

---

# Διερεύνηση εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης και υλικών χαμηλού κόστους σε σενάρια εκπαιδευτικής ρομποτικής στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Ανουςάκη Γεωργία<sup>1</sup>, Αναγνωστάκης Σίμος<sup>2</sup>

1 Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός, ΕΜΠ

[g.anousaki@oaed.gr](mailto:g.anousaki@oaed.gr)

2 ΕΔιΠ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

[sanagn@edc.uoc.gr](mailto:sanagn@edc.uoc.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις σελίδες που ακολουθούν, θα παρουσιαστεί συνοπτικά ο ρόλος και η αναγκαιότητα της διδακτικής των STEM κατά την πρόσφατη ιστορία, όπως αυτή υπαγορεύτηκε από τις κοινωνικο-οικονομικές εξελίξεις. Στη συνέχεια, θα γίνει ανάλυση σε μία τεχνολογία που έγινε πρόσφατα ευρέως προσιτή, τη τρισδιάστατη εκτύπωση. Θα απαντηθούν ερωτήματα, όπως πώς μπορεί να συμβάλει στην εκπαιδευτική διαδικασία και τι μπορεί να προσφέρει σε μαθητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Θα παρουσιαστεί το γενικότερο παιδαγωγικό πλαίσιο στο οποίο λειτουργεί η διδασκαλία STEM και ειδικότερα η ρομποτική. Στα πλαίσια της νέας προσέγγισης που προτείνεται, θα περιγραφεί συγκεκριμένο παράδειγμα συνδυασμού τρισδιάστατης σχεδίασης και κατόπιν εκτύπωσης με την εκπαιδευτική ρομποτική που κάνει χρήση υλικών χαμηλού κόστους. Κλείνοντας θα δοθούν οδηγίες για ένα ρομποτικό kit DIY και ενδεικτικό σχέδιο μαθήματος που αφορά ενότητα γνώσεων στο συγκεκριμένο τομέα ενδιαφέροντος.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** εκπαιδευτική ρομποτική, τρισδιάστατη εκτύπωση, σενάρια μαθημάτων

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

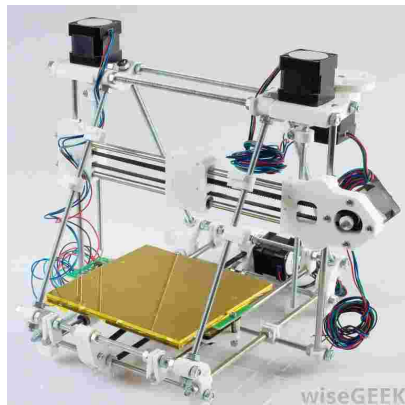
Σύμφωνα με την UNESCO, ο Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός (ETA), με την ευρύτερη έννοια του όρου, σημαίνει πολύ περισσότερο από απλώς τη δυνατότητα ανάγνωσης, κατανόησης και γραφής για την επιστήμη και την τεχνολογία, αν και είναι σημαντικές αυτές. Το ETA περιλαμβάνει επίσης την ικανότητα εφαρμογής επιστημονικών και τεχνολογικών εννοιών και διαδικαστικών δεξιοτήτων στη ζωή, στην εργασία και στον πολιτισμό της ίδιας της κοινωνίας. Συνεπώς, συμπεριλαμβάνει συμπεριφορές και αξίες που επιτρέπουν σε κάποιον να διακρίνει μεταξύ χρήσιμων ή ακατάλληλων χρήσεων της επιστήμης ή της τεχνολογίας (UNESCO, 2000).

Από τον ανωτέρω ορισμό προκύπτει ότι ένα άτομο γίνεται επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματο, χάρη σε κάποια εμπλοκή με εφαρμογές της επιστήμης ή της τεχνολογίας που το ενδιαφέρουν ή συνδέονται στενά με την καθημερινότητά του ή τις οποίες θεωρεί σημαντικές ή σπουδαίες πέραν οιοδήποτε εξετάσεων. Οι συμπεριφορές και η εμπιστοσύνη συνήθως αναπτύσσονται αποτελεσματικότερα μέσα από σημαντικές προσωπικές εμπειρίες ή από επιδιωκόμενες εμπειρίες.

Στις σύγχρονες εξαρτώμενες από την Τεχνολογία, κοινωνίες, ο Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός (ETA) είναι κρίσιμος και απαραίτητος για την ευημερία και την περαιτέρω ανάπτυξη της κοινωνίας αλλά, επίσης, είναι και προϋπόθεση για την ύπαρξη της δημοκρατικής κοινωνίας. Η εξοικείωση με την τεχνολογία ανήκει πλέον στο σύνολο των απαραίτητων δεξιοτήτων του ατόμου που ζει στον 21ο αιώνα. Λόγω των ραγδαίων εξελίξεων, αυτός ο αλφαριθμητισμός, ιδιαίτερα στις Τεχνολογίες της Πληροφορικής, λείπει από την κοινωνία. Κατά συνέπεια, ο κοινωνικός περίγυρος δεν μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στον ETA που μπορεί πια να επιτευχθεί μόνο μέσω συστηματικής εκπαίδευσης (τυπικής και μη τυπικής). Στα πλαίσια αυτά, η υποχρεωτική εκπαίδευση, αποκτά ιδιαίτερη σημασία (Μιχαηλίδης & Αναγνωστάκης, 2007). Το εκπαιδευτικό σύστημα τίθεται προ τετελεσμένων γεγονότων και είναι αναγκασμένο να ανταποκριθεί ανάλογα στις σημαντικές αυτές

τεχνολογικές αλλαγές, ώστε να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες απαιτήσεις μόρφωσης και κατάρτισης και στις ραγδαίες εξελίξεις της αγοράς εργασίας.

Υπό αυτό το πρίσμα, η συζήτηση για την χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε συνδυασμό με την εκπαιδευτική ρομποτική, λαμβάνει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις από το απλοϊκό ερώτημα, αν όλα αυτά απευθύνονται μόνο σε μαθητές με κλίση “στα τεχνολογικά”. Η απάντηση σε αυτή τη σκέψη πρέπει ασφαλώς να είναι αρνητική. Οι εκπαιδευτικές αυτές προσεγγίσεις αφορούν όλους που καλούνται να λειτουργήσουν στην παρούσα κοινωνία. Η απουσία της τεχνολογίας από την εκπαιδευτική διαδικασία, στερεί από τους μαθητές τη μοναδική ευκαιρία για μία υγιή ενσωμάτωση της τεχνολογίας και της επιστήμης στην καθημερινότητά τους και δαιμονοποιεί έναν μεγάλο τομέα της ανθρώπινης εξέλιξης. Πρακτικά, οι μελλοντικοί επαγγελματίες που δεν έχουν κατακτήσει την επιστήμη και την τεχνολογία κινδυνεύουν περισσότερο από ανεργία ή χαμηλά αμειβόμενη εργασία.



## ΠΡΟΟΔΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΑΝΟΙΚΤΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση με τη μορφή FDM (Fused Deposition Modeling) είναι μια τμηματική κατασκευαστική διαδικασία όπου αποτίθενται στρώματα υλικού. Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής παίρνει ένα λεπτό πλαστικό “σύρμα” ως αναλώσιμο, (το αντίστοιχο “μελάνι” ενός εκτυπωτή με τη μορφή που γνωρίζουμε) το οποίο και εισάγεται μέσα στο μηχάνημα και μεταφέρεται στο στόμιο της κεφαλής που έχει θερμοκρασία 210°C. Αυτό το στόμιο και η βάση εκτύπωσης κινούνται από κοινού κατά μήκος, πλάτος και ύψος. Με τον τρόπο αυτό το μηχάνημα δημιουργεί αλληπάλληλα στρώματα υλικού. Η ένωση αυτών των στρωμάτων δημιουργεί το τρισδιάστατο αντικείμενο. Η παρουσία του εξοπλισμού αυτού σε πολλά σπίτια και χώρους εκπαίδευσης, έφερε μία επανάσταση όπου ο παθητικός καταναλωτής μετατρέπεται σε ενεργό δημιουργό και εμπνευστή κατασκευών.

Η τεχνολογία για την 3D εκτύπωση ήταν γνωστή από τη δεκαετία του 1980, αλλά μόλις πρόσφατα έληξαν οι σχετικές πατέντες, γεγονός που άνοιξε το δρόμο για την εμφάνιση πολύ οικονομικών μηχανισμών με μεγάλες δυνατότητες, όπως στο Σχήμα 1. Η αγορά προσφέρει εκτυπωτές πολλών χιλιάδων έως και λίγων εκατοντάδων Ευρώ. Η διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα μηχανήματα σχετίζεται με την ακρίβεια των μηχανισμών που κινούν την κεφαλή απόθεσης υλικού, καθώς και με το μέγεθος του εκτυπωμένου αντικειμένου. Επί της ουσίας, προσφέρονται πλέον αξιόπιστοι εκτυπωτές σε προσιτό κόστος, που μπορούν να υποστηρίξουν την εκπαιδευτική διαδικασία στα πλαίσια ενός δημόσιου σχολείου.

Η πράξη έχει αναδείξει συγκεκριμένα οφέλη της 3D εκτύπωσης στην εκπαίδευση, όπως (Quental D., 2012):

- Μεγαλύτερο κίνητρο, απόρροια του παράγοντα του ενθουσιασμού και το οποίο αυξάνει την δημιουργικότητα των μαθητών, την κριτική τους σκέψη και την ενασχόλησή τους μέσα στην τάξη.
- Εύκολα επαναλαμβανόμενο σχέδιο και μάθηση, εφόσον οι μαθητές ασχολούνται πιο εύκολα με δραστηριότητες πιο απτές, όπως η εννοιολογία, η οπτικοποίηση και η 3D εκτύπωση εξαρτημάτων. Οπότε έχουμε εκτύπωση, δοκιμασία και αξιολόγηση αυτών μέσω κάθε σταδίου

υλοποίησης, από το σχεδιασμό μέχρι το τελικό προϊόν και αν αυτό δεν φέρει αποτέλεσμα, τότε η προσπάθεια ξαναγίνεται. Συνεπώς, η αξιολόγηση του τελικού προϊόντος/αποτελέσματος, συνδέεται άμεσα με την ανατροφοδότηση της διαδικασίας, στοχεύοντας στη βελτίωση του αποτελέσματος και όχι του ελέγχου/βαθμολόγησης.

- Αποδοχή της πιθανότητας λάθους η οποία συμβάλλει καταλυτικά στην αυτοπεποίθηση του μαθητή και στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.
- Ομαδοποιώντας τα δύο προηγούμενα σημεία, μπορούμε να πούμε πως η καινοτομία διευκολύνεται καθώς το κόστος επανασχεδιασμού και επανεκτύπωσης είναι πολύ χαμηλό. Η όλη διαδικασία και η συλλογική δουλειά είναι αυτή που θεωρείται σημαντική, όχι το αποτέλεσμα. Τα λάθη είναι πλέον κομμάτι της δημιουργικής διαδικασίας: εκμάθηση και αποτυχία μαζί και προσπάθεια ξανά έως ότου το επιθυμητό προϊόν δημιουργηθεί.
- Οπτικά και απτά βοηθήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καλύτερη απεικόνιση εννοιών ώστε να γίνουν ευκολότερα κατανοητές.

Όπως είναι κατανοητό, η 3D εκτύπωση είναι συνυφασμένη με το πρόγραμμα μαθημάτων των θετικών και τεχνολογικών επιστημών (Φυσική, τεχνολογία, Μηχανολογία και Μαθηματικά), αλλά και όλα τα άλλα σχολικά μαθήματα μπορούν να επωφεληθούν της τεχνολογίας της 3D εκτύπωσης, καθώς φαίνεται στον Πίνακα 1 (Quental D., 2012).

<b>Φυσικές επιστήμες</b>
Εκτύπωση μοντέλων κυττάρων ή οργάνων ή δημιουργία οποιουδήποτε εξατομικευμένου μοντέλου ή εξοπλισμού για τη Χημεία ή τη Βιολογία. Αντί να γίνεται ο διαμελισμός ενός βατράχου μέσα στην τάξη, για παράδειγμα, οι μαθητές μπορούν πλέον να εκτυπώσουν τρισδιάστατα και να συναρμολογήσουν έναν ολόκληρο βάτραχο.
<b>Μαθηματικά</b>
Η σύνθετη γεωμετρία, ή οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις μπορούν να απεικονιστούν με 3D εκτυπωμένα μοντέλα ώστε να βοηθήσουν τους μαθητές να απεικονίσουν μαθηματικά προβλήματα αρκετά πιο ρεαλιστικά μέσω απτών παρουσιάσεων.
<b>Μηχανολογία</b>
Οι μαθητές δύνανται να πάρουν την χαρά της σχεδίασης αντικειμένων μέσω εμπειρίας, από πρώτο χέρι και ολόκληρου του σχεδιασμού του αντικειμένου. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμεύσει στην δοκιμή και την παραγωγή λειτουργικών πρωτοτύπων, επιδεικνύοντας καλά σχεδιασμένες λύσεις.
<b>Καλλιτεχνικά</b>
Η 3D εκτύπωση παρέχει έναν νέο και αυθεντικό τρόπο δημιουργίας της τέχνης. Οι διάφορες υφές, οι σύνθετες γεωμετρίες ή τα καλούπια που η 3D εκτύπωση μπορεί να παράγει δίνουν τη δυνατότητα για δημιουργία γλυπτών που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν απίθανο να παραχθούν μέσω της παραδοσιακής διαδικασίας κατασκευής.
<b>Σχέδιο</b>
Η ικανότητα επαναλαμβανόμενης δοκιμασίας σχεδίων καθ' όλη τη διαδικασία σχεδιασμού έχει σαν αποτέλεσμα ένα τελικό προϊόν όπου οι μαθητές μπορούν να εκτυπώσουν πιο βελτιωμένα, φθηνότερα και πιο λειτουργικά οπότε τους καθιστά επίσης ικανούς να κατανοήσουν το σχήμα και τη λειτουργία.
<b>Γεωγραφία/Γεωλογία</b>
Ζούμε σε έναν τρισδιάστατο κόσμο άρα το να έχουμε την ευκαιρία να δούμε και να αγγίξουμε μια αναπαράσταση μέσω 3D printing της γεωγραφίας και γεωλογίας που διδασκόμαστε δίνει μια καινούργια διάσταση στην διδακτική εμπειρία. Η 3D εκτύπωση είναι ένας τρόπος, εξαιρετικός για τους μαθητές, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα ποικίλους γεωλογικούς σχηματισμούς σε τέτοιο βαθμό που μέσω διδιάστατων εικόνων είναι συγκριτικά δύσκολο.

## Ιστορία

Στα μαθήματα ιστορίας οι μαθητές μπορούν να εκτυπώσουν αντίγραφα εκθεμάτων που συναντώνται σε μουσεία, τα οποία μπορεί να αγγίξει κανείς, ενώ είναι πανομοιότυπα με τα αντίστοιχα πραγματικά εκθέματα.

*Πίνακας 1. Παραδείγματα εφαρμογής 3D εκτύπωσης σε γνωστικές περιοχές*

## ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι απλά η διαδικασία που θα "ζωντανέψει" ότι έχει σχεδιαστεί στον υπολογιστή με τη βοήθεια ενός λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης. Υπάρχουν διάφορα λογισμικά σχεδίασης 3D που αντιστοιχούν σε διάφορα επίπεδα επιδεξιότητας και περιπλοκότητας απαιτήσεων. Στην προκειμένη περίπτωση που αφορά μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μία εξαιρετική επιλογή είναι το Tinker CAD (TinkerCad, 2018). Το Tinker CAD είναι για παιδιά, καθώς και για χομπίστες ή ακόμα και σχεδιαστές. Εξ ολοκλήρου διαδικτυακά, αυτό το εργαλείο σχεδιάστηκε από την Autodesk. Το περιβάλλον είναι πολύχρωμο και ελκυστικό. Λειτουργεί με μπλοκ πολλαπλών σχημάτων που μπορείτε να προσθέσετε ή να αφαιρέσετε το ένα στο άλλο. Ένα ειδικό εργαλείο σας επιτρέπει επίσης να διαμορφώσετε τρύπες. Μπορείτε επίσης να φορτώσετε αρχεία τύπου STL και SVG για να δημιουργήσετε συνθέσεις. Το TinkerCAD επιτρέπει στους αρχαρίους να μεταφέρουν τα βασικά σχήματα σε ένα χώρο εργασίας και να τα διαμορφώνουν. Έτσι ένα παιδί μπορεί να τοποθετήσει ένα κύβο στο χώρο εργασίας και στη συνέχεια να αρπάξει τις άκρες και τις γωνίες για να το μετατρέψει σε ένα μακρόστενο σχήμα ή κάποιο άλλο ορθογώνιο. Καθώς ο χρήστης ανασχηματίζει ένα αντικείμενο, οι διαστάσεις εμφανίζονται στις άκρες του σχήματος για να δείξουν ποιο μέγεθος είναι σε mm, κλπ. Παράλληλα, υπάρχει συλλογή ποικίλων κατασκευών, όπου μπορεί ο κάθε χρήστης έχει ελεύθερη πρόσβαση. Ο μαθητής μπορεί να "κατεβάσει" ότι τον ενδιαφέρει και να το διαμορφώσει στις ανάγκες της περίπτωσης που αντιμετωπίζει.

Η Sarah O'Rourke, που ασχολείται με την ανάπτυξη και εφαρμογή του TinkerCAD στα σχολεία, αναφέρει: *"τα παιδιά είναι φυσικά περίεργα. Την πρώτη φορά που ακούνε την πλάκα κατασκευής του τρισδιάστατου εκτυπωτή να τελειώνει και να κατεβαίνει είναι τόσο συναρπαστικό για αυτά! Είναι ένα ομαδικό "WOW". Ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται τα αντικείμενα, αλλάζει τον κόσμο, η τρισδιάστατη εκτύπωση δίνει στα σχολεία την ευκαιρία να φανταστούν οι μαθητές κάτι, να το σχεδιάσουν και μέσα σε λίγα λεπτά να το κρατήσουν στο χέρι τους. Αυτές οι εξελίξεις δίνουν στα παιδιά την αίσθηση πως μπορούν να κάνουν οτιδήποτε. Αυτό είναι πολύ ισχυρό. Ποιος ξέρει τι θα δημιουργήσουν."*

Είναι πραγματικά εύκολο να ξεκινήσετε με μαθηματικά ή γεωμετρία. Ειδικά με το Tinkercad, όπου βασίζεται στη μοντελοποίηση με στερεά σχήματα. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν εύκολα να συνδέσουν οπτικά τις έννοιες του όγκου, του πλάτους και του ύψους. Αυτό βοηθά τους μαθητές με διάφορους τύπους μάθησης να συνδεθούν με έναν νέο τρόπο.

Στο γενικότερο πλαίσιο βλέπουμε τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού και των ανοικτών τεχνολογιών να διαδίδεται με ταχείς ρυθμούς. Το Ελεύθερο Λογισμικό / Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) είναι το λογισμικό που ο καθένας μπορεί ελεύθερα να χρησιμοποιεί, να αντιγράψει, να διανέμει και να τροποποιεί ανάλογα με τις ανάγκες του.

Τα σχολεία οφείλουν να είναι ο φυσικός χώρος του ΕΛ/ΛΑΚ, καθώς εκεί διδάσκουμε στις επόμενες γενιές τις αξίες των κοινωνιών μας, αλλά επίσης και τη γνώση που χρειάζονται για να βρουν μια θέση στις κοινωνίες αυτές. Η δέσμευση/εξάρτηση από προϊόντα συγκεκριμένων εμπορικών εταιριών θα πρέπει να αποφεύγονται για χάρη της καλλιέργειας αρχών συνειδητού χρήστη/καταναλωτή της τεχνολογίας. Η χρήση ΕΛ/ΛΑΚ προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως αυτά περιγράφονται αναλυτικά στη σχετική ιστοσελίδα (Free Software Foundation Europe, 2015).

Το σημαντικό εργαλείο του Ελεύθερου λογισμικού, έρχεται να συμπληρώσει η διάθεση οικονομικού ηλεκτρονικού υλικού. Είναι πλέον πραγματικότητα, οι οικονομικοί επεξεργαστές που διαχειρίζονται ελεύθερο λειτουργικό σύστημα, οι οικονομικοί αισθητήρες ποικίλων δυνατοτήτων και ασφαλώς οι οικονομικοί κινητήρες υψηλής ακρίβειας, όπως οι σερβοκινητήρες. Τέλος, σε όλα αυτά προστίθεται και η δυνατότητα οικονομικής τρισδιάστατης εκτύπωσης, που "δένει" τα επιμέρους

εξαρτήματα και δίνει ολοκληρωμένη μορφή σε οποιαδήποτε ρομποτική ή μη κατασκευή οραματιστήκαμε. Όλα μαζί δίνουν άπειρες δυνατότητες για δημιουργία και πειραματισμό, που διαμορφώνουν ανθρώπους καινοτόμους και συνεργατικούς, ικανούς να προάγουν την κοινωνία μας.

## ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ STEM ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Στη διδασκαλία με μεθοδολογία STEM υπάρχει μετασχηματισμός της δασκαλοκεντρικής μεθόδου μάθησης σε ανακαλυπτική - διερευνητική μάθηση. Ο μαθητής εμπλέκεται δημιουργικά και συνεργατικά με τους συμμαθητές του, προκειμένου να δώσουν από κοινού λύσεις σε προβλήματα που τίθενται από τον εκπαιδευτικό. Απαραίτητη προϋπόθεση στην εφαρμογή μεθοδολογίας STEM είναι η ύπαρξη μεθόδου επίλυσης προβλήματος (problem solving).

Η διαθεματική προσέγγιση των STEM βασίζεται στις αρχές του εποικοδομισμού όπου η ενεργή συνδρομή των μαθητευόμενων οδηγεί στην οικοδόμηση της επικείμενης γνώσης με τον διδάσκοντα σε ρόλο μεσολαβητή (Sanders M., 2009). Τα πλεονεκτήματα της εκπαίδευσης STEM/ STEAM φαίνεται να είναι πολλαπλά. Οι έρευνες δείχνουν ότι βελτιώνονται οι δεξιότητες σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και συγκράτησης της γνώσης, οι επιδόσεις στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες (Roehrig H. G. & Stohlmann M. Moore J. T, 2012). Επιπλέον, οι μαθητές μεταφέρουν με ευκολία προηγούμενες γνώσεις που απέκτησαν, αντιμετωπίζοντας δημιουργικά νέα προβλήματα, ενώ η επιτυχής ενσωμάτωσή τους διεγείρει τη δημιουργικότητα, την περιέργεια και την ομαδική εργασία (Roberts A., 2012). Ένα από τα ενδεδειγμένα εργαλεία εκμάθησης STEM, αποτελεί η ρομποτική, λόγω της διαθεματικής και πειραματικής φύσης της. Από παιδαγωγική άποψη, τα πρακτικά πειράματα της ρομποτικής ακολουθούν το παράδειγμα μάθησης του κονστрукτιβισμού. Αυτές οι ιδέες βασίζονται στο παιδαγωγικό μοντέλο του Piaget, αλλά λαμβάνουν επίσης υπόψη τις ιδέες του Vygotskij σχετικά με την Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης και την άποψη του Bauer για τη σημασία της εμπειρίας που βιώνουν από κοινού οι εκπαιδευτικοί με τους μαθητές. Οι Piaget και Vygotskij πιστεύουν στην ανάγκη ενός ενεργητικού ρόλου του μαθητή στην ανάπτυξη της γνώσης του, με τον Vygotskij να δίνει ιδιαίτερη έμφαση στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν ανάμεσα σε μαθητή, συμμαθητές και καθηγητή. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις, πιστεύει, πως οδηγούν την ανάπτυξη των ανώτερων νοητικών λειτουργιών και τη διαμόρφωση της προσωπικότητας γενικότερα. Μία από τις σημαντικότερες παιδαγωγικές συνέπειες αυτής της θεώρησης είναι η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, όπου ο εκπαιδευτικός είναι μεσολαβητής γνώσης, ρυθμίζει την επικοινωνία μέσα στην τάξη και διαμορφώνει τη μαθησιακή διαδικασία ανάλογα με τις δυναμικές που αναπτύσσονται στο σύνολο.

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης αποτελεί την τέλεια πλατφόρμα εφαρμογής των θεωριών των Piaget, Vigotsky και Papert. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας στην τάξη, επιδεικνύει στην πράξη την ομαδοσυνεργατική μάθηση και τον εποικοδομισμό, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο στην υπηρεσία της διαθεματικότητας, μία προσέγγιση στη μάθηση που ο Dewey υποστήριξε από το 1966 (Dewey J., 1916). Κατά την άποψή του, η αποκομμένη προσέγγιση του ενός αντικειμένου από το άλλο, υποβαθμίζει τις σχέσεις μεταξύ τους και εμποδίζει τους μαθητές να αντιληφθούν την ενότητα των αναζητήσεών τους. Δήλωνε ότι *"η εισαγωγή [των αντικειμένων] στο παιδί, ξεχωριστά από την αρχή, οδηγεί σε αποδιοργάνωση και αποσύνθεση, αντί συντονισμού και συνδυαστικότητας"*. Ο Dewey συνεχίζει, υποστηρίζοντας ότι έξω από τον τεχνητό ρυθμό στα σχολεία, οι εμπειρίες μας είναι ολιστικές και μόνο μετά από σκέψη μπορούμε να εντοπίσουμε τα διαφορετικά θέματα μέσα σε αυτές. Μόλις ενσωματωθούν, τα προβλήματα μέσα στα θέματα προσομοιάζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια πραγματικές καταστάσεις. Κατά την άποψή του, οι δραστηριότητες στο σχολείο πρέπει να μοντελοποιούν τις εμπειρίες εκτός σχολείου που θεωρούμε ενδιαφέρουσες και ικανοποιητικές, και αυτές οι δραστηριότητες συχνά έχουν κοινωνικό ή πολιτικό στοιχείο για εμάς. Αντί να επικεντρωνόμαστε στην προετοιμασία για μελλοντικές σταδιοδρομίες, υποστήριξε ότι, εστιάζοντας στην παρούσα αξία των εμπειριών θα προετοιμάσει τους μαθητές για συνεχή εξέλιξη, κάτι που χρειάζεται σε οποιαδήποτε καριέρα.

Ορισμένες τρέχουσες εφαρμογές αυτής της προσέγγισης έρχονται με τη μορφή εκμάθησης βασισμένης σε περιστατικά ή σε προβλήματα (Allen D.E et al., 2001; Duffy T.M & Savery J.R., 1995). Σε αυτή την προσέγγιση, αντί να προκληθούν οι μαθητές με ευθέα, απλοποιημένα προβλήματα, οι μαθητές λαμβάνουν σύνθετα προβλήματα που είναι «προσομοιώσεις εμπειριών

πραγματικής ζωής» (Lesh R. & Harel G., 2003). Σε ένα περιβάλλον STEM, αυτές οι ρεαλιστικές εμπειρίες μπορεί να είναι το εφελτήριο σημείο προς την επιστήμη, την τεχνολογία ή τις έννοιες μηχανικής. Αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι τα προβλήματα ή οι δραστηριότητες είναι ρεαλιστικά ή αυθεντικά και ότι, όπως ισχυρίστηκε και ο Dewey, οι μαθητές βλέπουν το σκοπό της συμμετοχής τους, όχι λόγω της μελλοντικής πιθανής χρησιμότητας τους, αλλά λόγω της εγγενούς αξίας τους. Οι Lesh και Dewey συμφώνησαν ότι τα προβλήματα των μαθητών στο σχολείο πρέπει να βασίζονται στον πραγματικό κόσμο, αλλά και οι τρεις (Lesh, Dewey, Harel) πίστευαν πως οι μαθητές πρέπει να εργάζονται από κοινού. Κάθε θεωρητικός, ωστόσο, προσέγγισε το θέμα από μια ελαφρώς διαφορετική προοπτική. Για τον Dewey (Dewey J., 1916) η εκπαίδευση ήταν και κοινωνικής φύσης και εξυπηρετούσε μια λειτουργία μέσα σε μια δημοκρατία, συνεπώς οι μαθητές έπρεπε να ενεργούν και να αντιμετωπίζονται ως μέλη μιας κοινότητας με όλες τις ελευθερίες των μελών μιας δημοκρατικής κοινωνίας. Οι επιδιώξεις που ο Dewey οραματιζόταν για τους μαθητές του ήταν επιδιώξεις κοινότητας, απαιτώντας από τους μαθητές να συνεργαστούν ως κοινότητα μαθητευομένων. Σύμφωνα με τον Lesh, ρεαλιστικά, διεπιστημονικά προβλήματα εκτός σχολείου αντιμετωπίζονται συνήθως από ομάδες, συχνά αποτελούμενες από μέλη με διαφορετικές δεξιότητες και γνώσεις (Lester F. et al., 2008; Lesh, R. et al., 2000). Εξαιτίας αυτού, είναι λογικό οι μαθητές να προσεγγίσουν τα προβλήματά τους επίσης σε ομάδες. Η ομαδική εργασία έχει επίσης το πρόσθετο πλεονέκτημα της ενθάρρυνσης της επικοινωνίας και της μεταγνώσης.

Η συμβολή των εκπαιδευτικών στην επιτυχή ενσωμάτωση του STEM/STEAM είναι ιδιαίτερα σημαντική. Συμμετέχοντας κυρίως ως διαμεσολαβητές πρέπει να επικεντρωθούν στη διεπιστημονική και διερευνητική μάθηση ώστε να ενισχύσουν την αυτονομία των μαθητών. Καλλιεργώντας τη δημιουργική σκέψη, παρακινούν τους μαθητές να αναλάβουν 'κινδύνους' και τους οδηγούν να αντιμετωπίζουν τα προβλήματα ως ευκαιρίες για μάθηση (Sir Robinson K., 2006).

## **Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ**

Η ρομποτική μπορεί να θεωρηθεί εργαλείο μάθησης δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, που απαιτούνται στη μελλοντική αγορά εργασίας και στις κοινωνίες εν γένει. Αυτές οι δεξιότητες δίνουν έμφαση, μεταξύ άλλων, στη δημιουργία και την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλημάτων, την επικοινωνία, τη συνεργασία και την παιδεία ΤΠΕ ( Balanskat A. & Engelhardt K., 2015; Care P. & McGaw G., 2012). Προηγούμενη έρευνα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών καταδεικνύει ότι η διδασκαλία της ρομποτικής είναι ένας καλός τρόπος για την προώθηση της μάθησης που βασίζεται στη διάγνωση προβλήματος και στη διερεύνηση, για την ενίσχυση της συνεργασίας των μαθητών και της δημιουργικής σκέψης. Ο ερευνητής Αλιμίσης δήλωσε: "Η χρήση της ρομποτικής στην εκπαίδευση στοχεύει στη [...] διαμόρφωση περιβάλλοντος μάθησης που θα ενισχύει την ενεργή συμμετοχή των εκπαιδευόμενων σε πειραματισμούς, έρευνα και στην αυθεντική επίλυση προβλημάτων" (Alimisis D., 2012). Τα ρομπότ καθαυτά είναι απλά εργαλεία για την ενσωμάτωση αυτών των μεθόδων διδασκαλίας και εκμάθησης στην πράξη, αλλά καθώς συνδυάζουν τόσο τη μάθηση μέσω πράξης όσο και τις συνεργατικές δράσεις, ενισχύουν στην τελική ανάλυση, τη διδασκαλία δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Balanskat A. & Engelhardt K., 2015; Care P. & McGaw G., 2012; Castellani A. Et al., 2006).

Η διαθεματική φύση της ρομποτικής την καθιστά ένα φυσικό εργαλείο για τη διδασκαλία της επιστήμης και της μηχανικής σε πολλά επίπεδα. Η ρομποτική έχει αποδειχθεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για hands-on πειραματική μάθηση, όχι μόνο αυστηρά της ρομποτικής, αλλά γενικών θεμάτων στην επιστήμη, την τεχνολογία, την τεχνολογία, και τα μαθηματικά (STEM). Το πολύ χαμηλό πλέον κόστος των ηλεκτρονικών, έχει φέρει προϊόντα υψηλής τεχνολογίας σε όλα τα σπίτια και σχολεία.

Αδιαμφισβήτητος κυρίαρχος στο χώρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι η εταιρία LEGO με τα γνωστά σετ ρομποτικής Mindstorms. Η προσέγγιση που προσφέρει είναι όντως εξαιρετική και αποτέλεσμα σωστής εκτίμησης πολλών παραγόντων, όπως το νεαρό της ηλικίας, οι γνώσεις και ικανότητες μαθητών και δασκάλων. Τα προϊόντα της διατίθενται σε ολοκληρωμένα πακέτα που με λίγες οδηγίες μπορεί ο καθένας να φτάσει σε ένα αποτέλεσμα ικανό να τον δελεάσει για τα επόμενα βήματα. Επίσης, διατίθεται αναλυτικός οδηγός για τους εκπαιδευτικούς με σχέδια μαθημάτων και μεθοδολογίες βήμα-βήμα, για τη διευκόλυνσή τους. Εν ολίγοις, η LEGO έχει κατανοήσει το κοινό και έχει προσφέρει απλές και ολοκληρωμένες λύσεις. Βέβαια, αυτά όλα προσφέρονται σε ένα υψηλό

κόστος για το κάθε σχολείο και τη μέση οικογένεια. Συνεπώς, η πρόσβαση σε αυτή την τεχνολογία δεν είναι αυτονόητη και απλή για το ευρύ κοινό και ειδικά για τα δημόσια σχολεία, με τους περιορισμένους οικονομικούς πόρους. Πέρα του προφανούς, τίθεται και το θέμα της εμπορευματοποίησης της γνώσης που εμποδίζει την ίση πρόσβαση σε αυτή.

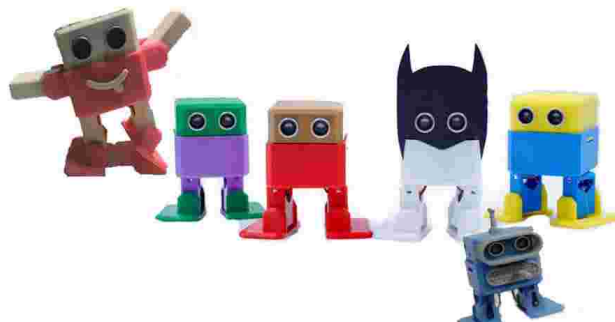
Ο Seymour Papert, μαθητής του Piaget, αξιοποιώντας τις θεωρίες του για τη γνώση και τη μάθηση προχώρησε ένα βήμα παραπάνω δημιουργώντας την θεωρία του κονστρουκτιονισμού (constructionism) (Papert S. M., 1999). Αυτό που προσθέτει ο κονστρουκτιονισμός είναι ότι η γνώση οικοδομείται καλύτερα όταν οι μαθητές κατασκευάζουν πράγματα που έχουν νόημα για τους ίδιους. Για το λόγο αυτό η θεωρία του Papert συχνά συνοψίζεται με τις φράσεις «μάθηση μέσω δημιουργίας» (learning by making) και «μάθηση μέσω σχεδιασμού» (learning by designing) (Jenkins C., 2012). Ο Papert, επίσης, είναι ο εμπνευστής της γλώσσας προγραμματισμού Logo, η οποία σχεδιάστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (M.I.T.), με στόχο την καλλιέργεια δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, την ενεργητική οικοδόμηση της γνώσης και τη μοντελοποίηση λύσεων. Ο ίδιος υποστήριξε ότι η δραστηριότητα προγραμματισμού των υπολογιστών θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μάθηση. Τα προγράμματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αντικείμενα για να τα κατασκευάσει ένας μαθητής, επειδή, σε αντίθεση με τα έγγραφα και τα άλλα παραδοσιακά αντικείμενα αυτής της κατηγορίας, είναι εκτελέσιμα (Koschmann T., 1997). Η μοντελοποίηση της ιδέας πραγματοποιείται με τα συγκεκριμένα δομικά υλικά, «τουβλάκια».

Στην Ελλάδα η Εκπαιδευτική Ρομποτική παρουσιάζεται συνήθως μέσα από προτάσεις της Lego (υλικά - τουβλάκια, κινητήρες, αισθητήρες - , μοντελοποίηση, προγραμματισμός). Μέχρι τώρα προτείνουμε (κατά κύριο λόγο) τη χρήση συνόλων Lego γιατί συνδυάζει την τεχνολογία με τα γνωστά τουβλάκια που αποτελούν το μέσο για να «χτίζουν» οι μαθητές τις ιδέες τους, σύμφωνα με τη θεωρία του κονστρουκτιονισμού.

## ΝΕΑ ΠΡΟΤΑΣΗ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΟΥ ΟΤΤΟ

Η πρόταση που θέτουμε υπό σκέψη και πειραματισμό, αφορά την ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη εκτύπωση στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα δομικά υλικά των κατασκευών μπορούν να αντικατασταθούν με εκτυπωμένα κατά παραγγελία των ιδεών των μαθητών εξαρτήματα που, σε συνδυασμό με προγράμματα τρισδιάστατης σχεδίασης ανοικτού κώδικα και ηλεκτρονικά υλικά χαμηλού κόστους, προσφέρει ένα νέο πεδίο εφαρμογής στην εκπαίδευση.

Μία ενδεικτική περίπτωση ενσωμάτωσης όλων των τεχνολογιών/ λογισμικών αποτελεί η περίπτωση του OTTO (Thingiverse, 2016), που έχει ήδη δημιουργήσει κοινότητες στο Διαδίκτυο (EDU combo kits for STEAM classes, 2018). Αφορά σε ένα διαδραστικό ρομπότ που μπορεί να κατασκευαστεί από τον καθένα μας (Εικόνα 2).



Ο Otto μπορεί :

- να κινείται μπροστά, πίσω και να στρίβει,
- να αναγνωρίζει εμπόδια μέσω αισθητήρα υπερήχων,
- να σχεδιαστεί το σασί σε παραλλαγές, καθώς είναι εντελώς ανοικτή η σχεδίαση του,
- να παράγει ήχους,
- να είναι εκτυπώσιμο από 3D εκτυπωτή,
- να κατασκευάζεται εύκολα σε 1-2 ώρες,

- να προγραμματίζεται εύκολα, μέσω του περιβάλλοντος Ardublock για τους αρχάριους,
- να ελεγχθεί μέσω bluetooth από διάφορες συσκευές και υπάρχει και ελεύθερη εφαρμογή σε μορφή κώδικα,
- να προστεθεί και αισθητήρας αφής ώστε να ανταποκρίνεται στην αφή με διάφορα συναισθήματα και αντιδράσεις,
- να επεκταθεί εύκολα γι' αυτό υπάρχουν και πολλές παραλλαγές,
- να κατασκευαστεί με χαμηλό κόστος, καθώς και τα ηλεκτρονικά που απαιτούνται είναι ευρέως διαθέσιμα στο εμπόριο.

Λίστα εξαρτημάτων και εργαλείων:

- Arduino Nano; με pins έτοιμα κολλημένα,
- Arduino Nano Shield I/O Extension Board Expansion XD-212
- Mini usb καλώδιο,
- Mini servo SG90 9g x4 (με τις αντίστοιχες βίδες στερέωσης),
- αισθητήρα υπερήχων,
- 5V Buzzer,
- θηλυκό σε θηλυκό breadboard βύσματα 10cmx6,
- 4 AA χώρος μπαταρίας,



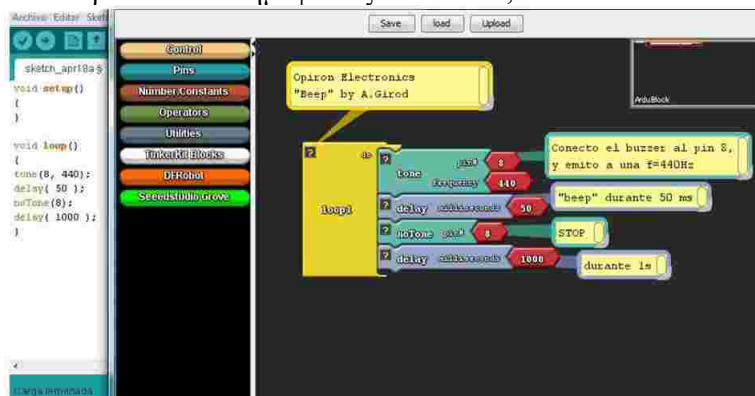
OTTO

- 1.5V AA μπαταρίες x 4,
- μίνι σταυροκατσάβιδο με μαγνητισμένη μύτη

Πλαστικά μέρη (Εικόνα 3):

- 3D εκτυπωμένη κεφαλή
- 3D εκτυπωμένο σώμα
- 3D εκτυπωμένο πόδι x2
- 3D εκτυπωμένες πατούσες

Για τον προγραμματισμό, θα χρειαστεί να "κατεβάσετε" το Arduino IDE και μπορείτε στην πιο απλή περίπτωση να χρησιμοποιήσετε το ελεύθερο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Ardublock (Εικόνα 4), στημένο στα πρότυπα του δημοφιλούς στα παιδιά, scratch.



Εικόνα 4: Περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Ardublock



## ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΓΙΑ Ε ΚΑΙ Στ ΤΑΞΕΙΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

**Διδακτικός Στόχος:** Οι μαθητές θα είναι σε θέση να σχεδιάσουν, να δημιουργήσουν και να εκτυπώσουν ένα κομμάτι αγαπημένου επιτραπέζιου παιχνιδιού. Το μάθημα γίνεται σε αίθουσα Η/Υ, όπου μπορούν να βρίσκονται μέχρι 2 μαθητές, ανά υπολογιστή. Θα πρέπει να διατίθεται ασπροπίνακας/διαδραστικός και βιντεοπροβολέας.

**Φάση 1:** Προσέλευση ενδιαφέροντος των μαθητών. Η προβολή βίντεο με την εκτύπωση ενός γνωστού αντικειμένου, σε γρήγορη ταχύτητα, σίγουρα θα κεντρίσει το ενδιαφέρον των παιδιών. Παράλληλα, γνωστοποιείται ο διδακτικός στόχος και το γνωστικό αντικείμενο του μαθήματος.

**Φάση 2:** Πρώτες ιδέες. Οι μαθητές, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, θα αρχίσουν να σχεδιάζουν τις πρώτες ιδέες τους πρόχειρα στον πίνακα.

**Φάση 3:** Καθοδηγούμενη εξάσκηση στο περιβάλλον TinkerCAD. Η Autodesk διαθέτει σειρά σεναρίων για εξάσκηση και εκμάθηση του περιβάλλοντος, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού.

**Φάση 4:** Αφού τελειώσουν με τα μαθήματα, οι μαθητές σχεδιάζουν/ δημιουργούν το πiónι επιτραπέζιου παιχνιδιού όχι μεγαλύτερο από 15 cm, της επιλογής τους. Αφού ολοκληρωθούν τα σχέδια, ο εκπαιδευτικός θα χρησιμοποιήσει τον 3D εκτυπωτή για να εκτυπώσει τα αντικείμενα.

**Φάση 5:** Οι μαθητές θα παρουσιάσουν το αντικείμενο που σχεδίασαν και θα υποστηρίξουν τις σχεδιαστικές τους επιλογές.

Στην ίδια κατεύθυνση, μπορούμε να βασιστούμε στα σχέδια CAD του Otto ρομπότ, που διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο (Thingiverse, 2016), τα οποία θα κληθούν οι μαθητές να τροποποιήσουν, βάζοντας τη δική τους πινελιά. Το αποτέλεσμα θα είναι να εξοικειωθούν με το σχεδιαστικό πακέτο και να εκφραστούν δημιουργικά, δίνοντας μία μορφή δικής τους έμπνευσης στο ρομπότ. Το ενδιαφέρον επιπλέον βρίσκεται και σε ένα άλλο επίπεδο, καθώς υπάρχουν περιορισμοί στο αντικείμενο που θα τροποποιήσουν, οι οποίοι απορρέουν από τη χρήση του. Τα πλαστικά μέρη του ρομπότ, σε αυτή την περίπτωση, θα λειτουργήσουν για τη στέγαση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και τη στήριξη του μηχανισμού. Αυτοί οι περιορισμοί μπορούν να αποτελέσουν θέμα συζήτησης ανάμεσα στις ομάδες και να ληφθούν υπόψη σε οποιαδήποτε τροποποίηση κάνουν, καθότι αν παρεκκλίνουν, το αποτέλεσμα τους θα είναι εκτός σκοπού. Ο σχεδιασμός αντικειμένου, έστω και σε επίπεδο τροποποίησης, εντός περιοριστικών πλαισίων λόγω λειτουργίας και σκοπού, είναι μία ολόκληρη φιλοσοφία που θα έρθουν σε επαφή και ο προβληματισμός που θα αναπτυχθεί, μπορεί να λειτουργήσει διαθεματικά, καλύπτοντας και άλλα γνωστικά αντικείμενα.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση είναι πλέον μία ρεαλιστική δυνατότητα κάθε σχολείου, αλλά και μία απαίτηση της εποχής. Όλες οι μελέτες δείχνουν πως πρόκειται για εργαλεία που έχουν εφαρμογή σε όλα τα αντικείμενα μάθησης, καλλιεργώντας τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, όπως η ομαδικότητα, η συνεργατικότητα, η εφευρετικότητα, η κριτική σκέψη. Ενθαρρύνουν την ενεργή συμμετοχή του μαθητή στη διαδικασία της μάθησης, ενισχύοντας το ενδιαφέρον και την εμπλοκή του, οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα στην ανάπτυξη γνώσης. Λόγω της ευκολίας επανασχεδιασμού και δοκιμών, καλλιεργείται η διερευνητική και πειραματική προσέγγιση της γνώσης, ενώ απενεχοποιείται το λάθος, που τώρα λειτουργεί ως μοχλός εξέλιξης και βελτίωσης. Όλες οι αποδεδειγμένες ως αποτελεσματικές θεωρίες διδακτικής και παιδαγωγικής, βρίσκουν εύφορο έδαφος εφαρμογής σε αυτά τα εργαλεία. Χάρη στον συνδυασμό του προγραμματισμού, της ηλεκτρονικής καθώς και της τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι μαθητές μπορούν να κάνουν πολλές εργασίες, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής, δομικής και διαφόρων εφευρέσεων που γίνονται στο σπίτι και βοηθούν στην βαθύτερη γνώση του πως λειτουργούν τα πράγματα. Τέλος, ενθαρρύνεται η εξοικείωση με την τεχνολογία, στοιχείο που δεν πρέπει να υποτιμάται ως προς τη χρησιμότητα και την αναγκαιότητά του στην πραγματικότητα του 21ου αιώνα, όπου οι απαιτήσεις της αγοράς εργασίας αλλά και η καθημερινότητα απαιτεί ψηφιακά εγγραμματισμένους πολίτες.

Οι λύσεις που προσφέρονται είναι πολλές και καλύπτουν μεγάλο φάσμα δυνατοτήτων και κόστους. Οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν οδηγήσει στη μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οδηγώντας σε προσιτές λύσεις που δεν έχουν τίποτε να ζηλέψουν από τις ακριβές.

Αν θέλουμε να είμαστε ρεαλιστές, δεν πρέπει να αγνοήσουμε το γεγονός πως, ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ο εκπαιδευτικός της εποχής μας, είναι συνήθως άτομο που δεν έχει ασχοληθεί με την τεχνολογία στον προσωπικό του χρόνο και επίσης, δεν έχει ιδιαίτερα εκπαιδευτεί σχετικά, στα πανεπιστημιακά του χρόνια. Αυτή η έλλειψη γνώσης και εξοικείωσης οδηγεί σε πιο ώριμες και τυποποιημένες λύσεις τύπου LEGO Mindstorms, αλλά όταν αυτό δεν είναι δυνατό λόγω οικονομικών περιορισμών, δεν είναι πλέον λόγος να μην χρησιμοποιηθεί το εργαλείο. Οι λύσεις εξοπλισμού DIY (Do It Yourself) με στοιχεία “off the shelf” και ανοικτό λογισμικό, είναι πιο απαιτητικές σε χρόνο εκπαιδευτικού και πρέπει να υπάρχει διάθεση να βγει από τα στεγανά του για την δική του πρώτα εξοικείωση με τον εξοπλισμό και το λογισμικό που εμπλέκεται. Η ανταμοιβή έρχεται από την ευελιξία που δίνεται όταν κινούμαστε εκτός τυποποίησης και οι απεριόριστες κυριολεκτικά δυνατότητες για δημιουργία και εξερεύνηση πεδίων. Κινούμενοι σε αυτό το χώρο νοιώθουμε, εκπαιδευτικοί και μαθητές, πραγματικά μέλη μίας κοινότητας ανάπτυξης και εξέλιξης γνώσης, καθώς οι διάφορες ομάδες υποστήριξης που έχουν σχηματιστεί διαδικτυακά (π.χ. η πλατφόρμα [www.instructables.com](http://www.instructables.com)), παρέχουν ελεύθερα πληροφορίες για τα έργα τους, τις προσπάθειες τους, τις επιτυχίες και αποτυχίες τους.

Σε αυτά τα πλαίσια, σκοπός μας είναι η δοκιμαστική υλοποίηση σεναρίων που εμπλέκουν τρισδιάστατη σχεδίαση και εκτύπωση, καθώς και ηλεκτρονικές πλατφόρμες τύπου Arduino, στις τελευταίες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου και στις πρώτες του Γυμνασίου, μέσα από τις επισκέψεις σχολείων στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης, αξιολογώντας έτσι τις προτάσεις, ως προς την εκπαιδευτική τους αξία, τις δυσκολίες εφαρμογής και τους τρόπους βελτίωσής τους.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Μιχαηλίδης, Π. Γ. & Αναγνωστάκης, Σ. (2007). *Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής: Ένα προπτυχιακό μάθημα στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Alimisis D. (2012). *Integrating robotics in science and technology teacher training curriculum*. Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculum. Riva del Garda, Italy, pp. 170–179.

Allen D.E, Duch B.J. ,Groh S.E.(2001). *Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education*. The power of problem-based learning. Sterling: VA:Stylus.

Balanskat A. & Engelhardt K. (2015). *Computing our future - Computer programming and coding.Priorities, school curricula and initiatives across Europe*. European Schoolnet.

Care P. E. & McGaw G. (2012). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Dordrecht: Springer.

Castellani A., Fiorini P., Galvan S., Botturi D. (2006). *Innovative robotics teaching using Lego sets*. IEEE International Conference on Robotics and Automation. pp. 721–726.

Dewey J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. New York: The Macmillan company.

Duffy T.M & Savery J.R. (1995). *Problem-based learning: An instructional model and its constructivist framework*. Constructivist learning environments: Case studies in instructional design. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

EDU combo kits for STEAM classes (2018). *Build your own robot*. Ανακτήθηκε στις 3/6/2018 από τη διεύθυνση <https://www.ottodiy.com/>

Free Software Foundation Europe (2015). *Free Software and Education*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018. <https://fsfe.org/freesoftware/education/education.en.html>

Koschmann T. (1997). *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm- Paradigm shifts and instructional technology: An introduction*. Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh R. & Harel G. (2003). *Problem Solving, Modeling, and Local Conceptual Development*. Mathematical Thinking and Learning. 5. 10.1207/S15327833MTL0502&3\_03.

Lesh R., Hoover M., Hole B., Kelly A., & Post T. R. (2000). *Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers*. A. Kelly, & R. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (pp.591-646). Mahwah,NJ:Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Lester F., Hamilton E., Lesh R., Brilleslyper M. (2008). *Model-Eliciting Activities (MEAs) as a bridge between engineering education research and mathematics education research*. *Advances in Engineering Education*, Volume 1.

Papert S. M. (1999). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Second ed. New York: Basic Books.

Quental D. (12/5/2012). *3D Printing in Education, shall we give it a go?* Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση <https://www.linkedin.com/pulse/3d-printing-education-diogo-quental/>

Roberts A (May 2012). *A Justification for STEM Education*. *Technology and Engineering Teacher*.

Roehrig H. G. Stohlmann M. Moore J. T. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)* 2, pp. 28–34.

Jenkins C. (2012). *Microworlds: building powerful ideas in the secondary school*. ICICTE Proceedings.

Sanders M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*.

Sir Robinson K. (2006). *How schools kill creativity*. TED Talks.

Thingiverse (2016). *Otto DIY build your own robot*. Ανακτήθηκε στις 3/6/2018 από τη διεύθυνση <https://www.thingiverse.com/thing:1568652>

Tinkercad (2018). *Tinkercad is a simple, online 3D design and 3D printing app for everyone*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018. <https://www.tinkercad.com/>

UNESCO (2000). *The meaning of Scientific and Technological Literacy*. Ανακτήθηκε στις 3 Ιουνίου 2018 από τη διεύθυνση: <http://www.unesco.org/education/educprog/ste/projects/2000/meaning.htm>.