

Θεωρητικά, ιστορικά και οντολογικά προαπαιτούμενα για μία αποτελεσματική διδασκαλία STEM στην Τεχνική Εκπαίδευση

Κοτσιφάκος Δημήτριος^{1,2}, Χρήστος Δουληγέρης²

kotsifakos@unipi.gr, cdoulig@unipi.gr

¹ Καθηγητής ΕΠΑΛ

² Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Περίληψη

Με βάση την υπάρχουσα νομοθεσία στην Α' τάξη των Επαγγελματικών Λυκείων (ΕΠΑΛ) προβλέπεται ένα δίωρο διδασκαλίας STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Ο σκοπός αυτού του άρθρου είναι η ανασκόπηση των θεωρητικών, ιστορικών και οντολογικών προϋποθέσεων ώστε ο διδάσκων να είναι σε θέση να υλοποιήσει με αποτελεσματικούς τρόπους μία διδασκαλία STEM για τους μαθητές της Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (ΤΕΕ). Το άρθρο αυτό αναλύει τους βαθμούς δυσκολίας που προκύπτουν καθώς ο εκπαιδευτικός πρέπει να θέσει προτεραιότητες για να υλοποιήσει τη γραμμή μάθησης. Παρουσιάζονται τα θεωρητικά, ιστορικά και οντολογικά προαπαιτούμενα που είναι αναγκαία για τον εκπαιδευτικό προκειμένου υλοποιήσει μία αποτελεσματική διδασκαλία STEM εντός της ΤΕΕ. Στηριζόμενοι σε διάφορες δεξιότητες που πρέπει να κατακτήσει ο μαθητής παρουσιάζουμε το γνωστικό πλαίσιο που θα πρέπει να δομηθεί στα πλαίσια της διαδικτυακής συνεργατικής τεχνολογίας ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη προσαρμογή στους επαγγελματικούς τομείς των ειδικοτήτων που θα επιλέξουν οι μαθητές της ΤΕΕ.

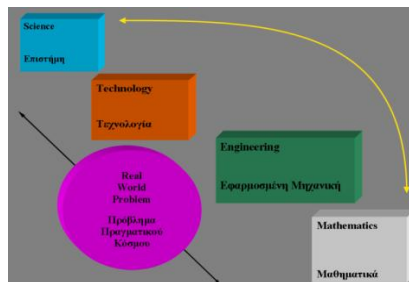
Λέξεις κλειδιά: STEM, αποτελεσματική διαχείριση παιδαγωγικών πόρων, καινοτόμες μέθοδοι διδασκαλίας, επιστημονική γνώση, πραγματικό πρόβλημα, αυθεντική μάθηση.

Εισαγωγή - Επισκόπηση της τρέχουσας αρθρογραφίας - Βιβλιογραφίας

Στην Ελλάδα, στις ημέρες μας, με βάση το «Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο για την Αναβάθμιση της Επαγγελματικής Εκπαίδευσης και Κατάρτισης και της Μαθητείας» (<http://tinyurl.com/hu3exrs>) η Α' τάξη των Επαγγελματικών Λυκείων (ΕΠΑΛ) προβλέπεται να έχει ενιαίο πρόγραμμα μαθημάτων (προσανατολισμένο στη γενική παιδεία) με εισαγωγή μαθημάτων τα οποία θα δίνουν βάρος στην απόκτηση οριζόντιων ικανοτήτων από τους μαθητές. Στην κατεύθυνση αυτή, «προτείνεται να αξιοποιηθεί η εμπειρία του Πολυκλαδικού Λυκείου και η διεθνής εμπειρία από την εφαρμογή του προγράμματος STEM (Science Technology, Engineering and Mathematics)». Στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών της Α' Λυκείου και σύμφωνα με τις υποδείξεις του Υπουργείου Παιδείας Έρευνας και Θρησκευμάτων και του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ), προσδιορίστηκε ένα δίωρο μάθημα με το τίτλο «Ερευνητική Εργασία στην Τεχνολογία, (ΕΕΤ)». Το ΙΕΠ για το μάθημα αυτό έχει αναρτήσει και μία σειρά θέματα που αφορούν προβλήματα από τον πραγματικό κόσμο.

Τα τελευταία χρόνια, η επιστημονική αρθρογραφία έχει να παρουσιάσει μια πλούσια παραγωγή γύρω από τα ζητήματα της διδασκαλίας STEM. Ο όρος «STEM» (Σχήμα 1) αναφέρεται σε μία διδακτική διαδικασία η οποία αξιοποιεί τους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας και της Εφαρμοσμένης Γνώσης για τη Σχεδίαση, τη Δόμηση και τον Έλεγχο

των Μηχανών ή άλλων Τεχνικών Στοιχείων και, τέλος, τον έλεγχο και την αποτύπωση μέσω των Μαθηματικών με σκοπό την επίλυση πραγματικών προβλημάτων (Williams, 2011). Με βάση τα παραπάνω, η διδασκαλία STEM θα μπορούσε να αποτελεί έναν νέο “μετά - επιστημονικό κλάδο” διδασκαλίας. Κατά βάση, η διδασκαλία STEM περιλαμβάνει διεπιστημονικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης από την προσχολική ηλικία έως το μεταδιδακτορικό επίπεδο - από τις επίσημες αίθουσες διδασκαλίας και τα εργαστήρια έως τη μη τυπική εκπαίδευση (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Η διδασκαλία STEM τείνει να λειτουργεί ως πρακτικό και ολιστικό μοντέλο που έχει τις ρίζες του σε οικονομικές και κοινωνικές ανάγκες της κοινωνίας μας.



Σχήμα 1. Οι επιστημονικοί τομείς που συμμετέχουν στη STEM διδασκαλία

Η στοχοθεσία μιας διδασκαλίας STEM προσπαθεί να διασφαλίσει την αποτελεσματικότητα της επίλυσης πραγματικών κοινωνικών, οικονομικών, ή τεχνικών προβλημάτων μέσω μιας διεπιστημονικής προσέγγισης και μέσω μιας ευρύτερης συνάφειας των επιστημονικών περιοχών που αφορούν αυθεντικές καθημερινές εμπειρίες των πολιτών (Watson, & Watson, 2013). Για τη διδασκαλία STEM, η ενθάρρυνση της καινοτομίας και ο συνδυασμός των επιστημονικών περιοχών δεν είναι αρκετό. Ο διδάσκων θα πρέπει να φροντίζει ώστε να σχεδιαστούν από τους μαθητές νέες συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών κλάδων και ειδικοτήτων. Από την άλλη μεριά, θα πρέπει οι ίδιοι οι διδάσκοντες να προσεγγίσουν διεπιστημονικά την διδακτική τους πράξη. Συνολικά, η διδασκαλία STEM θα πρέπει να προωθεί όχι μόνο ένα μαθησιακό περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές θα αποκτούν δεξιότητες του 21ου αιώνα, αλλά και μέσα στο οποίο θα πρέπει να συλλάβουν και να έχουν την ευκαιρία να δημιουργήσουν νέες δεξιότητες (Narum, 2008).

Ιστορικό πλαίσιο αναφοράς της διδασκαλίας STEM

Για να γίνει κατανοητό το σύνολο δράσης της συγκεκριμένης διδακτικής πρότασης που αφορά την διδασκαλία STEM θα πρέπει να συσχετιστεί με το ιστορικό πλαίσιο αναφοράς του. Στην τρέχουσα βιβλιογραφία οι ιστορικές καταβολές της διδασκαλίας STEM παρουσιάζονται μέσω μιας μεταμοντέρνας άχλης, χωρίς ιστορικό βάθος, παρόλο που οι καταβολές της είναι ήδη εδραιωμένες από τα πρώτα μετα-αναγεννησιακά χρόνια. Θα προσπαθήσουμε παρακάτω να αποτυπώσουμε αυτές τις αξιακές επιστημονικές καταβολές σε αδρά γραμμές. Η σχεδίαση και η αλληλοεπίδραση διαθέσιμων στοιχείων ως κλειστό σύστημα στο οποίο κάθε στοιχείο του επιδρά για την αντιμετώπιση ενός πραγματικού προβλήματος έχει ιστορικές αναφορές στις απαρχές της Ευρωπαϊκής επιστημονικής σκέψης (Cohen, 2010). Το αξίωμα της αυτόνομης σκέψης και έρευνας βρίσκεται σε πλήρη δράση κατά την εποχή της Αναγέννησης (Reble, 1999). Κατά τον 15^ο και 16^ο αιώνα, η σκέψη απαλλάχτηκε από την

εξωτερική αυθεντία της παράδοσης και η καθολική νομοτέλεια του κόσμου έγινε κατανοητή ως ουσιαστικό στοιχείο. Η βιταλιστική σκέψη εκτοπίζεται από την μηχανιστική και η αυτόνομη σκέψη αναζητά σε όλους τους τομείς μία αντικειμενική «φυσική», κατά προτίμηση με μαθηματικό τρόπο, καταληπτή τάξη πραγμάτων. Η σκέψη αυτή θεμελιώνεται εμπειρικά μέσα από έναν σπουδαίο Ευρωπαίο διανοητή τον Francis Bacon (Bacon, 2000). Η πλέον διάσημη εξίσωση, «η γνώση είναι δύναμη» (Scientia potestas est), επινοήθηκε από τον Francis Bacon το 1597 (Bacon, 1857; García, 2001). Για τον Bacon, η κατάσταση μάθησης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διανοιχθεί ένα δρόμος στην ανθρώπινη νόηση που να είναι ολότελα διαφορετικός απ' αυτόν που ήταν γνωστός στους προκατόχους του, καθώς επίσης να αποκτηθούν διαφορετικά εφόδια έτσι ώστε να μπορεί η σκέψη να εξασκεί τη δύναμή της πάνω στη φύση των πραγμάτων (Spedding et al., 2011). Οι εκπληκτικές επιτυχίες της νέας σκέψης πραγματοποιήσαν νέες ταξινομήσεις και συστηματοποιήσεις με βάση την αναπλασίωση, ακόμη και την εναντίωση των Αριστοτελικών αρχών έρευνας της πραγματικότητας.

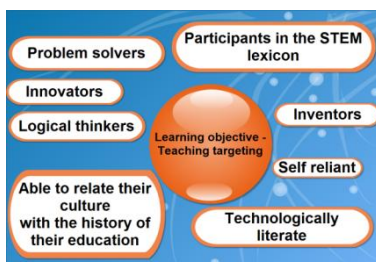
Η γενική θεωρία της γνώσης, η Αριστοτελική έρευνα της επιστημονικής μεθόδου, η διδασκαλία των τεσσάρων αιτιών και η έννοια του τέλους, η θεωρία των στοιχείων και η έννοια του μεικτού αλλά και το σύνολο της διδασκαλίας του Αριστοτέλη, όπως παραδόθηκε στην Ευρωπαϊκή σκέψη μέσα από τις επεξεργασίες των Αράβων, αποτέλεσαν το υπόβαθρο για μία γενικότερη ανανέωση της ζωής (Bailey, 2016). Νέες παιδαγωγικές μέθοδοι εγκαινιάζονται και μία νέα αντίληψη για την μάθηση εγκαθιδρύεται μέσα από την διδασκαλία των Ratke and Comenius, που ουσιαστικά εφάρμοσαν τις κατευθύνσεις του Bacon μέσα από παιδαγωγικά μοντέλα που είχαν ορθολογική θεμελίωση και ήταν «σύμφωνα με την τάξη και την ροή των πραγμάτων στη φύση». Η συμβολή του Bacon στην ανανέωση της επιστήμης εκείνης της εποχής ήταν πολύ σημαντική (Brown, 1994; Spedding et al., 2011). Η μεταστροφή στα διδακτικά πρότυπα με βάση τις αρχές της νέας φιλοσοφίας αξιώνει ότι κάθε διδασκαλία θα πρέπει να ξεκινά από την εμπειρία του παιδιού, από την εποπτική αντίληψη του ίδιου του πράγματος και των λεπτομερειών του και πολύ αργότερα θα έπρεπε να αρχίσει να μιλά για αυτό.

Η Μεγάλη Διδακτική (Didactica Magna) του Comenius προσδιορίζει ότι κάθε εξήγηση θα πρέπει να προκύπτει μέσα από την ίδια την αμετάβλητη φύση (Maviglia, 2016). Η γνωσιοθεωρία αυτής της τάσης ανάγει τη γνώση στη γνώση της κίνησης των αισθητηρίων οργάνων θέτοντας ως παραδειγματικό πρότυπο τη μηχανική. Με το πέρασμα των χρόνων στην Αγγλία αλλά και στην Γαλλία η διδασκαλία του Bacon πετυχαίνει καθολική αναγνώριση (Whitney, 1989). Το επόμενο βήμα είναι να τεθεί όλο το παραπάνω οικοδόμημα στην υπηρεσία του ανθρώπινου γένους. Η σκέψη τίθεται άμεσα στην υπηρεσία γενικών και πρακτικών σκοπών. Ολόκληρη η επιστήμη τίθεται κάτω από το πρίσμα της ωφελιμότητας. Το επιστημονικό οικοδόμημα και οι κατακτήσεις του οφείλουν να οδηγήσουν την ανθρωπότητα στην ευδαιμονία και να «διαφωτίσουν» όλους τους ανθρώπους. Ο ενθουσιασμός για τη λογική και η στροφή προς τον άνθρωπο καθιστούν τον 18^ο αιώνα ως «παιδαγωγικό αιώνα». Ο Bacon με τη διδασκαλία του έθεσε ως βάση την ανθρώπινη εμπειρία και έθεσε ως προτεραιότητα την ανάπτυξη της ανθρώπινης νόησης ώστε να ασκεί δύναμη πάνω στη φύση των πραγμάτων (Rossi, 2013). Αυτά τα σημεία αξιοποιεί και η διδασκαλία STEM με τις εφαρμογές της. Η διδασκαλία STEM απορρίπτει την απαισιοδοξία της τρέχουσας κατάστασης και επαναφέρει το αισιόδοξο μήνυμα πως η σκέψη μέσω της μάθησης μπορεί να βοηθήσει ώστε ο άνθρωπος να επενεργεί πάνω στα πράγματα με έναν συγκεκριμένο τρόπο ώστε να λύνονται προβλήματα και να οδηγείται σε ευδαιμονία. Με βάση αυτό οδηγούμαστε στην προσέγγιση των πραγματικών προβλημάτων

τα οποία μπορεί να επιλυθούν μέσω των επιστημονικών δεδομένων. Θα πρέπει να θεωρηθεί ως σημαντικό για τους μαθητές της ΤΕΕ όχι μόνο το να αναπτύξουν ευρύτερα τις δεξιότητες και τις γνώσεις τους αλλά και το να διευρύνουν σε βάθος τους επιστημονικές ορίζοντες των διάφορων πεδίων που θα τους επιτρέψουν να προβληματιστούν σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των λύσεων τους.

Διδακτική στοχοθεσία

Η Morrison (2006) θεωρεί ότι όσοι ολοκληρώνουν τις σπουδές τους με εκπαίδευση τύπου STEM θα πρέπει να κατέχουν τις δεξιότητες που περιγράφονται στο Σχήμα 2.

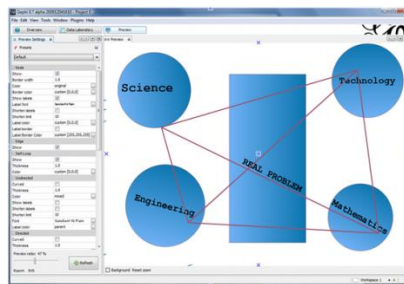


Σχήμα 2. Κατεκτημένες Δεξιότητες - Μαθησιακά Αποτελέσματα της STEM διδασκαλίας

- Ικανοί λύτες προβλημάτων -(Problem solvers) - να είναι σε θέση να καθορίζουν τις ερωτήσεις και τα προβλήματα, να σχεδιάζουν έρευνες για τη συλλογή και οργάνωση δεδομένων, την εξαγωγή συμπερασμάτων, και στη συνέχεια να εφαρμόζουν τα συμπεράσματα σε νέες καταστάσεις.
- Καινοτόμοι - (Innovators) - να χρησιμοποιούν δημιουργικά τις έννοιες και τις αρχές της Επιστήμης των Μαθηματικών και της Τεχνολογίας εφαρμόζοντάς τες στο μηχανικό σχεδιασμό.
- Εφευρέτες- (Inventors) -- να είναι σε θέση αναγνωρίζουν τις ανάγκες του κόσμου και να εφαρμόζουν δημιουργικά σχεδιασμό και λύσεις.
- Αυτοδύναμοι - (Self reliant) - να είναι σε θέση να παίρνουν πρωτοβουλίες και να θέτουν εσωτερικά κίνητρα για να προσδιορίζουν μια ατζέντα δράσης μέσα σε καθορισμένα χρονικά πλαίσια.
- Λογικοί στοχαστές - (Logical thinkers) - να είναι σε θέση να εφαρμόζουν λογικές διαδικασίες σκέψης των Επιστημών, των Μαθηματικών, και του Τεχνολογικού σχεδιασμού για την καινοτομία και την εφεύρεση.
- Τεχνολογικά εγγράμματοι - (Technologically literate) - ώστε να κατανοούν τη φύση της τεχνολογίας και να αποκτήσουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη σωστή της εφαρμογή (γνώση, τρόποι σκέψης και δράσης, και δυνατότητες από τεχνικής άποψης).
- Αποδέκτες της STEM φρασεολογίας - (Participants in the STEM lexicon) - ώστε να μπορούν να γεφυρώνουν το χάσμα ανάμεσα στην εκπαίδευση STEM του σχολείου και στο χώρο εργασίας.
- Ικανοί να συσχετίζουν - Able to relate - τη δική τους κουλτούρα και την ιστορία της εκπαίδευσής τους.

Συσχετίσεις οντολογιών που συμβάλλουν στη δόμηση του μαθήματος

Αν γίνει κατανοητό το σύνολο του παραπάνω ιστορικού πλαισίου και η διδακτική στοχοθεσία, τότε είναι εύκολο να παρατεθεί το εννοιολογικό πλαίσιο συσχετίσεων των τεσσάρων οντολογιών που συμμετέχουν στην διδασκαλία STEM (Σχήμα 1). Με βάση την τυπολογία περί ορισμού των οντολογιών (Smith, 2015) και την αναγεννησιακή προοπτική περί μονοθεματικότητας που προσδιορίζεται από το ένα και πραγματικό πρόβλημα που θέτουμε στην αρχή ενός μαθήματος, προτείνουμε την αλληλεπίδραση των τεσσάρων στοιχείων του STEM ως ένα κλειστό σύστημα στο οποίο κάθε στοιχείο του επιδρά στην αντιμετώπιση του προβλήματος ως ξεχωριστή οντότητα. Για να συλληφθεί συνολικά η οντολογική προσέγγιση θα πρέπει αυτά τα τέσσερα στοιχεία να προσδιοριστούν ως «μεταγνώση» δηλαδή ως «εργαλεία» για την δημιουργία μιας γνωστικής περιοχής που θα βασίζεται στην «ολοκλήρωση» των τεσσάρων άλλων γνωστικών περιοχών σε μια νέα «ολότητα» (Ψυχάρης, 2017). Με βάση αυτό προσδιορίζεται και μία νέου τύπου επιστημολογία που αφορά την πρακτική διδακτική του STEM (Allen, 2016; Arp et al., 2015).



Σχήμα 3. Αξιοποίηση λογισμού συσχετίσεων οντοτήτων

Με βάση την ανάλυση που κάνουμε αρχικά χρειαζόμαστε τέσσερις κορυφές (Σχήμα 3) για τις τέσσερις βασικές οντότητες, οι οποίες ανάλογα με την έκβαση της διδασκαλίας πιθανόν να αυξηθούν. Οι δύο πρώτες, τα Μαθηματικά (Mathematics) και οι Επιστήμες (Science) παρέχουν τις αρχικές παρατηρήσεις, διατυπώνουν επιστημονικούς νόμους, όρια και παραδοχές, αποτυπώνουν τις συσχετίσεις μεταξύ των μεγεθών που παρουσιάζονται στο πραγματικό πρόβλημα και, γενικότερα, προετοιμάζουν ή επιθεωρούν τα υπόλοιπα στάδια. Εντός της οντότητας Εφαρμοσμένη Μηχανική (Engineering) θα πρέπει να αποτυπωθούν οι προδιαγραφές για τις μηχανικές και μηχανολογικές προτεινόμενες λύσεις του προβλήματος που έχει τεθεί προς επίλυση. Τέλος, η οντότητα Τεχνολογία (Technology) κατασκευάζει και παρέχει εργαλεία δράση που εφαρμόζουν σε συγκεκριμένες λύσεις. Ο κύκλος επαναλαμβάνεται και κάθε φορά μορφοποιούνται νέες επεκτάσεις, δράσεις και λύσεις με βάση τα προηγούμενα στάδια επίλυσης του προβλήματος.

Συμπεράσματα - Κατεύθυνση μελλοντικών εργασιών

Πέραν της επικαιροποιημένης αρθρογραφίας και της επισκόπησης του θέματος εστίασαμε σε σημεία στα οποία οι τρέχουσες οδηγίες διδασκαλίας για τον εκπαιδευτικό κατά τη γνώμη μας παρουσιάζει κενά. Συγκεκριμένα η συνολική εικόνα για την μεθοδολογία STEM συνήθως παρουσιάζεται χωρίς τις σχετικές αναφορές στην ιστορία του Δυτικού πολιτισμού. Η εστίαση γίνεται στο πρόβλημα που έχουμε προς επίλυση. Προσπαθήσαμε να

αποτυπώσουμε μέρος των σταδίων και να συνδέσουμε την ιστορία των επιστημονικών ανακαλύψεων με τη διδασκαλία STEM. Χωρίς να αποκλείουμε εξαιρέσεις, από το σύνολο των άρθρων που έχουμε υπόψη μας λείπει το εννοιολογικό πλαίσιο και η διεπιστημονική προσέγγιση. Προσπαθήσαμε να αποκαταστήσουμε αυτό το σημείο, υποστηρίζοντας τη συσχέτιση των τεσσάρων επιστημονικών οντοτήτων που συγκροτούν το STEM. Από την αρθρογραφία απουσιάζουν εντελώς προτάσεις για πληροφοριακά εργαλεία υποστήριξης του μαθήματος. Χωρίς να αποσιωπούμε τις τεχνικές δυνατότητες της εποχής μας προτείναμε σε πρώτο στάδιο, ρυθμίσεις διαδικτυακής συνεργατικής μάθησης (Αβούρης κ. αλ., 2009) που προοπτικά θα υποστηρίξουν τη δόμηση ενός υποστηρικτικού πληροφοριακού συστήματος για τη διδασκαλία STEM.

Αναφορές

- Arp, R., Smith, B., & Spear, A. D. (2015). *Building ontologies with basic formal ontology*. MIT Press. Retrieved 5 December 2016 from: <https://mitpress.mit.edu/books/building-ontologies-basic-formal-ontology>
- Allen, R. B. (2016). From Ontology to Structured Applied Epistemology. *arXiv preprint arXiv:1610.07241*.
- Bacon, F. (1857). *The Works of Francis Bacon*. Ed. J. Spedding, R. L. Ellis, and D. D. Heath. 14 vols. London: Longman and Co., et al, 74(6), 92.
- Bacon, F. Jardine L. & Silverthorne, M. (2000). *Francis Bacon: the new organon*. Cambridge University Press.
- Bailey, M. (2016). Aristotle, Vision, and Communicable Change. *Auslegung: a journal of philosophy*, Volume 31, Number 1 (Fall 2015). URI. Retrieved 13 December 2016 from: <http://hdl.handle.net/1808/20551>
- Brown, A. L. (1994). The advancement of learning. *Educational researcher*, 23(8), 4-12.
- Cohen, H. F. (2010). *How modern science came into the world: Four civilizations, one 17th-century breakthrough* (p. 832). Amsterdam University Press.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012, August). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress.
- García, J. M. R. (2001). Scientia Potestas Est-Knowledge is Power: Francis Bacon to Michel Foucault. *Neohelicon*, 28(1), 109-121.
- Maviglia, D. (2016). The Main Principles of Modern Pedagogy in'Didactica Magna'of John Amos Comenius. *Creative Approaches to Research*, 9(1), 57.
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*. Page 1-7
- Narum, J. (2008). Promising practices in undergraduate STEM education. In *Commissioned paper presented at NRC workshop on Evidence on Selected Promising Practices in Undergraduate Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education*. Washington, DC. CBE—Life Sciences Education Vol. 8, 157–161, Fall 2009. Retrieved 10 December 2016 from www7.nationalacademies.org/bose/PP_Narum_WhitePaper.html.
- Reble, A. (1999). *Geschichte der Pädagogik-Dokumentationsband* (Vol. 2). Klett-Cotta.
- Rossi, P. (2013). *Francis Bacon: from magic to science* (Vol. 26). Routledge.
- Smith, B. (2015). Basic Formal Ontology 2.0: Specification and user's guide. Retrieved 14 December 2016 from: <https://github.com/BFO-ontology/BFO/raw/master/docs/bfo2-reference/BFO2-Reference.pdf> (Accessed 2015-12-10).
- Spedding, J. Ellis, R. L. & Heath, D. D. (eds.) (2011). *The Works of Francis Bacon*. Cambridge University Press. Watson, A. D. & Watson, G. H. (2013). Transitioning STEM to STEAM: Reformation of engineering education. *Journal for Quality & Participation*, 36(3), 1-4.
- Whitney, C. (1989). Francis Bacon's Instauratio: Dominion of and over humanity. *Journal of the History of Ideas*, 50(3), 371-390.
- Williams, J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1).

- Αβούρης, Ν. Καραγιαννίδης, Χ. Κόμης Β. Ι. (επιμέλεια) (2009). *Συνεργατική τεχνολογία: Συστήματα και μοντέλα συνεργασίας για εργασία, μάθηση, κοινότητες πρακτικής και δημιουργία γνώσης*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Ψυχάρης Σ., (2017). «Υπολογιστική σκέψη & παραδείγματα με το Easy Java Simulations». Ανακοίνωση σε ημερίδα που συνδιοργανώθηκε από το ΠΕΚ Πειραιά, την ΑΣΠΑΙΤΕ & τη Δ/ση Β'θμιας Εκπ/σης Πειραιά, με θέμα «Science Technology Engineering & Mathematics (STEM)». Η ημερίδα πραγματοποιήθηκε το Σάββατο 11 Φεβρουαρίου 2017 στο Αμφιθέατρο της Ιωνιδείου σχολής στον Πειραιά.