού; Ορισμένοι μαθητές μπορεί να προτείνουν να σπάσουν το αβγό και να διαχωρίσουν τον κρόκο από το ασπράδι κάνοντας μια μικρή οπή στο τσόφλι. Σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο αδειάζουν το ασπράδι, ενώ σε άλλον τον κρόκο που απομένει. Με τον τρόπο αυτόν μπορούν άμεσα να υπολογίσουν τον όγκο, ενώ τη μάζα την υπολογίζουν πάλι με ζυγαριά (Εικόνα 1).

Είναι ο όγκος του αυγού ίσος με το άθροισμα των όγκων του κρόκου και του ασπραδιού; Πού οφείλονται τυχόν διαφοροποιήσεις; Αναγνωρίζοντας την αδυναμία τους να υπολογίσουν με ακρίβεια τόσο τη μάζα όσο και τον όγκο του κρόκου και του ασπραδιού, εξαιτίας του τρόπου διαχωρισμού

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

τους, συνήθως οι μαθητές αποδίδουν σε αυτήν τις διαφοροποιήσεις. Είναι ένα πρόσφορο σημείο για να συζητηθεί το φαινόμενο παραγωγής αερίου μέσα στο αβγό σε ποσότητες που σχετίζονται με το πόσο φρέσκο είναι και την επακόλουθη ικανότητα πλεύσης του σε νερό, δίνοντας αφορμή για τη διαπραγμάτευση με όρους Φυσικής και Βιολογίας.



Εικόνα 1. Υπολογισμός του όγκου του κρόκου και του ασπραδιού του αβγού. (Φωτογραφία Π. Στεφανίδου).

Ζητώντας από τους μαθητές να προτείνουν εναλλακτικούς τρόπους των παραπάνω υπολογισμών με μεγαλύτερη ακρίβεια, ζητάμε, αν δεν προκύψει από τους ίδιους η ιδέα, να σκεφτούν τη δυνατότητα να βράσουν το αβγό. Με τον τρόπο αυτό, ο διαχωρισμός των δύο μερών του αυγού θα διευκολυνθεί αλλά και θα επιτευχθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια ο υπολογισμός τόσο της μάζας όσο και του όγκου. Ποια, όμως, μπορεί να είναι τα μειονεκτήματα αυτής της τακτικής; Μπορεί να αλλάξει η μάζα του κρόκου και του ασπραδιού; Ενδιαφέροντα φαινόμενα μπορεί να συζητηθούν, ανάλογα με την ηλικία των μαθητών, που σχετίζονται με την ικανότητα του νερού να διέρχεται μέσα από το τσόφλι του αβγού (Newton, 1990).

Ολοκληρώνοντας, θα μπορούσε να ζητηθεί από τους μαθητές ο υπολογισμός της πυκνότητας του αβγού, του κρόκου και του ασπραδιού, καθώς και οι επί τοις εκατό περιεκτικότητες του αυγού σε κρόκο και σε ασπράδι.

A2. Τα αέρια έχουν πίεση

Για τις ανάγκες του πειράματος ζητείται από κάθε ομάδα μαθητών να φέρει ένα βρασμένο αβγό όσο το δυνατόν μικρότερων διαστάσεων. Έχοντας διδάξει σε προηγούμενα μαθήματα τους νόμους των

αερίων θέτουμε ως πρόκληση στις ομάδες να αξιοποιήσουν ό,τι έχουν μάθει για να καταφέρουν να βάλουν και να βγάλουν ένα καθαρισμένο βρασμένο αβγό σε ένα γυάλινο μπουκάλι με στόμιο διαμέτρου μικρότερης από τη διάμετρο του αβγού, χωρίς οι ίδιοι να ασκήσουν σε αυτό δύναμη και, αν είναι δυνατόν, χωρίς αυτό να διαλυθεί. Τους ενημερώνουμε ότι τα όργανα και τα υλικά που θα έχουν στη διάθεσή τους είναι: ένα γυάλινο μπουκάλι νερού ή γάλακτος με ευρύ στόμιο, ένα σεσουάρ μαλλιών, κρύο νερό, βραστήρας νερού.

Με συζήτηση στην ολομέλεια επιχειρούμε να κατευθύνουμε τους μαθητές να αντιληφθούν ότι θα πρέπει να δημιουργήσουν συνθήκες διαφοράς πίεσης μέσα και έξω από το μπουκάλι που θα οδηγήσουν στην άσκηση πιεστικής δύναμης στο αβγό. Άρα για να μπει το αβγό μέσα στο μπουκάλι θα πρέπει η πίεση μέσα στο μπουκάλι να μειωθεί σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση που υπάρχει έξω από το μπουκάλι. Τι πρέπει να γίνει ώστε η πίεση μέσα στο μπουκάλι να μειωθεί;

Καθώς ο όγκος του μπουκαλιού είναι σταθερός, αυτό μπορεί να γίνει είτε μειώνοντας τον αριθμό των moles του αέρα μέσα στο «σφραγισμένο» μπουκάλι είτε μειώνοντας τη θερμοκρασία του αέρα. Με βάση τα υλικά που έχουμε δώσει η μείωση της πίεσης του αέρα μέσα στο μπουκάλι μπορεί να γίνει τουλάχιστον με δύο τρόπους:

α. τοποθετούμε στο μπουκάλι μικρή ποσότητα βραστό νερού που το ζεστάνουμε στο βραστήρα και κουνάμε το μπουκάλι σα να το ξεπλένουμε. Χύνουμε το νερό και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία γρήγορα μία-δύο φορές ακόμη. Με τον τρόπο αυτό ο αέρας του μπουκαλιού ζεσταίνεται, διαστέλλεται και ένα μέρος του διαφεύγει από το μπουκάλι στην ατμόσφαιρα. Η πίεση μέσα στο μπουκάλι είναι ίση με την ατμοσφαιρική αφού αυτό είναι ανοιχτό. Τοποθετούμε το αβγό στο στόμιο του μπουκαλιού με το μπουκάλι όρθιο και για να επιταχύνουμε το φαινόμενο βρέχουμε με κρύο νερό τα εξωτερικά του τοιχώματα ή το τοποθετούμε σε λουτρό παγωμένου νερού (Εικόνα 2). Μετά από λίγο το αβγό «γλιστράει» μέσα στο μπουκάλι. Όταν ο αέρας και οι υδρατμοί μέσα στο μπουκάλι ψυχθούν η πίεση εκεί μειώνεται και καθίσταται μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Η δύναμη που ασκείται στο αβγό λόγω της διαφοράς πίεσης μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του μπουκαλιού το σπρώχνει μέσα στο μπουκάλι (Κουμαράς, 2003, σσ. 102-103).

β. χρησιμοποιώντας το σεσουάρ μαλλιών στη σκάλα θερμού αέρα θερμαίνουμε το εξωτερικό του γυάλινου μπουκαλιού, ενώ το στόμιό του παραμένει ανοικτό (Εικόνα 3). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο μπουκάλι. Στη συνέχεια τοποθετούμε το αβγό στο στόμιο. Βρέχουμε το εξωτερικό του μπουκαλιού με κρύο νερό ή το τοποθετούμε σε λουτρό κρύου νερού, για να επιταχύνουμε τη διαδικασία. Το αβγό, για τους ίδιους λόγους με πριν, «γλιστράει» μέσα στο μπουκάλι.



Εικόνα 2. Διαδοχικά στιγμιότυπα της εισαγωγής του αβγού μέσα στο μπουκάλι. (Φωτογραφίες Π. Στεφανίδου).



Εικόνα 3. Θέρμανση του αέρα του μπουκαλιού με σεσουάρ. (Φωτογραφία Π. Στεφανίδου).

Πώς μπορούμε τώρα να βγάλουμε έξω το αβγό; Οι μαθητές αναμένεται να προτείνουν διαδικασίες που, αντίθετα με πριν, θα αυξήσουν την πίεση μέσα στο μπουκάλι. Αυτό μπορεί να συμβεί με διάφορους τρόπους. Ο πιο απλός είναι ο εξής: γέρνοντας το μπουκάλι με το στόμιο προς τα κάτω, κλείνεται το στόμιό του με το αβγό και στη συνέχεια αυξάνουμε τη θερμοκρασία του εγκλωβισμένου αέρα είτε χρησιμοποιώντας το σεσουάρ μαλλιών στη σκάλα θερμού αέρα είτε βρέχοντας με βραστό νερό το εξωτερικό του μπουκαλιού.

B. Ερμηνευτικές Δραστηριότητες

B1. Το αυγό μου πρασίνισε

Επιδεικνύουμε στους μαθητές ένα μελάτο αβγό και ένα κομμένο στη μέση βρασμένο αυγό (Εικόνα 4) και τους ζητάμε να εστιάσουν την προσοχή τους και στα δύο αβγά στη διαχωριστική επιφάνεια ασπραδιού-κρόκου. Θέτουμε την ερώτηση: “Πολλές φορές καθαρίζοντας ένα «σφιχτό» βρασμένο αυγό παρατηρούμε ότι εμφανίζεται ένα πρασίνισμα ακριβώς στην επιφάνεια επαφής ασπραδιού και κρόκου. Τι είναι αυτή η πράσινη ουσία και πώς σχηματίζεται;”



Εικόνα 5. Ένα μελάτο και ένα σφιχτά βρασμένο αυγό. (Φωτογραφίες Π. Στεφανίδου).

Οι μαθητές θα μπορούσαν να αναζητήσουν πληροφορίες στο διαδίκτυο για να απαντήσουν αυτή την ερώτηση. Αν ωστόσο θέλαμε να τους εμπλέξουμε σε μία πιο αυθεντική εργασία διερεύνησης θα μπορούσαμε να τους κατευθύνουμε να αναζητήσουν:

- α. χημικές ουσίες που έχουν αυτό το πράσινο χρώμα και πώς μπορούν να σχηματιστούν (με ποιες χημικές αντιδράσεις).
- β. χημικές ουσίες του ασπραδιού και του κρόκου οι οποίες με βάση την προηγούμενη αναζήτηση θα μπορούσαν να αντιδράσουν και να σχηματίσουν την πράσινη χημική ουσία.

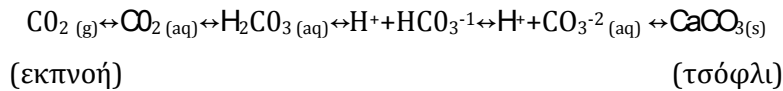
Τονίζουμε ιδιαίτερα ότι υποδεικνύει η παρατήρηση: το πρασίνισμα εμφανίζεται ακριβώς στη διαχωριστική επιφάνεια ασπραδιού και κρόκου. Τι σημαίνει αυτό; Επίσης, το αυγό χρειάστηκε να βράσει αρκετά ώστε να γίνει «σφιχτό». Γιατί το πρασίνισμα δεν εμφανίζεται όταν το αυγό είναι λιγότερο βρασμένο; Τι σημαίνει αυτό;

Ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο καθοδηγούμε τους μαθητές να ανακαλύψουν τη σωστή απάντηση. Το πρασίνισμα γύρω από τον κρόκο του σφιχτού αυγού οφείλεται στο σχηματισμό θειικού σιδήρου κατά τη χημική αντίδραση ανάμεσα στο σίδηρο που περιέχεται στον κρόκο και στα θειούχα άλατα που περιέχονται στο ασπράδι: γι' αυτό το πρασίνισμα εμφανίζεται ακριβώς στην επιφάνεια της επαφής τους. Ο σίδηρος στον κρόκο είναι συνδεδεμένος με μια πρωτεΐνη, τη φωσβιτίνη. Κατά τον παρατεταμένο βρασμό, η θερμοκρασία του αυγού αυξάνεται τόσο ώστε οι πρωτεΐνες να επιμηκύνονται αρκετά με αποτέλεσμα, και ο σίδηρος στον κρόκο, όπως και τα θειούχα άλατα στο ασπράδι να "ξεκολλούν" από αυτές (Sulfur, 2014).

B2. Τα λεπτόφλουδα αυγά του καλοκαιριού

Έχει παρατηρηθεί ότι τις ζεστές ημέρες τα αυγά που παράγουν οι κόττες είναι πιο λεπτά σε σχέση με αυτά που παράγουν πιο κρύες ημέρες. Γιατί άραγε συμβαίνει αυτό;

Για να προσανατολίσουμε τους μαθητές τους δίνουμε τη χημική εξίσωση που περιγράφει το σχηματισμό του τσοφλιού του αβγού που αποτελείται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο, μέσω της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα κατά την αναπνοή της κότας:



Γιατί το τσόφλι θα γινόταν πιο λεπτό; Ενδεχομένως επειδή δεν θα υπάρχει διαθέσιμο αρκετό CaCO_3 . Αν δούμε την παραπάνω αντίδραση ως μια αμφίδρομη αντίδραση, τι σημαίνει αυτό για το ρυθμό εισπνοή-εκπνοής του CO_2 ; Γιατί αυτό συμβαίνει όταν κάνει ζέστη; Πώς συμπεριφέρονται οι κόττες όταν ζεσταίνονται;

Οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες και ενημερώνονται ότι όταν κάνει ζέστη, αντίθετα με τους ανθρώπους που ιδρώνουν, οι κόττες λαχανιάζουν. Η φαινομενικά ασήμαντη αυτή λεπτομέρεια, έχει μεγάλες οικονομικές συνέπειες, διότι οι κόττες γεννούν αβγά με λεπτό και συνεπώς εύθραυστο τσόφλι. Το φαινόμενο αυτό είναι αποτέλεσμα της αρχής Le Chatelier και της ισορροπίας με τα ανθρακικά, με βάση την παραπάνω χημική εξίσωση. Συγκεκριμένα, κατά την εκπνοή εκλύεται CO_2 με αποτέλεσμα η ισορροπία να μετατοπίζεται αριστερά, εις βάρος δηλαδή του CaCO_3 (Sikora, χ.η.).

Είναι ενδιαφέρον να ζητήσουμε από τους μαθητές να προτείνουν πιθανές λύσεις στο πρόβλημα αυτό. Αφού πάρουμε τις απαντήσεις τους ενημερώνουμε ότι το πρόβλημα αυτό βρήκε τη λύση του, προσθέτοντας CO_2 στο νερό που πίνουν τα κοτόπουλα. Πώς εξηγείται αυτό με το μηχανισμό της αρχής Le Chatelier;

Εν κατακλείδι

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν κάποιες ιδέες οι οποίες θα μπορούσαν να βρουν θέση κατά τη διδασκαλία των ενοτήτων με τις οποίες σχετίζονται. Σε αυτές το αβγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως όχημα που θα συνδέσει τον κόσμο της καθημερινής ζωής των μαθητών με επιστημονικές έννοιες της Χημείας και των άλλων Φυσικών Επιστημών γενικότερα, καθιστώντας το διδακτικό αντικείμενο περισσότερο οικείο και ελκυστικό.

Ίσως με «εργαλεία» όπως αυτό να αποκαταστήσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και να τους πείσουμε ότι η επιστήμη είναι πέρα από γνώσεις και διαδικασίες (πειραματικές και νοητικές) οι οποίες μπορεί να εφαρμοστούν σε οτιδήποτε με το οποίο έρχονται σε επαφή καθημερινά.

Βιβλιογραφία

- Hofstein, A., Eilks, In., Bybee, R. (2011). Societal Issues and their Importance for Contemporary Science Education-A Pedagogical Justification and the State-of-the-Art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9: 1459-1483
- Newton, T.A. (1990). Measurement of eggs: A general chemistry experiment, *Journal of Chemical Education*, 67 (7) p.604.
- Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, Ch: 20, Springer
- Siatras, A., Koumaras, P., Seroglou, F., (2011). The Role of Science Curricula in the Exclusion of Children From Science: Presenting the Greek Case, *Western Anatolia Journal of Educational Science* (Wales), Dokuz Eylul University Institute, Izmir, Turkey ISSN 1308-8971
- Sikora (χη). Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://scc.scdsb.edu.on.ca/Students/onlinecourses/Sikora/sch4u/v12/77.pdf>. Ανακτήθηκε στις 26/5/2014.
- Sulfur (2014). Διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/sulphur.htm>. Ανακτήθηκε στις 30/5/2014.
- Yore, L.D., Anderson, J.O., Chiu, M.H. (2010), Moving PISA Results into the Policy Arena: Perspectives on knowledge Transfer for Future Considerations and Preparations. *International Journal of Science and Mathematics Education* 8(3), 593-609
- Κουμαράς, Π., (2003). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστουδουλίδη.
- Στεφανίδου, Π., (2014). *Οι Φυσικές Επιστήμες μέσα από τα μάτια του αβγού*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: http://1ekfe-anatol.att.sch.gr/teachersworks/penystefanidou/egg_science.pptx.
- Τσαπαρλής, Γ., Καμπουράκης, Κ. (2012). *PARCEL Επιστημονικός εγγραμματισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή μαθημάτων Φυσικών Επιστημών*, <http://1lyk-filipp.pre.sch.gr/data/pdf/Parsel.pdf>



Η Πέννυ Στεφανίδου είναι Χημικός από το τμ. Χημείας του ΕΚΠΑ, με μεταπτυχιακό στην Ανόργανη Χημεία από το ΕΚΠΑ (ως υπότροφος του ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ), με μεταπτυχιακό στο ΔΙΧΗΝΕΤ από το ΕΚΠΑ, και υποψήφια διδάκτορας στο τμ. Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ με ερευνητικό ενδιαφέρον τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών. Υπηρετεί στη Δημόσια Δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ανατολική Αττική.