



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ

*Επιμορφωτικό – υποστηρικτικό υλικό
Πράξη: «Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στις δεξιότητες
μέσω εργαστηρίων» (MIS 5092064)*



ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ 2014-2020» που συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και
την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ –
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΣΚΕΨΗ & ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑ

Μεθοδολογία εμπύχωσης Δεξιοτήτων της τεχνολογίας, της μηχανικής
και της επιστήμης.

α. Φροντίζω τους φυτικούς οργανισμούς.

β. The Art Gallery Problem.



Ψυχάρης Σαράντος



1α Μεθοδολογία εμφύχωσης Δεξιοτήτων της τεχνολογίας, της μηχανικής και της επιστήμης: Φροντίζω τους φυτικούς οργανισμούς.

Εισαγωγή

Ο σκοπός αυτής της έκθεσης είναι να παρουσιάσουμε με ποιο τρόπο οι δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα και οι «δεξιότητες STEM» μπορούν να εισαχθούν στα αναλυτικά προγράμματα (Α.Π.), αλλά και να υλοποιηθούν ώστε τα (Α.Π.) να αποτελούν ένα οικοσύστημα για την σύνδεση αυτών των δεξιοτήτων με νέες θέσεις εργασίας και να λειτουργήσουν ως «θερμοκήπιο» για την ανάπτυξη δεξιοτήτων Τεχνολογίας, Επιστήμης και Μηχανικής.

1. Βασικοί Ορισμοί-Διδακτικές Στρατηγικές

1.1 Βασικοί Ορισμοί

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0) χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των λεγόμενων «ικανοτήτων STEM» καθώς από και τις λεγόμενες δεξιότητες του 21ου αιώνα. Οι δεξιότητες αυτές αναφέρονται σε γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις που είναι αναγκαίες για θέσεις εργασίας και περιλαμβάνουν την δημιουργικότητα και την καινοτομία, την κριτική σκέψη, την επίλυση προβλήματος, την επικοινωνία και την συνεργατικότητα (Thibaut, 2018; Schleicher, 2019; OECD, 2019).

Οι δεξιότητες αυτές συνδέονται με σύγχρονα προβλήματα που συναντάμε στην σύγχρονη κοινωνία και είναι πολυδιάστατα ενώ επίσης απαιτούν για την λύση τους την «ολοκλήρωση» πολλών εννοιών από τις γνωστικές περιοχές του STEM (National Academy of Engineering, 2009), ενώ οδηγούν σε νέες μορφές εργασίας. Για να αντιμετωπισθεί αυτό το θέμα, και να αποκτήσουν οι εκπαιδευόμενοι τις δεξιότητες της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, θα πρέπει να εμπλακούν σε δραστηριότητες σαν αυτές που θα αντιμετωπίσουν όταν θα χρειασθεί να εισέλθουν στην αγορά εργασίας. Μια πρόταση για την ανάπτυξη τέτοιων δραστηριοτήτων προέρχεται από την έκθεση του Next Generation Science Standards (NGSS, 2013), που τονίζει την ανάγκη για μεταρρύθμιση στην Εκπαίδευση των Επιστημών η οποία θα πρέπει να προκύψει από την εισαγωγή του περιεχομένου της «Μηχανικής» (engineering) αλλά και των πρακτικών της «Μηχανικής» στο αναλυτικό πρόγραμμα στην Σχολική Εκπαίδευση μέσω της «Παιδαγωγικής της Μηχανικής», ώστε να σχεδιασθούν κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα για τις δεξιότητες του 21ου αιώνα και να συνδεθούν αυτά-μέσω καταλλήλων μεθόδων υλοποίησης-με τις δεξιότητες STEM.

Για την αποσαφήνιση αυτού του τύπου δραστηριοτήτων, θα χρειασθεί να οριοθετήσουμε τις παρακάτω έννοιες.

Ορισμός της ικανότητας: η «ικανότητα» είναι μια «ολιστική» έννοια η οποία περιλαμβάνει τη γνώση, τις δεξιότητες και τις στάσεις/αξίες. Σύμφωνα με τον

(https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf)

οι δεξιότητες θεωρούνται ως «προϋπόθεση» για την «εφαρμογή των ικανοτήτων».

Ορισμός της πρακτικής: Σύμφωνα με την αναφορά (NGSS Lead States, 2013), η έννοια της πρακτικής δεν περιορίζεται μόνο σε δεξιότητες (skills) αλλά επιπλέον δίνει έμφαση στην επιστημονική διερεύνηση η οποία απαιτεί και την γνώση των βασικών εννοιών της γνωστικής περιοχής μέσω των πρακτικών των Επιστημών και των Μηχανικών. Η έννοια της πρακτικής είναι σημαντική γιατί θα είναι και μια από τις διαστάσεις που θεωρούμε ότι θα πρέπει να αξιολογηθούν κατά την υλοποίηση της «ολοκληρωμένης προσέγγισης STEAM».



Οι γνωστικές δεξιότητες συνδέονται με τις νοητικές διαδικασίες με σκοπό την «κατανόηση» του κόσμου μέσω της σκέψης και των εμπειριών, ενώ το φάσμα τους περιλαμβάνει την διαχείριση της πληροφορίας, δηλαδή τον προσδιορισμό, την συλλογή και την διαχείριση και χρήση σχετικών δεδομένων για να λαμβάνουμε αποφάσεις, την κριτική, δημιουργική και αναλυτική σκέψη, τις δεξιότητες επίλυσης προβλήματος, την επιστημονική διερεύνηση και τις δεξιότητες/πρακτικές/διαστάσεις της υπολογιστικής σκέψης. (UNESCO, 2019, Exploring STEM Competences for the 21st Century, <https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century>)

Οι τύποι της Γνώσης-Ορισμοί. Σύμφωνα με τον (OECD-Future of Education and Skills 2030-Conceptual learning framework-

[https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf))

οι τύποι της γνώσης είναι οι:

1. **Γνώση ειδικού γνωστικού πεδίου ή γνωστικής περιοχής.** Η γνώση αυτή αναφέρεται στις ειδικές έννοιες κορμού (κεντρικές έννοιες) που θεωρούνται θεμελιώδεις για την κατανόηση των φαινομένων αλλά αποτελεί και μια δομή (μέσω της διδακτικής αναπλαισίωσης) μέσα από την οποία οι εκπαιδευόμενοι (μαθητές, φοιτητές) μπορούν να αναπτύξουν την γνώση.
2. **Η Διεπιστημονική γνώση** (interdisciplinary) αναφέρεται στην μεταφορά βασικών εννοιών μεταξύ των Επιστημών, στον προσδιορισμό συνδέσεων μεταξύ εννοιών σε διαφορετικά γνωστικά πεδία και στον εντοπισμό κοινών εννοιών μέσω π.χ. των λεγόμενων εγκάρσιων ιδεών/εννοιών (βλ. παρακάτω για αυτές τις έννοιες) που ορισμένες φορές οδηγεί στην ανάπτυξη νέας γνωστικής περιοχής. Στην σχολική εκπαίδευση η Διεπιστημονική γνώση υποστηρίζεται –μεταξύ άλλων-από την επίλυση προβλήματος, τον σχεδιασμό των Μηχανικών, την μάθηση μέσω project κλπ.(UNESCO, 2019, Exploring STEM Competences for the 21st Century, <https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century>).
3. **Επιστημονική γνώση.** Αυτή αφορά την γνώση για το πως να σκεπτόμαστε και να ενεργούμε σύμφωνα με τις πρακτικές των Επιστημών και των Μηχανικών.
4. **Τεχνική γνώση.** Αυτή συνδέεται με την εφαρμογή της γνώσης, δεξιοτήτων και στάσεων σε ένα συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο (UNESCO, 2019).
5. **Διαδικαστική γνώση.** Αυτή συνδέεται με την κατανόηση του τρόπου που θα υλοποιηθεί μια διαδικασία, μια ενέργεια αλλά και με τον τρόπο που μαθαίνουμε μέσω δομημένων διαδικασιών, ενώ η χρησιμότητά της είναι κυρίως στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Η διαδικαστική γνώση είναι θεμελιώδης για την εμπλοκή σε πρακτικές που περιλαμβάνουν τη γνώση και τις δεξιότητες STEM ενώ μπορεί να αναπτυχθεί μέσω διερευνητικών διδακτικών μοντέλων και εργαστηριακών δραστηριοτήτων μέσα και έξω από το σχολείο.
6. **Δηλωτική γνώση.** Η δηλωτική γνώση είναι γνώση που έχουμε για τα αντικείμενα, τα γεγονότα και τα συμβάντα. Η δηλωτική γνώση περιλαμβάνει την σημασιολογική γνώση (semantic knowledge), που αφορά γενική γνώση για τις έννοιες που αντιπροσωπεύουν τις οντότητες του κόσμου και τις μεταξύ τους σχέσεις.



Υπολογιστικό Πείραμα. Η Υπολογιστική Επιστήμη (Υ.Ε.) είναι μια νέα γνωστική περιοχή με τις δικές της έννοιες και μεθοδολογίες και συνδυάζει την Επιστήμη των Υπολογιστών, τα Μαθηματικά και την εκάστοτε γνωστική περιοχή που μας ενδιαφέρει (Landau et al., 2008; Psycharis 2015, 2016, 2018a, 2018b). Για παράδειγμα ομιλούμε για Υπολογιστική Φυσική, για Υπολογιστική Ψυχολογία κλπ.

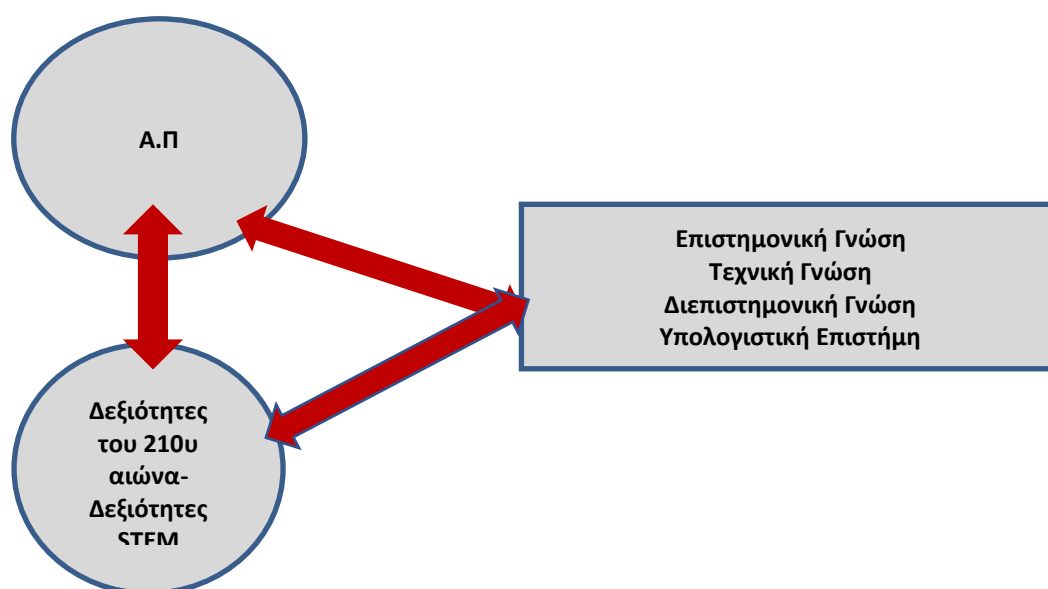
Ο Juszczak (2015) κάνει μια σημαντική παρατήρηση για την επιστημολογία της Υπολογιστικής Επιστήμης (Υ.Ε.).

Η (Υ.Ε.) είναι «εφαρμόσιμη» στις Φυσικές Επιστήμες αλλά και στις Κοινωνικές Επιστήμες. Η (Υ.Ε.) δεν αξιοποιεί τους υπολογιστές μόνο για την ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων και συνόλων δεδομένων. Η (Υ.Ε.) δεν είναι εμπειρική επιστήμη καθώς τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω της μεθοδολογίας της (Υ.Ε.) είναι το αποτέλεσμα της προσομοίωσης μοντέλων. Σε αυτό το σημείο είναι και η ουσιαστική διαφορά της (Υ.Ε.) από τις Επιστήμες που «χρησιμοποιούν» τους υπολογιστές. Οι τελευταίες χρησιμοποιούν τους υπολογιστές για «εμπειρική απόδειξη» ενώ στην (Υ.Ε.) τα πειράματα είναι εικονικά αλλά τα δεδομένα πραγματικά. Αυτό καθιστά το Υπολογιστικό Πείραμα ισοδύναμο με το πείραμα στο φυσικό εργαστήριο και μας οδηγεί στο να χρησιμοποιήσουμε και διατάξεις όπως η πλατφόρμα Arduino για να κάνουμε δραστηριότητες, όπως αυτές στα εργαστήρια δεξιοτήτων που περιέχουν δεξιότητες ρομποτικής.

Συμπέρασμα

Έχοντας ορίσει τα παραπάνω, θεωρούμε ότι : για να εμπλακούν οι εκπαιδευόμενοι στις δεξιότητες της Τεχνολογίας, της Επιστήμης και της Μηχανικής χρειάζεται να αναπτυχθούν δραστηριότητες συμβατές με τους ορισμούς που αναφέρθηκαν ενώ η Υπολογιστική Επιστήμη θα δώσει τις μεθοδολογίες της και τις «πρακτικές» για να υλοποιηθούν μοντέλα-για συλλογή πραγματικών δεδομένων- από τους εκπαιδευόμενους. Έτσι, δεν θα υπάρχει μόνο σχεδιασμός του αναλυτικού προγράμματος αλλά και «υλοποίηση», ενώ το αναλυτικό πρόγραμμα (Α.Π) δεν θα είναι ανεξάρτητο από τις ανάγκες για θέσεις εργασίας αλλά θα αποτελεί ένα οικοσύστημα με αυτές ενώ θα μπορεί να θεωρηθεί ως θερμοκήπιο (incubator) για την ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων.

Το οικοσύστημα του Α.Π. με τις δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα και τις δεξιότητες STEM





1.2 Διδακτικές Στρατηγικές

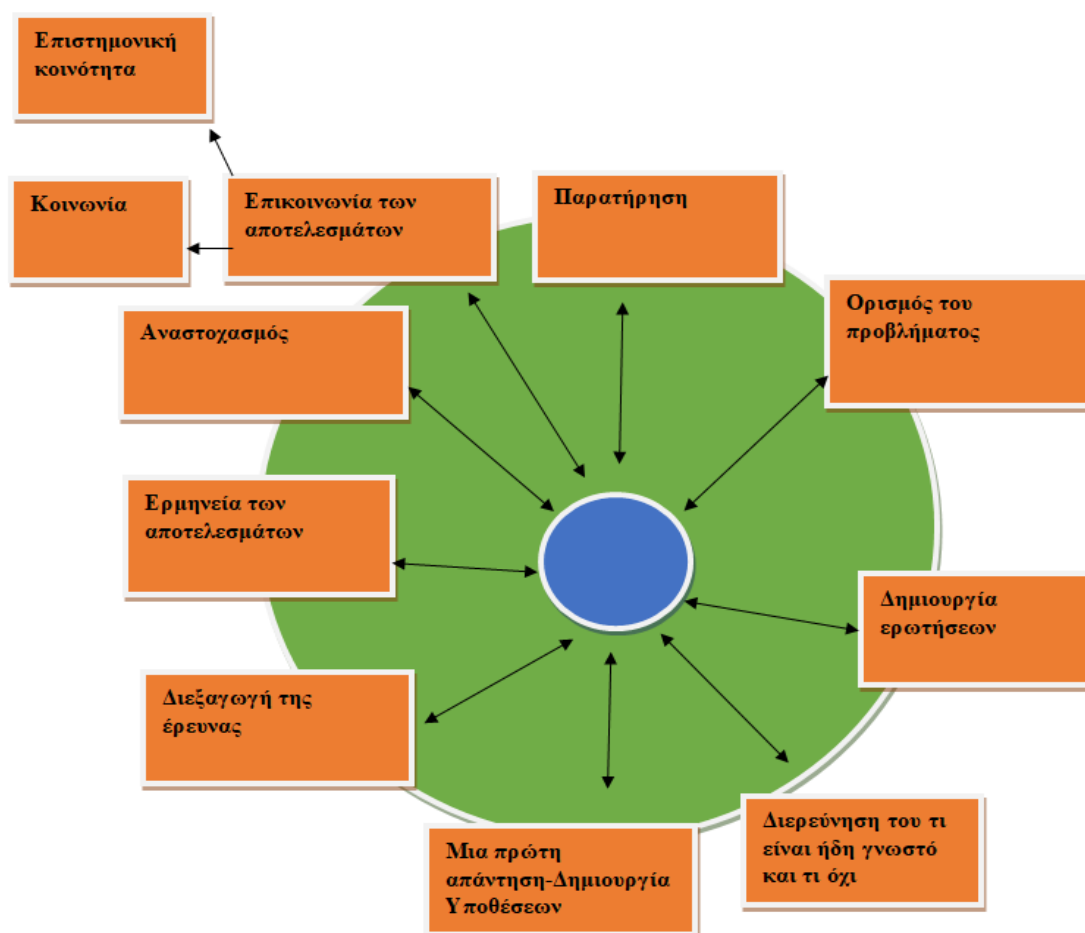
1.2.1 Η ανακαλυπτική/διερευνητική/επαγωγική διδακτική στρατηγική

Τα τελευταία χρόνια στην Διδακτική των Επιστημών υλοποιείται η «ανακαλυπτική-διερευνητική» μάθηση (Inquiry teaching and Learning Approach) που ουσιαστικά είναι μια επαγωγική μέθοδος για την ανακάλυψη και διερεύνηση εννοιών από τις Επιστήμες. Στην διερευνητική μέθοδο οι εκπαιδευόμενοι προτείνουν εξηγήσεις βασιζόμενοι στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων που παράγονται μέσω πραγματικών ή υπολογιστικών πειραμάτων (Asay & Orgill, 2010, Psycharis, 2018a,b).

Οι (Bell et al., 2010; Bybee et al., 2008) προσδιόρισαν εννέα (9) βασικές διαδικασίες που υλοποιούνται στην ανακαλυπτική/διερευνητική/επαγωγική παιδαγωγική στρατηγική οι οποίες υποστηρίζονται από υπολογιστικά περιβάλλοντα και οι οποίες είναι:

- ο προσανατολισμός και η ανάπτυξη ερωτήσεων,
- η δημιουργία υποθέσεων,
- ο σχεδιασμός,
- η διερεύνηση,
- η ανάλυση και η ερμηνεία,
- η αξιολόγηση,
- η επικοινωνία και η πρόβλεψη.

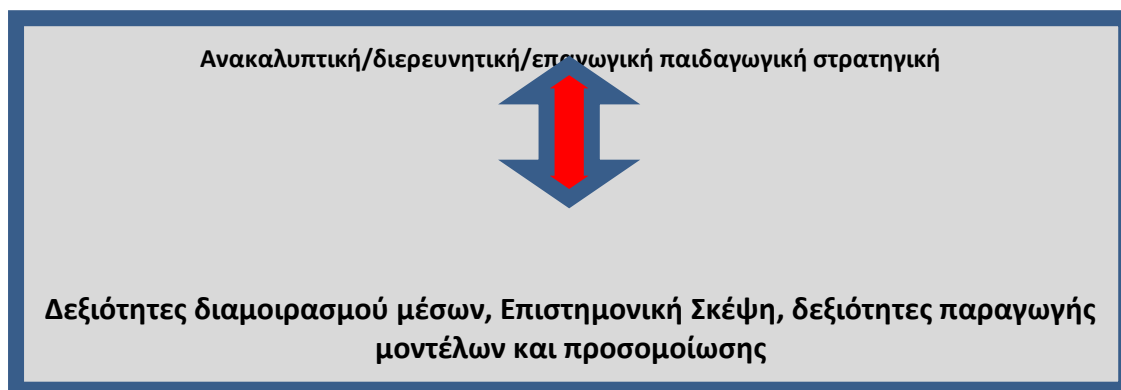
Η Διερευνητική/ Ανακαλυπτική διδακτική στρατηγική (ως κυκλική διεργασία) στην Εκπαίδευση στις Επιστήμες (Wells, 2016)





Σημείωση: με την ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση αναπτύσσονται δεξιότητες όπως: δεξιότητες διαμοιρασμού μέσων, Επιστημονική Σκέψη, δεξιότητες παραγωγής μοντέλων και προσομοίωσης.

Ανακαλυπτική/Διερευνητική/Επαγωγική Διδακτική Στρατηγική και Δεξιότητες



1.2.2. Η Διδακτική Στρατηγική «σχεδιασμός της Μηχανικής»

Για την «συμπλήρωση» των παραπάνω δεξιοτήτων με δεξιότητες Επιστημονικής αλλά και Υπολογιστικής Σκέψης, δεξιότητες ρομποτικής και σχεδιασμού και υλοποίησης τεχνουργημάτων, ερευνητές έχουν προτείνει την αναδόμηση των προγραμμάτων σπουδών της σχολικής εκπαίδευσης ώστε να βοηθηθούν οι εκπαιδευόμενοι να αναπτύξουν ικανότητες (γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις) που χρειάζονται για την εισαγωγή των εκπαιδευόμενων στην «πολυπλοκότητα» των προβλημάτων, στην ανοχή για νέες λύσεις και στην επιμονή εύρεσης της βέλτιστης λύσης.

Μια προτεινόμενη λύση είναι η εισαγωγή του σχεδιασμού των Μηχανικών (σχεδιασμός της Μηχανικής)-engineering design- στα αναλυτικά προγράμματα, ώστε μέσω αυτού του διδακτικού μοντέλου/παιδαγωγικής στρατηγικής να εμπλακούν οι εκπαιδευόμενοι σε μη σαφώς ορισμένα προβλήματα, όπου δεν παρέχεται επαρκής πληροφορία για την εύρεση της λύσης ενώ δεν υπάρχει αυτό που καλούμε μια λύση, αλλά βέλτιστες λύσεις κάτω από περιορισμούς.

Ο «σχεδιασμός των Μηχανικών» θεωρείται παιδαγωγική στρατηγική εποικοδομητικού τύπου, με την οποία θα αξιοποιούνται οι Επιστήμες και τα Μαθηματικά για την επίλυση μη σωστά οριοθετημένων (ill-defined/open-ended) προβλημάτων όπου ο εκπαιδευόμενος μέσω της δημιουργικής σκέψης λαμβάνει αποφάσεις και προτείνει λύσεις, κατασκευάζει τεχνουργήματα και στοχάζεται για εναλλακτικές λύσεις αξιοποιώντας έννοιες από τις Επιστήμες και τα Μαθηματικά (Shahali et al., 2017).

Η εισαγωγή του σχεδιασμού της Μηχανικής δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι είναι σημαντικότερη παιδαγωγική στρατηγική από ότι η επιστημονική διερευνητική στρατηγική.

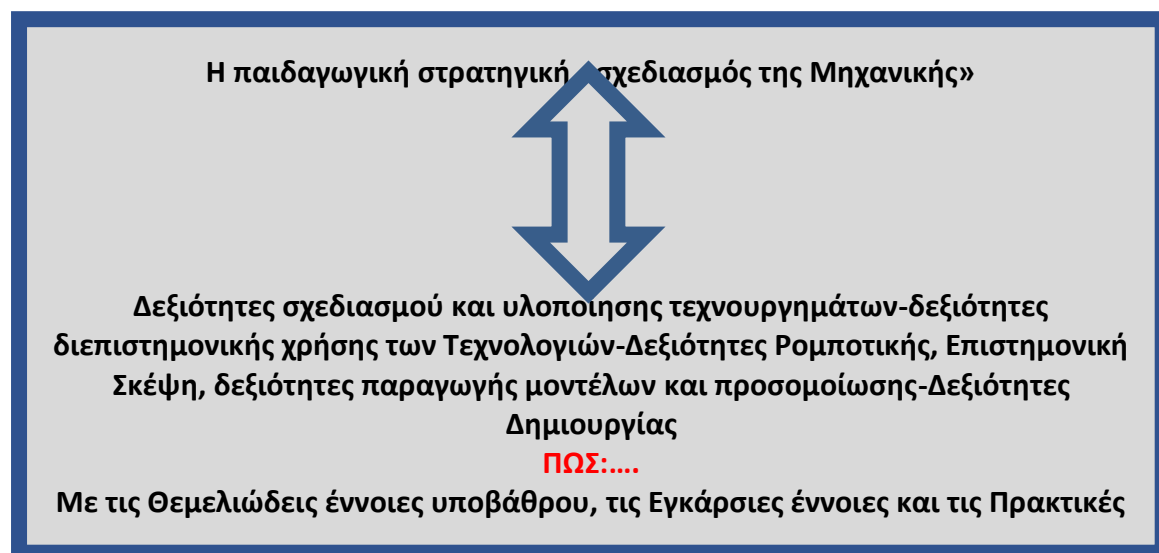
Οι Επιστήμονες ανακαλύπτουν νέα γνώση μέσα από την δημιουργία μοντέλων και οι Μηχανικοί βασίζονται σε αυτές τις ανακαλύψεις για να παραγάγουν λειτουργικά «προϊόντα» (Carlson & Sullivan, 2004). Θεωρούμε ότι ο σχεδιασμός της Μηχανικής συνδέεται περισσότερο με την ανάπτυξη της «Διεπιστημονικής» και της Τεχνικής Γνώσης ώστε να «υλοποιείται» η Επιστημονική Γνώση, δηλαδή τα μοντέλα που έχουν δημιουργήσει οι Επιστήμονες, αλλά ταυτόχρονα αναπτύσσεται και η Επιστημονική γνώση μέσω της κατασκευής τεχνουργημάτων. Η εμπλοκή στον «σχεδιασμό της Μηχανικής» και στην επιστημονική διερεύνηση δεν είναι ούτε ιεραρχική ούτε γραμμική, και δεν θα πρέπει οι εκπαιδευόμενοι να διδάσκονται αρχικά τις έννοιες των Επιστημών και στη συνέχεια να



καλούνται να εφαρμόσουν τον σχεδιασμό της Μηχανικής, αλλά αυτή η εμπλοκή να γίνεται με δυαδική σχέση αλληλεπίδρασης (Ting, 2016).

Με την ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται -μέσω της δημιουργίας υποθέσεων- στην ανάπτυξη εννοιολογικών μοντέλων, ως περιορισμούς της πραγματικότητας, και στην συνέχεια μέσω του σχεδιασμού της Μηχανικής, στην υλοποίησης ενός τεχνολογικού προϊόντος -ως βέλτιστη λύση.

Η παιδαγωγική στρατηγική «σχεδιασμός της Μηχανικής» και η ανάπτυξη δεξιοτήτων



2. Οι Θεμελιώδεις και οι εγκάρσιες έννοιες - οι Πρακτικές των Επιστημόνων και των Μηχανικών

Για την υλοποίηση της «Διεπιστημονικής Γνώσης» χρειάζεται να αναφερθούμε στις «εγκάρσιες ιδέες/έννοιες».

Σύμφωνα με την αναφορά (NGSS, 2013), για την Σχολική Εκπαίδευση χρειάζεται να εφαρμοσθεί ένα πλαίσιο με τρεις διαστάσεις, η υλοποίηση των οποίων θα «ενθαρρύνει» την γνώση σχετικά με το περιεχόμενο των Επιστημών και της Μηχανικής, αλλά και θα εμπλέξει τους εκπαιδευόμενους και στις «πρακτικές» των Επιστημόνων και των Μηχανικών (βλ. και Καλοβρέκτης, Ξενάκης, Ψυχάρης & Σταμούλης, 2020).

Οι Διαστάσεις για την Σχολική Εκπαίδευση σύμφωνα με το NGSS (2013)

Πρακτικές	<p>Δεξιότητες και γνώση επιμέρους γνωστικών περιοχών.</p> <p>Πρακτικές που χρησιμοποιούνται από τους Επιστήμονες στην Ανακαλυπτική-Διερευνητική στρατηγική ως Επιστημονική διαδικασία-Πρακτικές που χρησιμοποιούν οι Μηχανικοί στον σχεδιασμό της Μηχανικής</p>
------------------	---



<p>Οι εγκάρσιες/ διεπιστημονικές έννοιες (Crosscutting Concepts)</p>	<p>Οι εγκάρσιες ιδέες/έννοιες (Crosscutting Concepts) Οι έννοιες αυτές έχουν εφαρμογή σε πολλές γνωστικές περιοχές και λειτουργούν ως σύνδεσμοι-«συννοριακά αντικείμενα» ανάμεσα στις έννοιες επιμέρους γνωστικών περιοχών.</p>
<p>Σημαντικές ιδέες/έννοιες μιας γνωστικής περιοχής</p>	<p>Οι ιδέες/έννοιες αυτές κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις γνωστικές περιοχές: α) τις Φυσικές Επιστήμες β) τις Επιστήμες Υγείας (π.χ. Βιολογία), γ) Τις επιστήμες της Γης και του Διαστήματος και δ) την Μηχανική, την Τεχνολογία και τις εφαρμογές της Επιστήμης</p>

Σύμφωνα με την NRC (2012) οι επτά εγκάρσιες/διεπιστημονικές/ έννοιες/ιδέες για τις Επιστήμες και την Μηχανική, είναι οι:

Οι εγκάρσιες ιδέες/έννοιες

- 1) Μοτίβα/patterns
- 2) Αιτία-αποτέλεσμα: μηχανισμός και εξήγηση
- 3) Κλίμακες, αναλογίες και ποσότητες
- 4) Συστήματα και συστήματα μοντέλων
- 5) Ενέργεια και ύλη: ροές, κύκλοι και διατήρηση
- 6) Δομή και λειτουργία
- 7) Σταθερότητα και αλλαγή

Σημείωση: Θεωρούμε ότι οι εγκάρσιες έννοιες/ιδέες συνδέονται με την διεπιστημονική/δια-επιστημονική/διαθεματική γνώση αλλά και την τεχνική γνώση, σε συμβατότητα με τις προδιαγραφές στα εργαστήρια δεξιοτήτων και τον «σχεδιασμό της Μηχανικής» για να παραχθούν τεχνολογικά και υπολογιστικά τεχνουργήματα. Για την υλοποίηση των παραπάνω θα χρειασθεί να αναφερθούμε στις παρακάτω πρακτικές που θα πρέπει να υπάρχουν στις δραστηριότητες.



Οι πρακτικές στις Επιστήμες και την Μηχανική σύμφωνα με την αναφορά National Research Council (2012)

Οι οκτώ πρακτικές για την Σχολική εκπαίδευση για τις Επιστήμες και την Μηχανική	
Πρακτική 1	Οι εκπαιδευόμενοι θέτουν ερωτήματα (για τις Επιστήμες) και ορίζουν προβλήματα (για την Μηχανική)
Πρακτική 2	Οι εκπαιδευόμενοι αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν μοντέλα για παραγωγή πραγματικών δεδομένων
Πρακτική 3	Οι εκπαιδευόμενοι σχεδιάζουν και υλοποιούν έρευνες
Πρακτική 4	Οι εκπαιδευόμενοι συλλέγουν, αναλύουν και ερμηνεύουν δεδομένα
Πρακτική 5	Οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν Μαθηματική και Υπολογιστική Σκέψη
Πρακτική 6	Οι εκπαιδευόμενοι αναπτύσσουν εξηγήσεις (για Επιστήμες) και σχεδιάζουν λύσεις (για τη Μηχανική)
Πρακτική 7	Οι εκπαιδευόμενοι επιχειρηματολογούν αξιοποιώντας δεδομένα
Πρακτική 8	Οι εκπαιδευόμενοι συλλέγουν, αξιολογούν και επικοινωνούν την πληροφορία

Οι Πρακτικές των Επιστημών και των Μηχανικών (για πληρέστερη ανάλυση βλ. και Καλοβρέκτης, Ξενάκης Ψυχάρης & Σταμούλης, 2020)

Σημείωση. Οι δεξιότητες «διαχείριση των μέσων» δεν μπορεί να θεωρηθούν ως μεμονωμένες δεξιότητες και για αυτό θεωρούμε πως εντάσσονται στην Πρακτική 8 ως δεξιότητες ψηφιακής επιχειρηματολογίας (π.χ. Psycharis, 2013), ενώ οι δεξιότητες «ρομποτικής» συνδέονται με τις Πρακτικές 2,5,6, σύμφωνα και με τους (Apedoe et al., 2008) που έχουν προτείνει ένα μοντέλο παιδαγωγικής στρατηγικής-την μάθηση μέσω σχεδιασμού- *-design-based learning (DBL)-* που συνδυάζει την στρατηγική της διερεύνησης στις Επιστήμες με τον κύκλο «σχεδιασμού της Μηχανικής».

3. Η Ολοκλήρωση STEAM

Στην σημερινή εποχή, όπου η γνωστική περιοχή της «πολυπλοκότητας-complexity» έχει έρθει στο προσκήνιο, παραδοσιακές γνωστικές περιοχές «αγωνίζονται» να κατανοήσουν τα προβλήματα που εμφανίζονται για επίλυση.

Ως αποτέλεσμα, έχει αναπτυχθεί έντονο ενδιαφέρον για να αναπτυχθούν τρόποι «ολοκληρωμένων» ερευνητικών μεθοδολογιών, διασχίζοντας με αυτό τον τρόπο τις μεθοδολογικές, επιστημολογικές και οντολογικές παραδοχές μιας μεμονωμένης γνωστικής περιοχής (Psycharis & Kalonrektis, 2021). Σύμφωνα επίσης με τους (Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017), «η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEAM» ανήκει επιστημολογικά στην διεπιστημονική (interdisciplinary) ή την δια-επιστημονική προσέγγιση (trans-disciplinary). Από την βιβλιογραφία προκύπτει ότι πολλοί ερευνητές δίνουν διαφορετικές ερμηνείες και προσεγγίσεις για τους όρους «εκπαίδευση STEM» και «ολοκλήρωση STEM».

Οι ερμηνείες διαφέρουν ως προς τις έννοιες της πολυεπιστημονικότητας, της διεπιστημονικότητας και της δια-επιστημονικότητας, την έννοια της «διάσχισης συνόρων γνωστικών περιοχών» και στο τι εννοούμε με την έννοια «ολοκλήρωση». Στην αναφορά



(English, 2016), υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός άρθρων όπου η «εκπαίδευση» και η «ολοκλήρωση» STEM ορίζονται με διάφορους τρόπους, όπου το φάσμα των ορισμών αρχίζει από την μονοεπιστημονικότητα και προχωρά με συνεχή τρόπο έως την δια-επιστημονικότητα (π.χ. Moore and Smith, 2014; Vasquez et al., 2013; Bryan and Guzey, 2020; Bryan et al., 2015), όπου η διάκριση σχετίζεται με τους όρους «ολοκλήρωση» και «διάσχιση γνωστικών περιοχών», ενώ ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται και «δείκτες ολοκλήρωσης/ολοκληρωτικοί παράγοντες». Μια αναφορά που παρουσιάζει με συνεκτικό τρόπο ορισμένα από αυτά τα στοιχεία είναι από τους (Vasquez et al., 2013).

Τα αυξανόμενα επίπεδα ολοκλήρωσης σύμφωνα με (Vasquez et al, 2013)

Τύπος/μορφή ολοκλήρωσης	Χαρακτηριστικά
1. Μονο-επιστημονική (μονοεπιστημονική)	Οι έννοιες και οι δεξιότητες διδάσκονται ξεχωριστά σε κάθε μάθημα
2. Πολυ-επιστημονική (πολυεπιστημονική)	Οι έννοιες και οι δεξιότητες διδάσκονται ξεχωριστά σε κάθε γνωστική περιοχή (σημείωση δική μας: εννοείται εντός ενός κοινού θέματος)
3. Διεπιστημονική	Έννοιες που συνδέονται μεταξύ τους διδάσκονται μέσω δυο ή περισσότερων γνωστικών περιοχών με σκοπό την βαθύτερη κατανόησή τους (σημείωση δική μας: για την επίλυση προβλήματος με αξιοποίηση συνοριακών αντικειμένων)
4. Δια-επιστημονική	Έννοιες και δεξιότητες διδάσκονται μέσω δυο ή περισσότερων γνωστικών περιοχών με σκοπό την επίλυση ενός πραγματικού προβλήματος

Οι (Roehrig et al. , 2012) προτείνουν μια διαφοροποίηση ως προς το περιεχόμενο και ως προς το πλαίσιο της ολοκλήρωσης STEAM. Η ολοκλήρωση περιεχομένου εστιάζει στην ένωση των γνωστικών περιοχών σε μια μοναδική δραστηριότητα του αναλυτικού προγράμματος η οποία θα δίνει έμφαση στις μεγάλες ιδέες (τις εγκάρσιες ιδέες/έννοιες) που θα προέρχονται από διάφορες γνωστικές περιοχές, ενώ η ολοκλήρωση πλαισίου θα εστιάζει στο περιεχόμενο μιας γνωστικής περιοχής και θα αξιοποιεί πλαίσια από άλλες γνωστικές περιοχές για να κάνει συνδέσεις των γνωστικών περιοχών.

Η άποψή μας είναι ότι η ολοκλήρωση STEAM είναι μια διεπιστημονική προσέγγιση, όπου μέσω της ολοκλήρωσης περιεχομένου σχεδιάζουμε μια μαθησιακή δραστηριότητα που έχει ως σκοπό την διδασκαλία εννοιών από όλες τις γνωστικές περιοχές του STEM ως μια μοναδική δραστηριότητα του αναλυτικού προγράμματος. Στην άποψη αυτή κεντρικό ρόλο παίζουν οι εγκάρσιες έννοιες που αναφέραμε, και οι οποίες υλοποιούνται μέσω συνοριακών αντικειμένων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, θεωρούμε ότι- και σύμφωνα και με τους (Sengupta & Shanahan-, 2017), η έμφαση στην «ολοκλήρωση STEAM» οδηγεί στην «ένωση/ολοκλήρωση/συμβίωση» διακριτών γνωστικών περιοχών και πρακτικών με ένα τρόπο που αποκαλύπτει τις εγκάρσιες ιδέες και νέες πρακτικές που διασχίζουν ή ενώνουν απομονωμένες γνωστικές περιοχές, δηλαδή οι εγκάρσιες έννοιες θα μπορούν να αποτελούν «συνοριακά αντικείμενα».

Μια άποψη για την διεπιστημονική προσέγγιση -πού συμφωνούμε με ορισμένες τροποποιήσεις- είναι αυτή που εκφράζεται από (Boon Ng, Soo ,UNESCO, Exploring STEM competences for the 21st century,

<https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century>, 2019). «Στην διεπιστημονική προσέγγιση υπάρχει υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης των γνωστικών περιοχών μέσω της εστίασης σε μια «κοινή έννοια» σας αυτές που αναφέραμε ως



«εγκάρσιες έννοιες» (Psycharis & Kalonvrektis, 2021; Psycharis, 2021), ενώ οι εκπαιδευόμενοι θα εμπλέκονται σε Υπολογιστικά πειράματα.

Παρατηρήσεις:

1. Οι εγκάρσιες έννοιες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην «ολοκλήρωση STEAM» ως «ο πυρήνας» γύρω από τον οποίο θα υπάρχουν -σε διάφορα επίπεδα απόστασης- κοινές έννοιες από διαφορετικές γνωστικές περιοχές που θα «επικοινωνούν» μέσω των συνοριακών αντικειμένων που θα διασχίζουν τις γνωστικές περιοχές.
2. Το «Α» στο STEAM δεν αναφέρεται στην Τέχνη αλλά στις Τέχνες ώστε να περιλαμβάνονται όχι μόνο οι «οπτικές τέχνες» (π.χ. όπως η ζωγραφική) αλλά και στην επέκταση ώστε να συμπεριληφθούν και οι «παραστάσεις» (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019) αλλά και στις «Υπολογιστικές Τέχνες». Οι τέχνες είναι σε δυαδική σχέση με τις γνωστικές περιοχές του ακρωνυμίου STEM και μπορούν να ενισχύσουν την δημιουργικότητα, την μοντελοποίηση και τον σχεδιασμό τεχνουργημάτων.

Συμπέρασμα: Η «ολοκλήρωση STEAM» είναι μια διεπιστημονική ή δια-επιστημονική προσέγγιση που δημιουργείται μέσω μιας δραστηριότητας του αναλυτικού προγράμματος, όπου οι εκπαιδευόμενοι αξιοποιούν το Υπολογιστικό Πείραμα (ώστε να έχουν πραγματικά δεδομένα) για να δημιουργήσουν ένα μοντέλο για συλλογή πραγματικών δεδομένων, ενώ αναζητούν χρονικά εξελισσόμενα συνοριακά αντικείμενα για να διασχίσουν τις γνωστικές περιοχές (Akkerman & Bakker, 2011) και να τις «γεφυρώσουν» καταλήγοντας σε ένα μοντέλο «Υπολογιστικής Παιδαγωγικής» (Psycharis 2018a,b; Yasar et al., 2016).

4. Διδακτικές Στρατηγικές στην «ολοκλήρωση STEAM»-Η Αξιολόγηση στην «ολοκλήρωση STEAM»

Οι έρευνες αναδεικνύουν την ανάγκη είτε εισαγωγής νέων διδακτικών στρατηγικών (πέραν αυτών που αναφέραμε) είτε αναθεώρησης αυτών ώστε να ληφθεί υπόψη η «ολοκλήρωση STEM» και μέσω αυτής να αναπτυχθούν οι δεξιότητες της Τεχνολογίας, της Επιστήμης και της Μηχανικής.

Οι (Thibaut et al., 2018) διεξήγαγαν μια συστηματική βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με δυο ερευνητικά ερωτήματα:

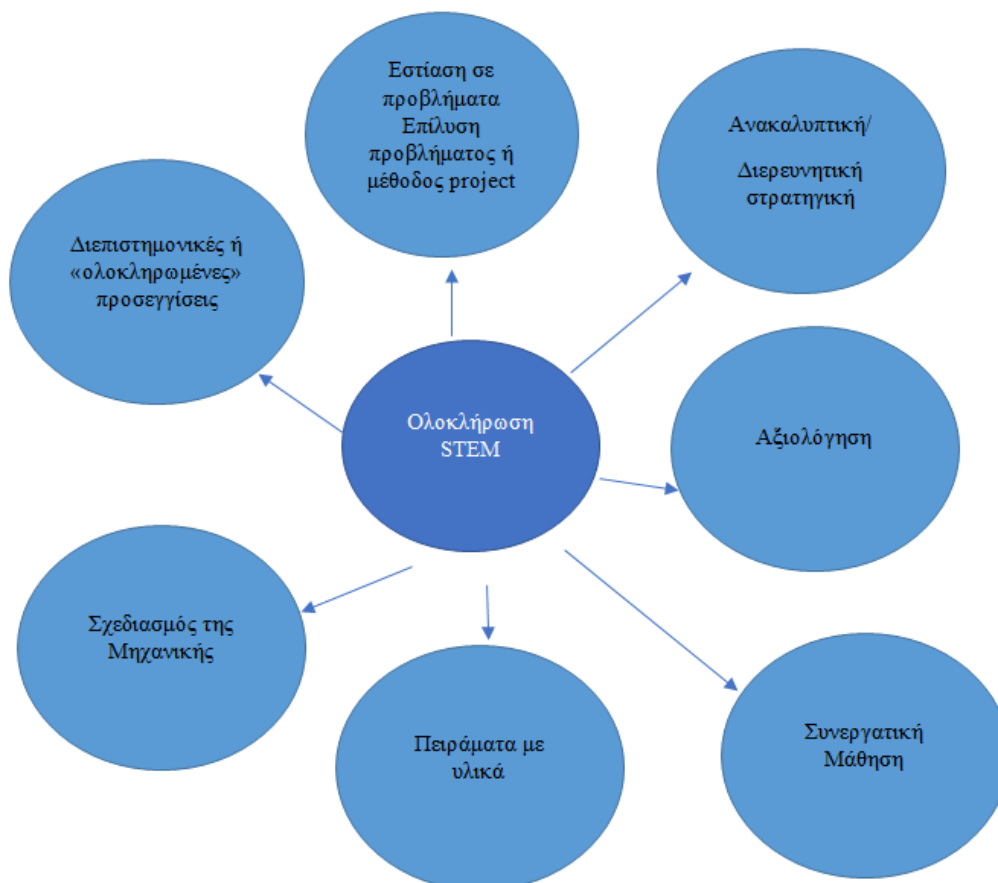
Α) Ποια από τις θεωρίες μάθησης (συμπεριφοριστικές, γνωστικές, κοινωνικές εποικοδομητικές) είναι η βάση για να εφαρμοσθεί η «ολοκλήρωση STEM»;

Β) Ποιες διδακτικές στρατηγικές χρησιμοποιούνται στην «ολοκλήρωση STEM» (για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση);

Από την βιβλιογραφική επισκόπηση προέκυψαν οι παρακάτω διδακτικές στρατηγικές



Διδακτικές Στρατηγικές για την «ολοκλήρωση» STEM» (Thibaut et al., 2018)



Ένα άλλο σημαντικό θέμα αφορά την αξιολόγηση όταν υλοποιείται η «ολοκλήρωση STEM». Σύμφωνα με τους (Gao et al., 2020), επειδή στην διεπιστημονική προσέγγιση STEM περιλαμβάνονται πολλές γνωστικές περιοχές, στην αξιολόγηση της «ολοκληρωμένης» προσέγγισης STEAM (εδώ προσθέσαμε και τις Τέχνες) θα πρέπει:

α) να αξιολογείται και η εμπλοκή των εκπαιδευόμενων εκτός από τις (γνώσεις-δεξιότητες και στάσεις) και στις πρακτικές, δηλαδή στην εμπλοκή τους στις πρακτικές των Επιστημών και των Μηχανικών αλλά και -θα προσθέταμε- των καλλιτεχνών,

β) τα μαθησιακά αποτελέσματα θα πρέπει να είναι συνάρτηση του τύπου της ολοκλήρωσης, δηλαδή εξαρτώνται από π.χ την διεπιστημονική ή την δια-επιστημονική προσέγγιση που ακολουθείται και να αναζητηθούν τρόποι αξιολόγησης όχι μόνο των επιμέρους γνωστικών περιοχών αλλά της «ολοκλήρωσης STEAM».

Σημείωση: Για να αξιολογηθούν οι εκπαιδευόμενοι στην εμπλοκή τους στις πρακτικές των Επιστημών και των Μηχανικών, θεωρούμε ότι είναι αυτονόητο ότι οι προτεινόμενες δραστηριότητες του (Α.Π.) θα περιέχουν δραστηριότητες τέτοιας φύσης.

5. Βιβλιογραφική τεκμηρίωση

Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. Review of Educational Research, 81(2), 132–169



- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Asay, L.D., & Orgill, M.K. (2010). Analysis of essential features of inquiry found in articles published in *The Science Teacher*, 1998-2007. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 57- 79.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377.
- Boon Ng, Soo ,UNESCO, Exploring STEM competences for the 21st century, <https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/exploring-stem-competences-for-the-21st-century>, 2019;
- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM road map: A framework for integrated STEM education* (pp. 23–37). New York, NY: Routledge. Science Education Community? ACM Inroads, 2(1), 48-54. doi:10.1145/1929887.1929905
- Bryan, L., & Guzey, S.S. (2020). K-12 STEM Education: An Overview of Perspectives and Considerations. *Hellenic Journal of STEM Education*, 2020, 1(1), 5-15
- Bybee, R. W., Carlson-Powell, J., & Trowbridge, L. W. (2008). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy*. New Jersey, NJ: Merrill.
- Carlson, L. E., & Sullivan, J. F. (2004). Exploiting design to inspire interest in engineering across the K-16 engineering curriculum. *International Journal of Engineering Education*, 20(3), 372-378.
- English, L. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1–8.
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020), "Reviewing Assessment of Student Learning in Interdisciplinary STEM Education," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14
- Juszczak, M. D. (2015). From Towards a Computational Pedagogy – Analysis of ABM Deployment in Pedagogical Instances. *International Journal of Pedagogy Innovation and New Technologies*. DOI: 10.5604/23920092.1159113 Vol. 2, No. 1, 2015, pp. 2-13
- Kivunja, C. (2015). Exploring the Pedagogical Meaning and Implications of the 4Cs "Super Skills" for the 21st Century through Bruner's 5E Lenses of Knowledge Construction to Improve Pedagogies of the New Learning Paradigm. *Creative Education* 6(02):224-239
- Landau, R.H., Páez, J. & Bordeianu, C. (2008). *A Survey of Computational Physics: Introductory Computational Science*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of the National Academy of Engineering*, Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies Press
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. The National Academies Press, Washington, DC
- OECD (2019), *Trends Shaping Education 2019*, OECD Publishing, https://doi.org/10.1787/trends_edu-2019-en.
- OECD Learning Compass 20, <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/30>



- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Think Skills Creat*, 31, 31–43.
- Psycharis, S. & Kalovrektis, K. (2021). A Conceptual Framework for Computational STEAM Integration. *Crosscutting Concepts, Threshold Concepts, Border Objects and their propagation in STEM integrational fusion. Hellenic and International Conference. STE(A)M Educators and Education. Patras 7-9 May 2021*
- Psycharis, S. (2021). Editorial: A New Era with STEM Education?. *Hellenic Journal of STEM Education*, 1(2), 43-44. <https://doi.org/10.51724/hjstemed.v1i2.14>
- Psycharis, S. (2018a) STEAM in Education: A Literature review on the role of Computational Thinking, Engineering Epistemology and Computational Science. *Computational STEAM Pedagogy (CSP). SCIENTIFIC CULTURE*, Vol.4, No.2, 51-72. <https://sci-cult.com>
- Psycharis, S. (2018b). Computational Thinking, Engineering Epistemology and STEM Epistemology: A primary approach to Computational Pedagogy. *International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2018: The Challenges of the Digital Transformation in Education* pp 689-698. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-11935-5_65
- Psycharis, S. (2016). 'Inquiry Based- Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education (Journal "Educational Technology & Society"- Volume 19, Issue 3, 2016.
- Psycharis, S. (2015). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. *Journal of Science Education, and Technology*. 25(2), 316-326 (JOST) DOI 10.1007/s10956-015-9595-z
- Psycharis, S. (2013). The Effects of the Computational Models on Learning Performance, Scientific Reasoning, Epistemic Beliefs and Argumentation. *Computers & Education- Volume 68, October 2013, Pages 253–265 (DOI: 10.1016/j.compedu.2013.05.015*
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough?: Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112, 31-44
- Schleicher, A. (2019), Presentation at the Forum on Transforming Education, Global Peace Convention, Seoul, South Korea.
- Sengupta, P & Shanahan, M. (2017). Boundary Play and Pivots in Public Computation: New Directions in STEM Education. *International Journal of Engineering Education* 33(3):1124
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM Learning through Engineering Design: Impact on Middle Secondary Students' Interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. and Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Ting, L. (2016). STEM from the perspectives of engineering design and suggested tools and learning design. *Journal of Research in STEM Education*. Vol 2, No 1, July 2016, PP 59-71
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.



- Yasar O., Veronesi P., Maliekal J., Little L. J., Vattana S. E. & Yeter I. H. (2016). Presented at: ASEE Annual Conference and Exposition. Presented: June 2016. Project: SCOLLARCIT
- Ψυχάρης, Σ. & Καλοβρέκτης, Κ. (2017). Διδακτική και Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων STEM και ΤΠΕ. Κωδικός Εύδοξος 68374254 ISBN: 978-960-418-706-5. Εκδόσεις Τζιόλα
- Καλοβρέκτης, Κ., Ξενάκης, Α., Ψυχάρης, Σ., & Σταμούλης, Γ. (2020). Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Αναπτυξιακές Πλατφόρμες Ρομποτικής και IoT SBN: 978-960-418-828-4. Εκδόσεις Τζιόλα



1β Μεθοδολογία εμφύχωσης Δεξιοτήτων του νου: The Art Gallery Problem.

Εισαγωγή

Η Wing (2006) εισήγαγε τον όρο «Υπολογιστικής Σκέψης» (Υ.Σ.) αναφέροντας ότι «η Υ.Σ. είναι μια βασική ικανότητα που πρέπει να έχουν οι εκπαιδευόμενοι συμπληρωματικά με τις άλλες τρεις βασικές δεξιότητες: την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική» (βλ. και Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017).

Η Υ.Σ. περιλαμβάνει την επίλυση προβλήματος, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, βασιζόμενη σε έννοιες που είναι πολύ σημαντικές επίσης για την Επιστήμη των Υπολογιστών (Ε.Υ.) (Wing, 2006;2008;2011).

Όταν εισήγαγε αρχικά τον όρο Υ.Σ. η Wing (2006), τον περιέγραψε ως έναν τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευόμενοι σκέφτονται ώστε να επιλύουν προβλήματα. Συνεχίζοντας, στο πνεύμα της Wing, ο Guzdial (2008) αναφέρεται στην Υ.Σ. ως ένα τρόπο για να σκεφτόμαστε σχετικά με «υπολογισμούς», ενώ ο Denning (2011) επέκτεινε την έννοια της Υ.Σ. ώστε να συμπεριλάβει σε αυτήν τα προβλήματα ως διαδικασίες των οποίων η λύση μπορεί να αποδοθεί αλγοριθμικά. Ο Aho (2012) επίσης θεωρεί ότι η νοητική διαδικασία που περιλαμβάνεται στην Υ.Σ. σχετίζεται με τον μετασχηματισμό του προβλήματος προς επίλυση, ώστε η διατύπωση του προβλήματος και η λύση του να μπορεί να εκφρασθεί με τη μορφή αλγορίθμου.

Παρουσιάζουμε συνοπτικά τις διαστάσεις της Υ.Σ. (αυτές που είναι «περισσότερο» αποδεκτές από τους ερευνητές).

1. Η ικανότητα να σκεφτόμαστε αλγοριθμικά
2. Η ικανότητα να διασπάμε το σύστημα σε υποσυστήματα
3. Η ικανότητα να σκεφτόμαστε αφαιρετικά σε διαφορετικά επίπεδα αφάιρεσης
4. Η ικανότητα να γενικεύουμε τις λύσεις σε παρόμοια φαινόμενα-καταστάσεις
5. Η ικανότητα αξιολόγησης του μοντέλου για να οδηγηθούμε σε βελτιστοποιήσεις

Συμπέρασμα: Από την βιβλιογραφία προκύπτει ότι η Υ.Σ. συνδέεται άμεσα με την επίλυση προβλήματος.

1. Η Σύνδεση της Υπολογιστικής Σκέψης με την επίλυση προβλήματος

Η Υ.Σ. - ως μέθοδος επίλυσης προβλήματος - μπορεί να υποστηρίξει την επίλυση προβλημάτων σε όλους τους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των Μαθηματικών, των Φυσικών Επιστημών, της Ψυχολογίας και των Ανθρωπιστικών Επιστημών (βλ. και Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017). Η Υ.Σ. συνδέεται με την διαδικασία επίλυσης προβλήματος καθώς μέσω των πρακτικών της Υπολογιστικής Σκέψης αναγνωρίζονται οι «ποσότητες» (φυσικά μεγέθη, χαρακτηριστικά κατασκευών κλπ) που μπορούν να μετρηθούν, γίνεται αναγνώριση των ποσοτήτων που μπορούν να υπολογισθούν -μέσω της μεθοδολογίας του Υπολογιστικού πειράματος -, π.χ. (φυσικές ποσότητες, χαρακτηριστικά κατασκευών, κλπ.) καθώς επίσης η εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών για να υλοποιηθεί ο «υπολογισμός» ο οποίος θα καταλήγει όχι μόνο σε αριθμητικές τιμές αλλά θα βοηθά για την κατανόηση και αιτιολόγηση των τεχνικών ή φυσικών διαδικασιών που εμπλέκονται στον «υπολογισμό» (ελεύθερη απόδοση από Wing, 2006).

Προβλήματα που επιλύονται με τις διαστάσεις/πρακτικές της Υ.Σ. μπορείτε να βρείτε και σε σχετική ιστοσελίδα που έχει δημιουργηθεί από την Google (<https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>).



Όπως αναφέρεται σε αυτή την ιστοσελίδα, η Υ.Σ. είναι μια διαδικασία επίλυσης προβλήματος με την υλοποίηση της λογικής οργάνωσης-ταξινόμησης και ανάλυσης δεδομένων, την δημιουργία λύσεων μέσω αλγορίθμων, την αναγνώριση προτύπων, την διάσπαση του προβλήματος αλλά και τις στάσεις των εκπαιδευόμενων, όπως η επιμονή για επίλυση- πολύπλοκων και ανοιχτών προβλημάτων, όπως συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή ή στο ερευνητικό εργαστήριο. Τα παραδείγματα αυτά δεν αναφέρονται μόνο στις Θετικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά, αλλά περιλαμβάνουν τη Μουσική, τις Ανθρωπιστικές Επιστήμες κλπ.

2. Η Πλάγια Σκέψη

2.1 Εισαγωγή

Η Υ.Σ. θεωρείται ότι «ενθαρρύνει» τους εκπαιδευόμενους να εμπλέκονται στην επίλυση ενός μεγάλου φάσματος προβλημάτων αλλά θεωρείται και ως γέφυρα που επιτρέπει την «διεπιστημονική καινοτομία» (σύνδεση με την δημιουργική σκέψη) και την ανακάλυψή (σύνδεση με την ανακαλυπτική/διερευνητική μάθηση και τις ψηφιακές δεξιότητες) (Miller et al., 2013). Οι (Miller et al., 2013) περιγράφουν ένα πρόγραμμα συνδυασμού της Υπολογιστικής Σκέψης με τις συνιστώσες της Θεωρίας για την δημιουργικότητα του (Erstein 1996;2005) για τις γνωστικές περιοχές του ακρωνυμίου του STEM αλλά και για τις ανθρωπιστικές γνωστικές περιοχές.

Η δημιουργική σκέψη δεν είναι έμφυτο ταλέντο αλλά είναι μια διαδικασία που μπορεί να αναπτυχθεί μέσω πρακτικών και να «ενθαρρυνθεί». Ο Erstein (1996 ; 2005) ανέπτυξε τέσσερις συνιστώσες για την δημιουργικότητα που περιλαμβάνουν (συνοπτικά) ((Miller et al., 2013):

- **την αποκλίνουσα σκέψη** και δεξιότητες ώστε να μπορούν να προκύψουν καινοτόμα μοτίβα ενώ μπορούν να συνεισφέρουν στην ευρύτητα της γνώσης με πληροφορίες πέραν της γνωστικής περιοχής που κάποιος ήδη γνωρίζει. (Σημείωση: αυτή η συνιστώσα συνδέεται με την διεπιστημονική προσέγγιση της ολοκλήρωσης STEM όπου εμπλέκονται διαφορετικές γνωστικές περιοχές). Με την αποκλίνουσα σκέψη μπορεί ο εκπαιδευόμενος να αναστοχάζεται με τον τρόπο με τον οποίο το αντικείμενο που αξιοποιεί επινοήθηκε από τον δημιουργό του.
- **«την πρόκληση»**, όπου η καινοτομία προκύπτει από εμπλοκή σε καταστάσεις που δεν είναι αποτελεσματικές οι υπάρχουσες μεθοδολογίες και στρατηγικές. Θεωρούμε πως αυτή η συνιστώσα συνδέεται με την μέθοδο επίλυσης προβλήματος -ενός πραγματικού προβλήματος- που συναντάμε στην «ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM. Η πρόκληση περιλαμβάνει και την περιγραφή των διαδικασιών ενός αντικειμένου (της λειτουργίας του) τόσο με λέξεις όσο και με ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή μέσω μιας γλώσσας προγραμματισμού.
- **την «έκθεση»** σε μη σαφείς καταστάσεις και η αλληλεπίδραση με πολλαπλές αισθητηριακές αναπαραστάσεις. Θεωρούμε ότι αυτή η συνιστώσα συνδέεται με τα μη σαφώς ορισμένα-η σαφώς δομημένα- προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην Μηχανική (ill- defined problems).
- **την «σύλληψη»**. Η δημιουργικότητα απαιτεί την προσοχή, την παρατήρηση και την καινοτομία. Θεωρούμε ότι αυτή η συνιστώσα συνδέεται -ή θα μπορούσε να συνδεθεί - με την εύρεση μοτίβου (μια από τις διαστάσεις/πρακτικές της Υπολογιστικής Σκέψης, αλλά και τις εγκάρσιες έννοιες/ιδέες-crosscutting concepts (NGSS, 2013;NRC, 2012).



2.2 Η Υπολογιστική Δημιουργικότητα

Η Υπολογιστική Σκέψη και η Δημιουργική Σκέψη θεωρούνται ως γνωστικά εργαλεία που όταν συνδυασθούν οδηγούν στην «Υπολογιστική Δημιουργικότητα» (Soh et al., 2015). Αυτή η «συνέργεια» δεν πρέπει να εκληφθεί ως μια «αθροιστική ικανότητα» αλλά ως «ολοκληρωμένη» ικανότητα ή προσέγγιση. Τα προβλήματα «πρόκλησης» ενθαρρύνουν την αξιοποίηση των υπολογιστικών εργαλείων (που συνδέονται με την Υπολογιστική Επιστήμη (Landau et al., 2008; Psycharis, 2015; 2016)) σε μη σαφώς ορισμένες καταστάσεις (σαν αυτές που αντιμετωπίζουμε στην ολοκλήρωση STEM), ενώ μπορούν να οδηγήσουν σε νέες υπολογιστικές προσεγγίσεις σε γνωστά αλλά και νέα προβλήματα.

Στην αναφορά (Σκουμπουρδή, 2015) γίνεται μια αναφορά στην υπολογιστική ικανότητα για την ανάπτυξη σύνθετων μαθηματικών δράσεων μέσα από το παιχνίδι ενώ ενθαρρύνεται και η στρατηγική μαθηματική σκέψη (Rutherford, 2015).

Συμπέρασμα: Η Δημιουργικότητα συνδέεται με την Υπολογιστική Σκέψη μέσω (και) της αποκλίνουσας σκέψης, της «πρόκλησης» σε νέες μεθοδολογίες, της εύρεσης μοτίβου και της εμπλοκής σε μη σαφώς ορισμένα προβλήματα που αποτελούν βασική συνιστώσα της «ολοκληρωμένης προσέγγισης STEAM» (εδώ προσθέσαμε και το Art(Arts)) αλλά ευνοούν και τις δεξιότητες STEM, τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, αναγκαίες για νέες μορφές εργασίας, όπως περιγράφονται στην αναφορά https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf.

3. Η Υπολογιστική Σκέψη και οι Επιστήμες

Οι (Weintrop et al., 2016) παρουσίασαν μια ταξινόμια που συνδέει την Υ.Σ. με τις Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά και την Μηχανική και το computing (βλ. και Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2017 ; Καλοβρέκτης, Ξενάκης, Ψυχάρης & Σταμούλης, 2020).

Η ταξινόμια αποτελείται από τέσσερις πρακτικές της Υ.Σ.:

- A) πρακτικές για συλλογή δεδομένων,
- B) πρακτικές μοντελοποίησης και προσομοίωσης,
- Γ) πρακτικές υπολογιστικής επίλυσης προβλήματος

Δ) πρακτικές διερεύνησης λειτουργίας των συστημάτων (σχέση των τμημάτων του συστήματος με το όλο σύστημα).

Η παραπάνω ταξινόμηση συνδέει την Υ.Σ. με την συλλογή δεδομένων μέσω της δημιουργίας μοντέλων αλλά και την Υπολογιστική Δημιουργικότητα και την Υπολογιστική Σκέψη, που μπορεί να αποτελεί έναν «ολοκληρωτικό παράγοντα» (integrator) της ολοκλήρωσης STEAM (Psycharis & Kalovrektis, 2021; Psycharis, 2021; Psycharis, Kalovrektis & Xenakis, 2020).

Στην αναφορά (Καλοβρέκτης, Ξενάκης, Ψυχάρης & Σταμούλης, 2020) παρουσιάζονται λεπτομερώς οι παραπάνω κατηγορίες των (Weintrop et al., 2016):

Στις πρακτικές για την συλλογή δεδομένων περιλαμβάνονται τα:

η δημιουργία δεδομένων, συλλογή δεδομένων, ανάλυση δεδομένων, διαχείριση των δεδομένων και οπτικοποίηση των δεδομένων.

Στις πρακτικές μοντελοποίησης και προσομοίωσης περιλαμβάνονται :

η χρήση υπολογιστικών μεθόδων (αναφερόμαστε στην Υπολογιστική Επιστήμη και το Υπολογιστικό Πείραμα για να παράγουμε «πραγματικά» και όχι «εικονικά δεδομένα») για την κατανόηση εννοιών, η χρήση υπολογιστικών μεθόδων για την εύρεση και τον έλεγχο της λύσης, ο σχεδιασμός και η κατασκευή υπολογιστικών μοντέλων.



Στις πρακτικές υπολογιστικής επίλυσης προβλήματος περιλαμβάνονται :

η δημιουργία «υπολογιστικών αφαιρέσεων», η χρήση κατάλληλων υπολογιστικών εργαλείων, η ανάπτυξη τμηματικών υπολογιστικών λύσεων, ο προγραμματισμός και τέλος η «προετοιμασία» του προβλήματος για να λυθεί με Υπολογιστικό τρόπο.

Στις πρακτικές διερεύνησης λειτουργίας των συστημάτων περιλαμβάνονται:

η «ανακάλυψη» των σχέσεων ανάμεσα στα μέρη ενός συστήματος, η σύλληψη του συστήματος ως «όλου» και η «ανακάλυψη» της πολυπλοκότητας του συστήματος.

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα που αναφέρεται στην Υ.Σ. και τις πρακτικές της Επιστήμης, των Μαθηματικών και της Μηχανικής (όπως αναφέρονται στις αναφορές NRC, 2012 ; NGSS, 2013), θα παρατηρήσουμε ότι υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός κοινών σημείων μεταξύ τους όπως επίσης και με την Τεχνολογία, όπου η Τεχνολογία ορίζεται ως διαδικασία παραγωγής τεχνουργήματος (κατά την διάρκεια επίλυσης του προβλήματος) (βλ. Kroes & Van de Poel, 2009).

Για παράδειγμα στις βασικές έννοιες της Τεχνολογίας, περιλαμβάνονται η «σχεδίαση», τα «συστήματα» και ο «έλεγχος» (βλ. Kroes & Van de Poel, 2009). Επίσης στις πρακτικές των Μαθηματικών υπάρχει η αφαιρετική σκέψη και η μοντελοποίηση. Στις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών(Φ.Ε.) και της Μηχανικής υπάρχουν οι πρακτικές της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων, η αξιοποίηση της Μαθηματικής και Υπολογιστικής Σκέψης και το «computing».

Από τα παραπάνω προκύπτει σαφώς ότι υπάρχει μια ισχυρή σύνδεση της Υ.Σ. όχι μεμονωμένα με τις γνωστικές περιοχές του STEM αλλά και της «ολοκληρωμένης προσέγγισης STEAM» καθώς η Υ.Σ. διατρέχει οριζόντια αλλά και εγκάρσια τις γνωστικές περιοχές που εμπλέκονται στο STEM και αυτό αιτιολογεί και τον προσδιορισμό της ως «συνοριακό αντικείμενο» (Psycharis & Kalovrektis, 2021).

Η Υ.Σ. θα μπορούσε να είναι ο «μέσο-αγωγός» που θα ενώσει τις πρακτικές των γνωστικών περιοχών του STEAM, ενισχύοντας την άποψη της «εκπαίδευσης STEAM», ενώ υπάρχει αντιστοίχιση των πρακτικών των καλλιτεχνών με αυτές των Επιστημόνων και των Μηχανικών (Zhbanova , 2017).

4. Βιβλιογραφική τεκμηρίωση

- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. The Computer Journal, 55(7), 832-835.
- Denning, P. J. (2011). Ubiquity Symposium: What Have We Said About Computation?: Closing Statement. Ubiquity, 2011(April), 1-7. doi:10.1145/1967045.1967046
- Epstein, R. (1996). Cognition, Creativity, and Behavior: Selected Essays. Praeger, 1996.
- Epstein, S. Gelfand, J. & Lock, E. (1998). Learning game-specific spatially-oriented heuristics. Constraints, 3(2-3), 239-253.
- Epstein, R. (2005) Generativity theory and creativity. Theories of Creativity. Hampton Press, 2005.
- Guzdial, M. (2008). Paving the way for computational thinking. Communications of the ACM, 51(8), 25–27
- Kroes, P., & Van de Poel, I. (2009). Problematizing the notion of Social Context of Technology. In S. H. Christensen, B. Delahousse, & M. Meganck (Eds.), Engineering in context (pp. 61-74). Denmark: Academica, ISBN 978-87-7675-700-7.



- Landau, RH., Páez, J. & Bordeianu, C. (2008). A Survey of Computational Physics: Introductory Computational Science. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- Miller,D., Soh,L., Chiriacescu,V., Ingraham, E., Shell,D., Ramsay, S.& Melissa Patterson Hazley,P.(2013).“Improving learning of computational thinking using creative thinking exercises in CS-1 computer science courses,” in Proc. IEEE Frontiers Educ. Conf., Oklahoma City, OK, USA, 2013, pp. 1426–1432
- Psycharis,S.&Kalovrektis,K.(2021). A Conceptual Framework for Computational STEAM Integration. Crosscutting Concepts, Threshold Concepts, Border Objects and their propagation in STEM integrational fusion. Hellenic and International Conference. STE(A)M Educators and Education. Patras 7-9 May 2021
- Psycharis, S. (2021). Editorial: A New Era with STEM Education?. Hellenic Journal of STEM Education, 1(2), 43-44. <https://doi.org/10.51724/hjstemed.v1i2.14>
- Psycharis, S. (2016).‘Inquiry Based- Computational Experiment, Acquisition of Threshold Concepts and Argumentation in Science and Mathematics Education (Journal “Educational Technology & Society”- Volume 19, Issue 3, 2016.
- Psycharis, S. (2015). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. Journal of Science Education, and Technology.25(2),316-326 (JOST) DOI 10.1007/s10956-015-9595-z
- Psycharis,S., Kalovrektis,K.,& Xenakis,A.(2020). A Conceptual Framework for Computational Pedagogy in STEAM education: Determinants and perspectives. Hellenic Journal of STEM Education, Volume 1, <http://www.hellenicstem.com/index.php/journal>. Vol 1 No 1 (2020): Hellenic Journal of STEM Education
- Rutherford, K. (2015). Why play math games? National Council of Teachers of Mathematics.
- Soh,I.,Shell,D.,Ingraham.E.,Ramsay,S.& Moore,B.(2015). Learning Through Computational Creativity-Communications of the ACM, Vol. 58 No. 8, Pages 33-35 10.1145/2699391
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. Journal of Science Education and Technology, 25(1), 127-147. doi:10.1007/s10956-015-9581-5
- Wing, J. M .(2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49, 33-35.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. Philosophical Transactions of the Royal Society a-Mathematical Physical and Engineering Sciences, 366(1881), 3717-3725. doi:10.1098/rsta.2008.0118
- Wing, J. M. (2011, March 06). Computational thinking: What and why. The Link. Retrieved from <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- Zhbanova, K. S. (2017). How the arts standards support STEM concepts: A journey from STEM to STEAM. Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 2(2), 1-14.
- Καλοβρέκτης,Κ., Ξενάκης,Α., Ψυχάρης,Σ.,& Σταμούλης, Γ.(2020). Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Αναπτυξιακές Πλατφόρμες Ρομποτικής και IoT SBN: 978-960-418-828-4. Εκδόσεις Τζιόλα
- Σκουμπουρδή, Χ. 2015. Το παιχνίδι στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 5. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/1284>
- Ψυχάρης, Σ. & Καλοβρέκτης, Κ. (2017). Διδακτική και Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων STEM και ΤΠΕ. Κωδικός Εύδοξος 68374254 ISBN: 978-960-418-706-5. Εκδόσεις Τζιόλα