


# 4

## Το STEM και η Υπολογιστική Σκέψη στη Διδακτική / Εισαγωγή στη Θεωρία & Μεθοδολογία του STEM



### Διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου

**Στόχοι:** Ο αναγνώστης μελετώντας το κεφάλαιο θα είναι ικανός:

- να γνωρίσει την επιστημολογία του STEM.
- να εμβαθύνει στην δια-επιστημονικότητα του STEM.
- να συνδέσει την μεθοδολογία STEM με την υπολογιστική σκέψη και τις διαστάσεις της .

**Δεξιότητες:** Ο αναγνώστης μετά τη μελέτη του κεφαλαίου θα είναι ικανός:

- να εφαρμόζει την δια-επιστημονική προσέγγιση σε διδακτικά μοντέλα.
- να συνδέει -εφαρμόζοντας σε προβλήματα- την υπολογιστική σκέψη και το υπολογιστικό πείραμα με την STEM προσέγγιση.
- να αισθάνεται ασφαλής να εφαρμόζει την STEM προσέγγιση σε θεματικές ενότητες της γνωστικής του περιοχής.
- να αισθάνεται ασφαλής ότι γνωρίζει την επιστημολογία STEM.

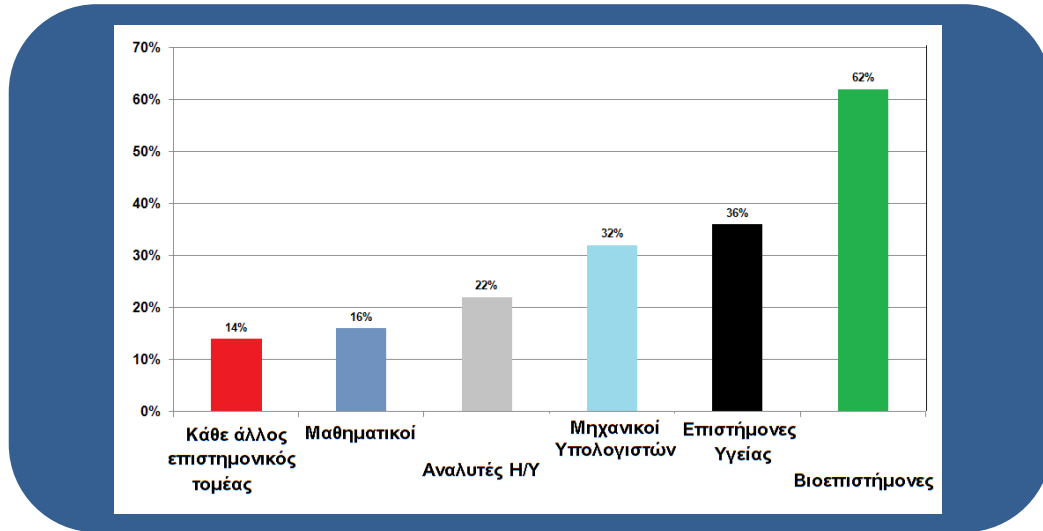
**Λέξεις κλειδιά:** επιστημολογία, δια-επιστημονικότητα, υπολογιστική σκέψη, STEM.

### 4.1 Η επιστημολογία του STEM

Έχουμε αναφέρει τις διαστάσεις της Υ.Σ. και την προώθησή της από Πανεπιστήμια και διεθνείς οργανισμούς (π.χ. το κέντρο Υ.Σ. του Carnegie Mellon University, του οργανισμού CSTA, της Google, του προγράμματος Computer Science Unplugged κλπ). Επίσης, ο τρόπος μελέτης και έρευνας σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα (Φυσική, Οικονομία, Βιολογία κ.τ.λ.) έχει μεταβληθεί από τη χρήση της Υ.Σ., η οποία οδηγεί σε βαθύτερη κατανόηση των προβλημάτων που προκύπτουν και βοηθά στην ανάπτυξη νέων διδακτικών προσεγγίσεων. Στην ενότητα αυτή θα επιχειρήσουμε να ολοκληρώσουμε το STEM (Science,

Techology, Engineering and Mathematics) με τη διδακτική και τις διαστάσεις της Υ.Σ. (Ψυχάρης, 2017). Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της Kearney (2015), για το European Schoolnet, το 80% των 30 χωρών που συμμετείχαν σε έρευνα για το STEM στην εκπαίδευση, αναφέρουν ότι η εκπαίδευση STEM είναι προτεραιότητα του εκπαιδευτικού τους συστήματος σε εθνικό επίπεδο. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό αφορά και την οικονομία των χωρών, όπως προκύπτει και από την παρακάτω εικόνα και αφορά την αγορά εργασίας σχετικά με το STEM.

#### Εργασίες σχετικές με το STEM.



Ένα αναλυτικό πρόγραμμα βασισμένο στο STEM θα πρέπει να στηρίζεται στην επιστημολογία του STEM. Σύμφωνα με τον Morrison (2006), το STEM είναι μια μεταγνωστική περιοχή (meta-discipline) (Kaufman κ.α., 2003), δηλαδή αφορά την δημιουργία μιας γνωστικής περιοχής που βασίζεται στην «ολοκλήρωση» άλλων γνωστικών περιοχών σε μια νέα «ολότητα», ενώ ως μεταγνωστική περιοχή (meta-discipline) περιέχει έννοιες που συχνά συγκρούονται μεταξύ τους.

Το μόνο δεδομένο που έχουμε έως τώρα είναι ότι μέσω του STEM, οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αποκτήσουν αίσθηση του κόσμου και των φαινομένων που μας περιβάλλουν με ένα ολιστικό τρόπο, παρά με την μάθηση απομονωμένων τμημάτων και φαινομένων κι σε αυτό θα στηριχθούμε για να οριοθετήσουμε την επιστημολογία του.

Η επιστημολογία του STEM στηρίζεται στην δια-επιστημονικότητα ή εγκάρσια διε-επιστημονικότητα (transdisciplinary), με βασικό προσανατολισμό την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων πραγματικών καταστάσεων, αξιοποιώντας εργαλεία από διάφορα επιστημονικά πεδία. Θα επιχειρήσουμε να προσδιορίσουμε την επιστημολογία του STEM οριοθετώντας τους όρους δια-επιστημονικότητα (interdisciplinary), πολυδιάστατη (multidisciplinary) και διε-επιστημονικότητα (transdisciplinary). Η οριοθέτηση αυτή είναι σημαντική γιατί θα προσδιορίσει την επιστημολογία του STEM και στη συνέχεια θα προσδιορίσει και τους τρόπους σύνδεσης με την Υ.Σ. και την Διδακτική.

Γενικά, οι γνωστικές περιοχές μας παρέχουν συστήματα αναφοράς, μεθοδολογικές προσεγγίσεις, έννοιες και συνδέσεις εννοιών, μοντέλα και επίσης μια κοινή γλώσσα που θα την κατανοούν όλοι που ασχολούνται με αυτή την γνωστική περιοχή ώστε να επικοινωνούν μεταξύ τους, να πηγαίνουν σε κοινά συνέδρια κλπ. Η ένταξη σε μια γνωστική περιοχή παρέχει επίσης την επιστημολογική και οντολογική ασφάλεια ώστε να προχωρά η συγκεκριμένη γνωστική περιοχή χωρίς κάθε φορά οι ασχολούμενοι με αυτήν να θέτουν ερωτήματα σχετικά με την φύση της επιστήμης για τη συγκεκριμένη γνωστική περιοχή. Ωστόσο, είναι προφανές ότι 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.

Οι πολιτικοί επίσης αγωνιούν καθώς δεν μπορούν να δώσουν απλές λύσεις σε πολύπλοκα προβλήματα (Jackson κ.α., 2006). Ως αποτέλεσμα έχει αναπτυχθεί έντονο ενδιαφέρον στις επιστημονικές κοινότητες και στα ιδρύματα χρηματοδότησης της έρευνας για να αναπτυχθούν τρόποι «ολοκληρωμένων» ερευνητικών αποτελεσμάτων, σπάζοντας με αυτό τον τρόπο τις μεθοδολογικές, επιστημολογικές και οντολογικές παραδοχές μιας μεμονωμένης γνωστικής περιοχής.

Η εκπαίδευση STEM ακολουθεί την εγκάρσια διεπιστημονικότητα ή δια-επιστημονική (transdisciplinary) προσέγγιση. Πριν προχωρήσουμε στην αποσαφήνιση του όρου της δια-επιστημονικότητας, θα παραθέσουμε ορισμένους ορισμούς. Ενώ συχνά συναντάμε τους όρους διεπιστημονικότητα (interdisciplinary), πολυδιάστατη (multidisciplinary) και δια-επιστημονικότητα (transdisciplinary) και όλοι αυτοί οι όροι έχουν ως βασική αρχή την εστίαση σε ολοκληρωμένα σύνθετα προβλήματα «διασχίζοντας» γνωστικές περιοχές, ωστόσο θα πρέπει αν είμαστε πολύ προσεκτικοί στην χρήση τους.

Ειδικότερα, οι όροι που χρησιμοποιούνται ευρύτερα (multidisciplinary, interdisciplinary και transdisciplinary) συνήθως θεωρείται ότι συνιστούν μια ιεραρχική δομή σχετικά με την έκταση της ολοκλήρωσης και της ολιστικής αντιμετώπισης. Η πολυδιάστατη (multidisciplinary) προσέγγιση χαρακτηρίζεται από την βιβλιογραφία ως η λιγότερο «ολοκληρώσιμη» προσέγγιση, αν και είναι αυτή που συνήθως εφαρμόζεται. Τα χαρακτηριστικά της εστιάζονται κυρίως στην αξιοποίηση ορισμένων γνωστικών περιοχών-που «εφαρμόζονται μαζί» σε μια «κοινή» περιοχή- για την διερεύνηση μιας θεματικής περιοχής.

Κατά την εφαρμογή της όμως, ενώ οι ερευνητές επιχειρούν να μοιραθούν τη γνώση και να συγκρίνουν αποτελέσματα, δεν επιχειρείται η «διάσχιση» των συνόρων των γνωστικών περιοχών ή η παραγωγή μιας «ολοκληρωμένης» γνώσης (Tress, Tress & Fry, 2005). Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι παρά το γεγονός ότι οι προσεγγίσεις είναι αυστηρά εντός της εκάστοτε συγκεκριμένης περιοχής, οι διαφορετικές προοπτικές σε ένα θέμα μπορούν να συγκεντρωθούν εύκολα για την παραγωγή μιας έκθεσης για αξιολόγηση. Προφανώς, υπάρχει μεγάλη συζήτηση αν η προσέγγιση αυτή οδηγεί σε μια «ολοκληρωμένη» λύση και αν αυτή η προσέγγιση στοχεύει στην επίλυση προβλήματος. Έτσι, ενώ γενικά η πολυδιάστατη (multidisciplinary) προσέγγιση θεωρείται περισσότερο ως «θεματικά» οργανωμένη, παρά ως προσανατολισμένη στην επίλυση προβλήματος, υπάρχουν έρευνες που προτρέπουν την χρήση της για την λύση ενός κοινού προβλήματος (Hammer & Söderqvist, 2001; Petts, Owens, & Bulkeley, 2008). Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι επίσης προφανές.

Ενώ στην διεπιστημονικότητα (interdisciplinary) και την δια-επιστημονικότητα (transdisciplinary) οι εκπαιδευόμενοι (ή οι ερευνητές) έχουν την δυνατότητα να επιλύσουν διαφωνίες και να διερευνήσουν την δυνατότητα συνεργασίας, μέσω και επαναληπτικών διαδικασιών (ερωτήσεις και απαντήσεις μεταξύ επιστημόνων διαφόρων γνωστικών περιοχών), στην πολυδιάστατη (multidisciplinary) προσέγγιση το μόνο που είναι δεδομένο είναι η τεκμηριωμένη άποψη από ειδικούς επιστήμονες για την περιοχή του κοινού θέματος που τους αφορά. Η διεπιστημονικότητα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα «παραπάνω βήμα» από την πολυδιάστατη προσέγγιση. Οι διεπιστημονικές προσεγγίσεις εστιάζουν στην αντιμετώπιση «πραγματικών» προβλημάτων και ως αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες (εκπαιδευόμενοι ή ερευνητές) «αναγκάζονται» να «διασχίσουν» τα σύνορα γνωστικών περιοχών-μη παραμένοντας μόνο στην «κοινή» περιοχή- ώστε να δημιουργηθεί νέα γνώση. Ουσιαστικά, η βασική διαφορά μεταξύ της διεπιστημονικότητας (interdisciplinary), και της πολυδιάστατη (multidisciplinary) προσέγγισης είναι το επίπεδο ολοκλήρωσης και το επίπεδο συνεργασίας καθώς η αυτή η προσέγγιση επιχειρεί να γεφυρώσει επιστημονικές απόψεις από διαφορετικές γνωστικές περιοχές και δυνητικά παρέχει τη δυνατότητα για αξιολόγηση ενός σώματος γνώσης που αποκτήθηκε κατά την διαδικασία με την χρήση «γειτονικών» γνωστικών περιοχών (Mobjörk, 2010).

#### **Δραστηριότητα 4.1**

Στο άρθρο των:

Irvine, K.N.; Devine-Wright, P.; Payne, S.R.; Fuller, R.A.; Painter, B.; Gaston, K.J. Green, Space, soundscape and urban sustainability: An interdisciplinary, empirical study. *Local Environ.* 2009, 14, 155–172, επιχειρείται η μελέτη του προβλήματος της ηχορύπανσης και της μείωσης του χώρου πρασίνου σε αστικά κέντρα.

Οι συγγραφείς συνδυάζουν τις γνωστικές περιοχές της «περιβαλλοντικής ψυχολογίας», της οικολογίας, της ακουστικής για να περιγράψουν υποκειμενικές και αντικειμενικές μετρήσεις του ήχου σε διάφορες περιοχές χώρων πρασίνου σε αστικά κέντρα. Να διατυπώσετε την άποψή σας για τον τρόπο που υλοποιείται η διεπιστημονική μελέτη σε αυτή την δραστηριότητα. Να κάνετε κριτική αποτίμηση για την εφαρμογή της διεπιστημονικής μελέτης στην μελέτη του προβλήματος. Επίσης να σχολιάσετε αν η μέθοδος επίλυσης προβλήματος έχει τα στοιχεία που συζητήθηκαν στο κεφάλαιο 2.

**Δραστηριότητα 4.2**

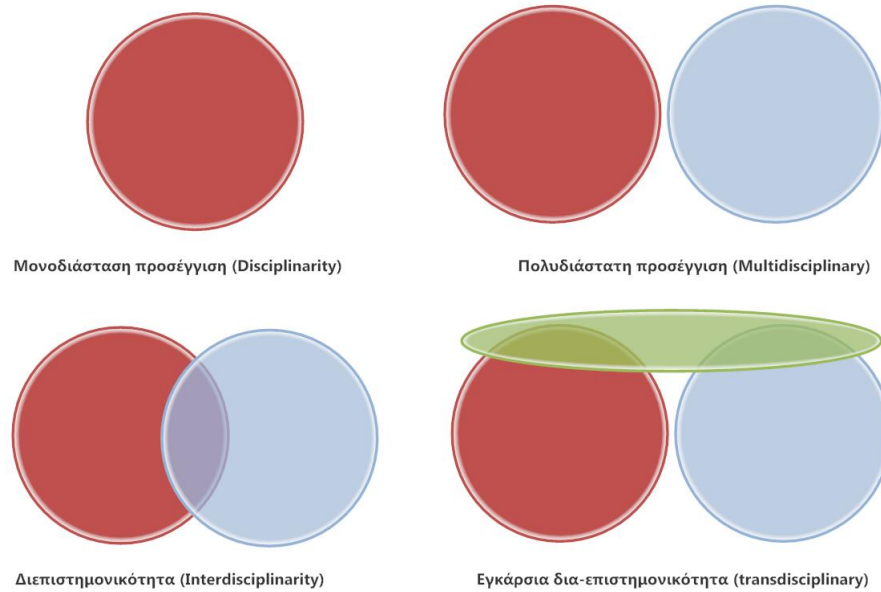
Να μελετήσετε το άρθρο: «Mess among Disciplines: Interdisciplinarity in Environmental Research» των Donaldson, Ward & Bradley, *Environment and Planning A*, Vol 42, Issue 7, 2010. Στο άρθρο, αυτόι συγγραφείς παρουσιάζουν μια περίπτωση διεπιστημονικής συνεργασίας μεταξύ επιστημόνων από τις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες. Να μελετήσετε το άρθρο και να το σχολιάσετε ως προς τον τρόπο υλοποίησης της διεπιστημονικότητας σε αυτό το πρόβλημα.



Η δια-επιστημονική προσέγγιση ξεκινά με τον τρόπο που οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν και οι μαθητές μαθαίνουν. Η δια-επιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης θεωρεί ως πραγματικά προβλήματα αυτά όπου οι εκπαιδευόμενοι εφαρμόζουν γνώσεις και δεξιότητες από δύο ή περισσότερα γνωστικές περιοχές (Vasquez et al., 2013). Οι μαθητές δουλεύουν συνεργατικά για την ανάπτυξη νέας γνώσης και αυθεντικών συνδέσεων που ξεπερνούν τις εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές, καθώς συλλογικά θέτουν ερωτήσεις και εξερευνούν τον κόσμο γύρω τους, μέσω της διερευνητικής μάθησης.

Η δια-επιστημονική προσέγγιση συνδέει έννοιες, ικανότητες, δεξιότητες κατά την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων, εστιάζοντας σε επιστημονικές διαδικασίες. Συνήθως επιλέγεται το φαινόμενο που πρέπει να κατανοηθεί-ερμηνευθεί και οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να επιλέξουν τις κατάλληλες συνδεδεμένες έννοιες, τις αντίστοιχες θεωρίες και τα μεθοδολογικά εργαλεία από διάφορα γνωστικά αντικείμενα ενω ταυτόχρονα αξιοποιούν προϋπάρχουσες γνώσεις και βιώματα, αλλά και ικανότητες, όπως αυτές του σχεδιασμού και της κατασκευής (design-make-unplugged activities). Ετσι δομούν νέες έννοιες και εμπλέκονται και στην διαδικασία της μεθόδου και του αλγόριθμου ( βλ. και Ζούκης, 2016; Παλιούρας, 2017 Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ STEM ΑΣΠΑΙΤΕ). Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται εποπτικά η διαφοροποίηση των παραπάνω επιστημολογικών προσεγγίσεων.

Οι διαφορετικές επιστημολογικές προσεγγίσεις.

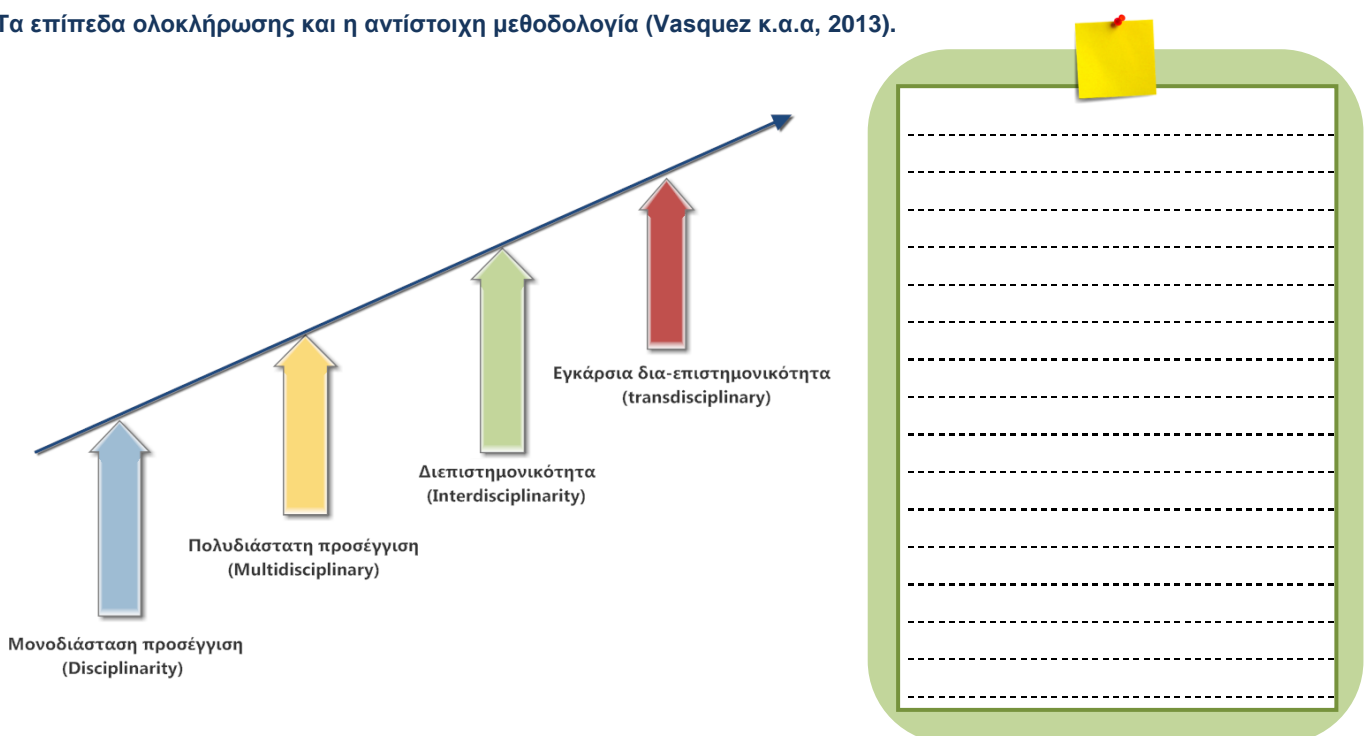


Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να πούμε ότι η βασική διαφορά της *πολυδιάστατης προσέγγισης (multidisciplinary)* από την *διεπιστημονική (interdisciplinarity)* και την *δια-επιστημονική (transdisciplinarity)*, είναι η απουσία της επαναληπτικής διαδικασίας, η μη διάσχιση των συνόρων γνωστικών περιοχών και η μη εμπλοκή ατόμων που δεν προέρχονται από την εκπαίδευση ή την έρευνα.

Με την φράση «απουσία επαναληπτικής διαδικασίας», εννοούμε ότι με την επαναληπτική διαδικασία ένα ερώτημα που τίθεται σε μια γνωστική περιοχή διαχέεται ως ερώτημα στην άλλη γνωστική περιοχή, η οποία με τη σειρά της πιθανώς να δημιουργήσει ένα ερώτημα που θα προωθηθεί στην προηγούμενη γνωστική περιοχή, κοκ. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία απουσιάζει στην *πολυδιάστατη (multidisciplinary)* προσέγγιση, όπως και η συμμετοχή παραγόντων εκτός της εκπαίδευσης, όπως γονείς, παράγοντες εκπαιδευτικής πολιτικής κλπ., ώστε να υπάρχει και η σχετική επίδραση στην κοινωνία.

Η διεπιστημονική προσέγγιση έχει πολλές ομοιότητες με την δια-επιστημονική. Η μόνη σημαντική διαφορά τους είναι ότι η δια-επιστημονική προσέγγιση επιχειρεί/σκοπεύει να δημιουργήσει νέες γνωστικές περιοχές και θεωρίες. Η διαφορά με την δια-επιστημονική προσέγγιση είναι συχνά υποκειμενική και προέρχεται κυρίως από το επίπεδο της «ολοκλήρωσης» που επιθυμούμε. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι δύσκολο να οριοθετήσουμε τα βήματα που θα πρέπει να κάνουμε για να υλοποιήσουμε μια STEM μεθοδολογία.

Τα επίπεδα ολοκλήρωσης και η αντίστοιχη μεθοδολογία (Vasquez κ.α.α, 2013).



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.

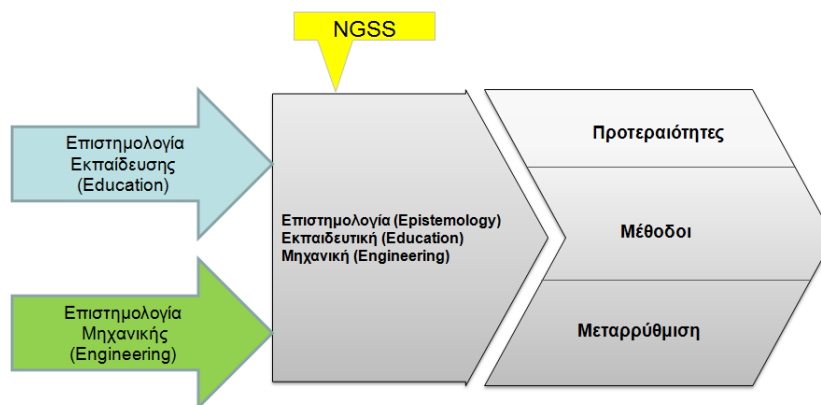
Θεωρούμε επίσης ότι το STEM μπορεί -ως εφαρμογές- να συνδυασθεί με εφαρμογές της θεωρίας της πολυπλοκότητας και οι συγγραφείς εργάζονται -αυτοσχέδια προς το παρόν- στην κατεύθυνση αυτή.

## 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