

Ωστόσο, πολλοί ερευνητές συνεχίζουν να μελετούν τρόπους για μια πλήρη οριοθέτηση της δια-επιστημονικότητας και του STEM (π.χ. Eigenbrode, O'Rourke, Wulfhorst, Althoff, Goldberg, Merrill, Morse, Nielsen-Pincus, Stephens, Winowiecki, *Employing philosophical dialogue in collaborative science*. BioScience, 2007). Με μια όχι και τόσο σαφή οριοθέτηση των όρων και ειδικά της δια-επιστημονικότητας, είναι επίσης δύσκολο και να αποφασίσουμε για τα εργαλεία της αξιολόγησης των εκπαιδευόμενων που θα πρέπει αν χρησιμοποιηθούν στη εφαρμογή της δια-επιστημονικότητας. Αυτή η σχετική ασάφεια μας εμποδίζει επίσης να έχουμε ένα συνεκτικό ορισμό για την «ολοκληρωμένη» προσέγγιση. Παραπάνω παρουσιάσαμε την εικόνα που συνδέει τις παραπάνω έννοιες σχετικά με την επίδρασή τους στην «ολοκληρωμένη» προσέγγιση. Σύμφωνα με τους Vasquez et al. (2013), οι παραπάνω έννοιες δείχνουν τον βαθμό ολοκλήρωσης του STEM και δεν είναι τελείως διαφορετικές μεταξύ τους. Όπως φαίνεται στην εικόνα, καμία από αυτές τις διδακτικές προσεγγίσεις δεν είναι λάθος. Διαφέρουν κυρίως ως προς τον βαθμό «ολοκλήρωσης». Όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός ολοκλήρωσης τόσο πιο πολύ προσεγγίζουμε την εγκάρσια διε-επιστημονικότητα (δια-επιστημονικότητα).

Η άποψη των συγγραφέων είναι επίσης ότι η δια-επιστημονικότητα παρουσιάζει αυτό που μπορεί να καλέσουμε αναδύομενη συμπεριφορά (emerging behavior). Είναι μια πρότασή μας η οποία ακόμα χρειάζεται επεξεργασία, αλλά προέρχεται από την τροφοδότηση ενός γνωστικού αντικείμενου από τα άλλα, όπως π.χ. ο λαιμός μας επικοινωνεί με τα υπόλοιπα μέρη του σώματός μας.

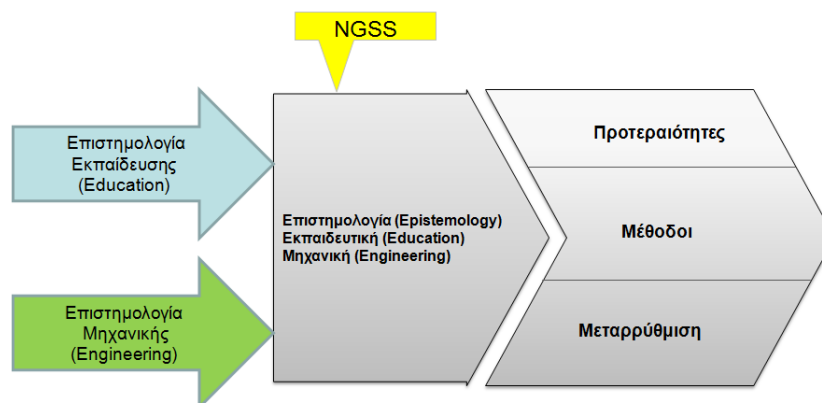
Θεωρούμε επίσης ότι το STEM μπορεί -ως εφαρμογές- να συνδυασθεί με εφαρμογές της θεωρίας της πολυπλοκότητας και οι συγγραφείς εργάζονται -αυτοσχέδια προς το παρόν- στην κατεύθυνση αυτή.

## 4.2 Το επιστημολογικό πλαίσιο για την εισαγωγή του STEM στην εκπαίδευση

Μέχρι τώρα έχουμε συζητήσει διάφορες επιστημολογικές προσεγγίσεις, την Υ.Ε. και την Υ.Σ. καθώς και την διερευνητική/ανακαλυπτική μάθηση. Ο σκοπός μας τώρα είναι να επιχειρήσουμε μια σύνθεση όλων αυτών, να αποκτήσουμε δηλαδή μια ενοποιημένη εικόνα, ένα πρότυπο να εντάξουμε το STEM στην εκπαίδευση. Είδαμε ότι:

Η **Υπολογιστική Επιστήμη (Υ.Ε.)** εστιάζει στην χρήση των προηγμένων υπολογιστικών δυνατοτήτων για την κατανόηση και την λύση περίπλοκων προβλημάτων, ενώ έχει τις δικές της μεθόδους για να «υποχρεώσει» τα προβλήματα να λυθούν με τη χρήση των μαθηματικών, της επιστήμης των υπολογιστών και τις διάφορες γνωστικές περιοχές (βλ. και αντίστοιχη εικόνα στο Κεφάλαιο 3).

### Η σύνδεση της Επιστήμης των Μηχανικών με τις Επιστήμες, τα Μαθηματικά και την Εκπαίδευση.



Η Υ.Ε. σύμφωνα με την προηγούμενη ανάλυσή μας, συνδέεται με συνεκτικό τρόπο με την υπολογιστική σκέψη (Υ.Σ.). Τα παραπάνω μας οδηγούν να επιχειρήσουμε μια σύνθεση με την δια-επιστημονική επιστημολογική προσέγγιση. Γι' αυτό θα βοηθηθούμε από τις σχετικές έρευνες που συνηγορούν στην μετάπτωση από την επιστημολογία για την εκπαίδευση των επιστημών και την «φύση των επιστημών» προς την επιστημολογική θεώρηση που λαμβάνει υπόψη της και την επιστημολογία για την εισαγωγή της επιστήμης των μηχανικών.

Σύμφωνα με την επιτροπή NGSS (Next Generation Science Standards), οι εκπαιδευτικοί των επιστημών εκφράζουν συνεχώς την ανησυχία τους σχετικά με την έλλειψη κατανόησης εννοιών από την επιστήμη

των μηχανικών και θεωρούν ότι θα πρέπει να αλλάξουν στοιχεία του αναλυτικού προγράμματος στην εκπαίδευση των επιστημών και ότι θα πρέπει να ενταχθούν αυτά τα στοιχεία στην επιμόρφωσή τους (Bybee, 2013). Το STEM περιέχει την επιστήμη των μηχανικών η οποία δεν μπορεί να ενταχθεί επιστημολογικά χωρίς να αναφερθούν οι ιδιαιτερότητες της επιστήμης των μηχανικών. Οι ιδιαιτερότητες αυτές – για την εκπαίδευση- εστιάζουν κυρίως στο λεγόμενο design thinking, που και αυτό συνδέεται με τις διαστάσεις της Υ.Σ. Η εκπαίδευση STEM ενώ θεωρείται καινοτομία, ωστόσο έχει προκαλέσει πολλές ανησυχίες μήπως εστιάζει απλά στη σύνδεση γνωστικών περιοχών με ένα τρόπο που δεν προκαλεί την «ολοκλήρωση» (Abell & Lederman, 2007; Sanders, 2009; Wang κ.α., 2011), αλλά είναι μια απλή γραμμική προσέγγιση. Θα πρέπει, επίσης, να λάβουμε υπόψη μας και το εξής: δεδομένου του μεγάλου «σώματος γνώσης» που χρειάζεται –από τις γνωστικές περιοχές του STEM- για να είναι ο εκπαιδευτικός σήμερα ένας αποτελεσματικός εκπαιδευτικός, θα χρειασθεί να σχεδιασθεί ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που θα προετοιμάζε προπτυχιακούς εκπαιδευτικούς ή εν ενεργεία εκπαιδευτικούς και το οποίο θα συνδυάζει την παιδαγωγική γνώση με την γνώση περιεχομένου.

#### **Από όλα αυτά καταλήγουμε στην πρότασή μας.**

*Η ολοκληρωμένη εικόνα για την εισαγωγή του STEM στην εκπαίδευση πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τη μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος, την δια-επιστημονική προσέγγιση και να υλοποιείται ως μεθοδολογία επίλυσης προβλήματος με την διερευνητική/ανακαλυπτική μάθηση.*

#### **Δραστηριότητα 4.3**

**STEM και Υπολογιστική Σκέψη:** Να μελετήσετε το άρθρο Bringing computational thinking to STEM Education, (Swaid, 2015) όπου επιχειρείται η σύνδεση της Υ.Σ. με το STEM. Να μελετήσετε κριτικά το άρθρο και να το σχολιάσετε ως προς την σύνδεση της Υ.Σ. με το επιστημολογικό περιεχόμενο του STEM.

### **4.3 STEM και αναλυτικά προγράμματα**

Σύμφωνα με ερευνητικά αποτελέσματα, η εφαρμογή της επιστημολογίας STEM ευνοείται και έχει καλύτερα αποτελέσματα όταν ο εκπαιδευτικός έχει επαρκή γνώση του επιστημονικού περιεχομένου, αλλά και παιδαγωγική γνώση του περιεχομένου του γνωστικού αντικειμένου, ώστε να μπορέσει να κάνει διδακτική αναπλαισίωση.

Αντί να διδάσκουμε το περιεχόμενο του κάθε γνωστικού αντικειμένου και δεξιότητες και να προσδοκούμε ότι οι μαθητές θα δουν τις συνδέσεις με τον πραγματικό κόσμο, μια ολοκληρωμένη προσέγγιση αναζητά τον εντοπισμό συνδέσεων ανάμεσα στα γνωστικά πεδία του STEM και παρέχει ένα πλαίσιο για την μάθηση του περιεχομένου με δια-επιστημονικό τρόπο. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εμπλακούν στην διαδικασία σύμφωνα με την οποία οι Φυσικές Επιστήμες (Science), η Τεχνολογία (Technology), η Μηχανική (Engineering) και τα Μαθηματικά (Mathematics) πρέπει να εφαρμόζονται σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου (Kelley & Knowles, 2016). Οι Kelley & Knowles (2016) προτείνουν ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την εκπαίδευση STEM (βλ. παρακάτω εικόνα). Ο σκοπός του προτεινόμενου πλαισίου είναι ο συνδυασμός στοιχείων των θεωριών μάθησης και των διδακτικών σχεδιασμών (βλ. κεφάλαια 1,2), ώστε να δομηθεί μια μαθησιακή και διδακτική ακολουθία με δια-επιστημονικό επιστημολογικό περιεχόμενο (Παλιούρας, 2017 Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ STEM ΑΣΠΑΙΤΕ).

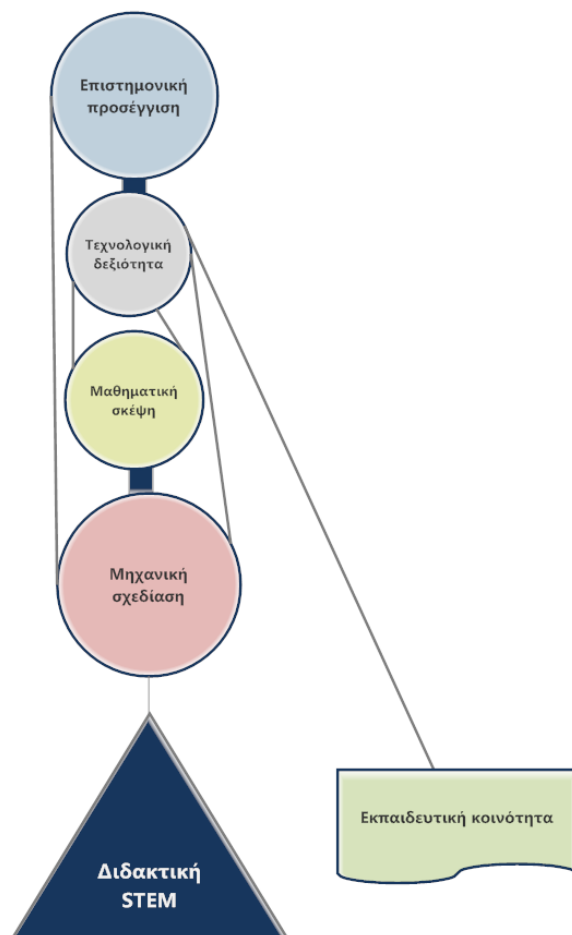
Στην εικόνα παρατηρούμε ότι οι έννοιες της εγκαθιδρυμένης μάθησης (Situated Learning), της μηχανικής σχεδίασης (Engineering Design), της επιστημονικής έρευνας (Science Inquiry), του τεχνολογικού γραμματισμού (Technological Literacy) και της μαθηματικής σκέψης (Mathematical Thinking) είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους, σαν ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Κάθε τροχαλία στο σύστημα συνδέει κοινές πρακτικές εντός των τεσσάρων κλάδων του STEM οι οποίες περιορίζονται από το σκοπικό των κοινότητων πρακτικής.

Οι κοινότητες πρακτικής είναι ομάδες που μοιράζονται τη γνώση τους (μέσω π.χ. σεναρίων), συζητούν και παράγουν νέες προτάσεις για τις καθημερινές πρακτικές τους στην εκπαιδευτική πρακτική. Σύμφωνα με τους Kelley & Knowles (2016), οι STEM δραστηριότητες δεν είναι ανάγκη να εμπλέκουν κάθε φορά όλα τα γνωστικά πεδία του STEM. Το θεμελιώδες είναι να έχουν κατανοήσει οι εκπαιδευτικοί την δια-επιστημονική επιστημολογία του STEM και να συμμετέχουν σε κοινότητες πρακτικής όπου θα αντιμετωπίζεται ένα πρόβλημα από διάφορες γνωστικές περιοχές με ανατροφοδότηση μεταξύ τους. Θα επιχειρή-

σουμε να αναλύσουμε τον ρόλο των τροχαλιών γιατί η κάθε τροχαλία προσδιορίζει και ένα αντίστοιχο ρόλο στην μαθησιακή και διδακτική ακολουθία με ένα συνεπή τρόπο (Παλιούρας, 2017 Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ STEM ΑΣΠΑΙΤΕ).

- **Τροχαλία 1: Μηχανική σχεδίαση.** Η «μηχανική σχεδίαση-design thinking» μπορεί να αποτελέσει θεμελιώδη παράγοντα για την επιστημολογική υλοποίηση του STEM . Η εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες μπορεί να βελτιωθεί μέσω της μηχανικής σχεδίασης διότι δημιουργεί πολλές ευκαιρίες για διερεύνηση και εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης κυρίως με πρακτικές δραστηριότητες (hands on-unplugged). Επίσης, παρέχει ένα αυθεντικό πλαίσιο μάθησης για την μαθηματική λογική και την αιτιολόγησήκατά τη διάρκεια της σχεδίασης. Η διαδικασία της μηχανικής σχεδίασης επιτρέπει στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τα μαθηματικά και την επιστημονική διερεύνηση για τη δημιουργία και τη διεξαγωγή πειραμάτων από την έκβαση των οποίων οι μαθητές μαθαίνουν για την λειτουργία και την απόδοση πιθανών σχεδιαστικών λύσεων πριν την κατασκευή των τελικών πρωτότυπων.

**Εννοιολογικό πλαίσιο για την εκπαίδευση STEM (Kelley & Knowles, 2016).** Ένας πολύπλοκος μηχανισμός που πρέπει να συντονισθεί με αρμονία για να εξασφαλίσει την ολοκλήρωση όλων των υποσυστημάτων και να «ανυψώσει» το φορτίο STEM.



- **Τροχαλία 2: Επιστημονική έρευνα.** Η επιστημονική έρευνα –προσέγγιση προετοιμάζει τους μαθητές να σκέφτονται και να δρουν σαν πραγματικοί επιστήμονες ακολουθώντας επιστημονικές τυπικές διαδικασίες όπως το να κάνουν ερωτήσεις, να κάνουν υποθέσεις, να διεξάγουν έρευνες και να χρησιμοποιούν κατάλληλες μεθοδολογίες. Μια προσέγγιση βασισμένη στην επιστημονική έρευνα, περιλαμβάνει υψηλού επιπέδου γνώσεις και ικανότητες και εμπλοκή των καθηγητών και των μαθητών. Η επιστημονική έρευνα συνδέεται-σε ένα διδακτικό σχεδιασμό- με τα επτά στάδια της ανακαλυπτικής/διερευνητικής μάθησης και κυρίως με την συλλογή και ανάλυση των δεδομένων και την «παραγωγή» εξήγησης.

- ▶ **Τροχαλία 3: Τεχνολογικός εγγραμματισμός.** Η τεχνολογία είναι ένα σύνολο γνώσεων, δεξιοτήτων και πρακτικών. Πρέπει να δίνονται ευκαιρίες στους μαθητές να σκέφτονται κριτικά για την τεχνολογία και να γίνουν τεχνολογικά εγγράμματοι. Οι καθηγητές STEM πρέπει να παρέχουν στους μαθητές τους ευκαιρίες για να σκέφτονται μέσω της τεχνολογίας σαν ένα όχημα για αλλαγές με αρνητικές και θετικές επιπτώσεις στον πολιτισμό, στην κοινωνία, στην πολιτική, στην οικονομία και στο περιβάλλον. Η τροχαλία αυτή έχει άμεση σχέση με την υπολογιστική επιστήμη, λόγω της επιστημολογίας του STEM. Υπάρχει, όμως, κίνδυνος να θεωρηθεί το STEM μόνο ως τεχνολογικός εγγραμματισμός, κάτι που θεωρούμε ως μη συμβατό με την επιστημολογία του STEM.
- ▶ **Τροχαλία: Μαθηματική σκέψη.** Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές έχουν καλύτερες επιδόσεις στα μαθηματικά όταν οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν την μεθοδολογία STEM. Ενσωματώνοντας STEM πρακτικές, που περιλαμβάνουν μαθηματικές αναλύσεις, αλγορίθμους, μοντέλα, απαραίτητες για την αξιολόγηση σχεδιαστικών λύσεων (engineering design), παρέχουμε την δυνατότητα στους μαθητές να γνωρίσουν την μαθηματική σκέψη και να δουν τις συνδέσεις ανάμεσα σε αυτά που έμαθαν στο σχολείο και σε αυτά που απαιτούνται στα επαγγέλματα που συνδέονται με το STEM.
- ▶ **Το σκοινί: Κοινότητες πρακτικής.** Σε μια κοινότητα πρακτικής, αρχάριοι και πιο έμπειροι επαγγελματίες, μπορούν να μάθουν από την παρατήρηση, την υποβολή ερωτήσεων και από την συμμετοχή τους στην κοινότητα μαζί με άλλους που έχουν διαφορετική εμπειρία ο καθένας. Η μαθησιακή διαδικασία ευνοείται όταν αρχάριοι και έμπειροι συμμετέχοντες οργανώνουν τα μαθησιακά καθήκοντα με τέτοιο τρόπο ώστε όλοι οι συμμετέχοντες έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν και να εμπλακούν σε κοινές πρακτικές. Μια κοινότητα για το STEM στην εκπαίδευση είναι μια πρόκληση για τους καθηγητές διότι γνωρίζουν από πιο έμπειρους «πράκτορες», είτε με απευθείας συζήτηση είτε με λογισμικά. Επίσης, πολλές φορές μέλη της κοινότητας επιτρέπουν σε συναδέλφους τους, που είναι και αυτοί μέλη, να εξασκηθούν στην STEM μεθοδολογία κατά τη διάρκεια των μαθημάτων τους, π.χ. μελετώντας αντίστοιχα σενάρια, ασκώντας κριτική, προτείνοντας νέες εναλλακτικές λύσεις.

Με βάση τα παραπάνω, τα αναλυτικά προγράμματα θα πρέπει να επανασχεδιασθούν. Τα νέα αναλυτικά προγράμματα θα πρέπει να κινούνται προς την «ολοκλήρωση» της γνώσης. Δεν αναφερόμαστε σε «διαθεματικά» προγράμματα που καταργούν τα γνωστικά αντικείμενα. Αντίθετα, θεωρούμε πολύ σημαντικό να κρατηθούν τα γνωστικά αντικείμενα και να ολοκληρωθούν δια-επιστημονικά μεταξύ τους ακολουθώντας την μεθοδολογία του υπολογιστικού πειράματος και τις διαστάσεις της Υ.Σ.

#### 4.4 Πρακτικός οδηγός εισαγωγής του STEM

Οι Vasquez et al. (2013) προτείνουν πέντε βασικές αρχές που πρέπει να έχουμε υπόψη μας για τη σχεδίαση STEM μαθημάτων (Παλιούρας, 2017 Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ STEM ΑΣΠΑΙΤΕ).

1. **Εστίαση στην «ολοκλήρωση».** Αναφέρεται στην σημαντικότητα της δια-επιστημονικής προσέγγισης μεταξύ δύο ή περισσότερων γνωστικών πεδίων, η οποία βοηθά τους μαθητές να κατανοούν την σύνδεση θεμάτων και πληροφοριών που αρχικά φαίνεται ασύνδετη. Σκεφθείτε σε αυτό το σημείο όσα έχουμε αναφέρει για τα διδακτικά μοντέλα στο κεφάλαιο 2. Συνδυάζοντας π.χ. την επιστήμη με την μηχανική, είτε τις κοινωνικές επιστήμες με τα μαθηματικά, μέσω της δια-επιστημονικής προσέγγισης, οι μαθητές θα είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν και να συνδέσουν πληροφορίες και γνώσεις από διαφορετικά γνωστικά πεδία και να προτείνουν λύσεις σε ένα πραγματικό πρόβλημα.
2. **Δημιουργία συνδέσεων.** Δεν είναι πάντα εμφανές στους μαθητές πώς η νέα αποκτηθείσα γνώση είναι εφαρμόσιμη. Για το λόγο αυτό, πρέπει να φροντίσουμε για την σύνδεση της νέας γνώσης με προβλήματα και τις καταστάσεις του πραγματικού κόσμου που χρειάζονται τεχνολογικές λύσεις. Τα συνηθέστερα ερωτήματα που θέτουν οι μαθητές στους εαυτούς τους είναι: Με ενδιαφέρει να το γνωρίζω αυτό και γιατί; Πού θα μου χρησιμεύσει αυτήν η γνώση και πληροφορία; Θα με βοηθήσει να αποκτήσω περισσότερες γνώσεις και δεξιότητες στο αντικείμενο που θέλω να ασχοληθώ στο μέλλον;