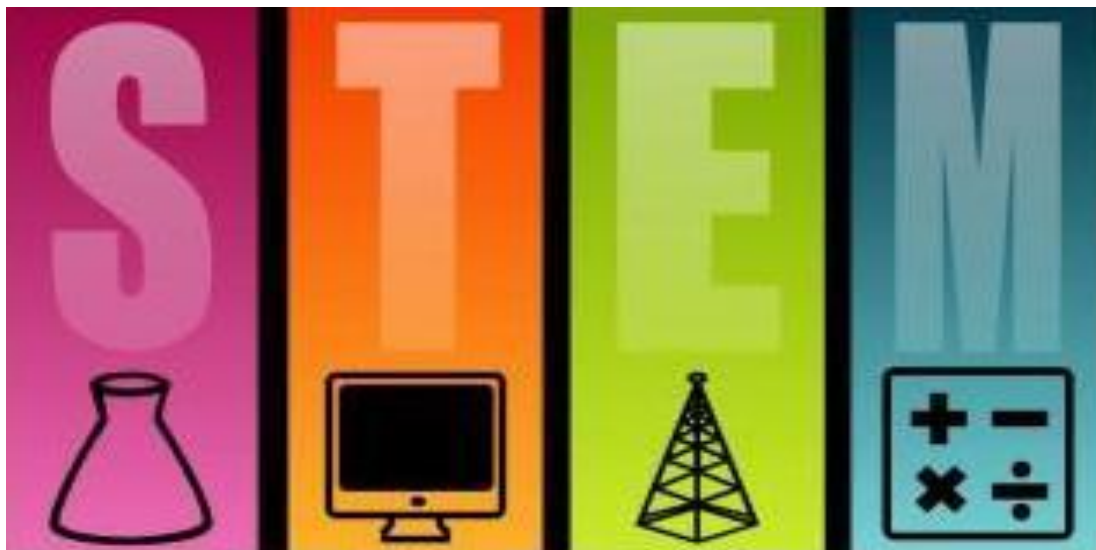


Μαρία-Ραφαέλα Τζιουβάρα (2012). Η Εκπαίδευση και το Αναλυτικό Πρόγραμμα STEM. Αδημοσίευτη εργασία.



Πίνακας Περιεχομένων

1. Τι Είναι το Αναλυτικό Πρόγραμμα STEM (STEM Curriculum); -Ανάλυση των Αρχικών S- Science, T- Technology, E- Engineering, M- Mathematics.....	4
2. Το STEM ως Μετά-Επιστήμη.....	5
3. Ορίζοντας τον Εγγραμματισμό STEM (STEM literacy).....	6
4. Πώς Δημιουργήθηκε το Πρόγραμμα STEM.	7
5. Που Στοχεύει η Εκπαίδευση STEM.....	8
6. Ο Συνασπισμός STEM (STEM Coalition).....	9
7. Δομή του Αναλυτικού Προγράμματος STEM (STEM Curriculum).....	10
8. Τα 5 E του Αναλυτικού Προγράμματος STEM (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, and Evaluation).....	11
9. Τέσσερα Επίπεδα της Έρευνας (Τέσσερα Επίπεδα Υποστήριξης).....	12
10. Μάθηση με Βάση την Επίλυση Προβλημάτων (Problem-Based Learning).....	13
11. Επίλυση Προβλημάτων (Problem Solving).....	14
12. Αξιολόγηση του Τελικού Μαθησιακού Πλάνου.....	14

13. Τι Είναι τα Εθνικά Πρότυπα (National Standards).....	16
14. Γιατί να Επιλέξουμε την Εκπαίδευση STEM;.....	16
15. Οφέλη για τους Μαθητές.....	17
16. Οφέλη για τους Δασκάλους.....	18
17. Το Παράδειγμα του Μέρυλαντ ως προς την Επιτυχία της Εκπαίδευσης STEM...18	
18. Εμπόδια/Προβλήματα της Εκπαίδευσης STEM.....	19
19. Προτάσεις για Βελτίωση.....	22
20. Χρηματοδοτήσεις για την Εκπαίδευση STEM.	22
21. Περιοχές στις ΗΠΑ όπου Εφαρμόζεται η Εκπαίδευση STEM.....	24
22. Από το STEM στο STEAM.....	25
23. Η Εκπαίδευση STEM στο Ηνωμένο Βασίλειο.....	26
24. Απόψεις Εκπαιδευτικών για την Εκπαίδευση STEM.....	27
25. Συμπεράσματα.....	28
26. Βιβλιογραφία.....	29
27. Παράρτημα.....	32

Εισαγωγή

Στην εποχή μας, η αξιοποίηση των δυνατοτήτων στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, έχει μεγάλη σημασία για να παραμείνει κανείς ανταγωνιστικός στην παγκόσμια οικονομία και καινοτομία. Στις ΗΠΑ, η διατήρηση της χώρας σε ρόλο ηγέτη στην παγκόσμια οικονομία επιτάσσει την ανάπτυξη δεξιοτήτων και τη στελέχωση θέσεων εργασίας στους τομείς αυτούς. Το STEM είναι μια καινοτόμος προσέγγιση στο σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών (ΑΠΣ) και την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού και στοχεύει στη διαθεματική διδασκαλία τεσσάρων γνωστικών αντικειμένων, των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, με στόχο την αύξηση των επιδόσεων των μαθητών στους τομείς αυτούς.

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση του Αναλυτικού Προγράμματος και εν γένει της εκπαίδευσης STEM. Αρχικά εξετάζονται όροι, όπως «μετά-επιστήμη»

και «εγγραμματισμός STEM». Παρέχονται πληροφορίες για τους λόγους που οδήγησαν στη δημιουργία του, καθώς και οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται μερικά βασικά στοιχεία της δομής του προγράμματος STEM, όπως τα 5 E του STEM, τα τέσσερα επίπεδα της έρευνας, το problem-based learning και το problem solving. Κατόπιν, εξετάζονται οι λόγοι επιλογής του ΑΠΣ STEM, τα οφέλη που απορρέουν από την εκπαίδευση STEM για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, ενώ παρέχεται και ένα παράδειγμα επιτυχούς εφαρμογής της στην πολιτεία του Μέρυλαντ.

Επισημαίνονται επίσης και τα προβλήματα της εκπαίδευσης STEM, ενώ παρατίθενται και κάποιες προτάσεις για τη βελτίωσή της. Τονίζεται ακόμη η προτεραιότητα που της αποδίδεται στις ΗΠΑ μέσα από τις μεγάλες χρηματοδοτήσεις για την εξέλιξή της. Αναφέρονται επιπλέον οι περιοχές των ΗΠΑ στις οποίες εφαρμόζεται η εκπαίδευση STEM.

Παρουσιάζεται στη συνέχεια η εξέλιξη του STEM σε STEAM με την ενσωμάτωση και των Τεχνών στο ήδη υπάρχον ΑΠΣ. Παρέχονται επιπλέον, στοιχεία της εφαρμογής του ΑΠΣ STEM στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τέλος, παρατίθενται κάποια σχόλια εκπαιδευτικών των ΗΠΑ σχετικά με την εκπαίδευση STEM.

1. Τι Είναι το Αναλυτικό Πρόγραμμα STEM (STEM Curriculum);

-Ανάλυση των Αρχικών S- Science, T- Technology, E- Engineering, M- Mathematics

Το STEM είναι αρκτικόλεξο για το «Επιστήμη (S), Τεχνολογία (T), Μηχανική (E) και Μαθηματικά (M)», το οποίο χρησιμοποιήθηκε αρχικά στα προγράμματα σχετικά με την εκπαίδευση του National Science (Tsupros, Kohler, Hallinen, 2009).

S (Science)- Οι Φυσικές Επιστήμες, που ασχολούνται και επιδιώκουν την κατανόηση του φυσικού κόσμου και το τι υπάρχει στο φυσικό κόσμο, αποτελούν το θεμέλιο της τεχνολογίας. Πολλά από τα μαθήματα στα σχολεία, στα κολλέγια και στα πανεπιστήμια που έχουν να κάνουν με τη Βιολογία, τη Χημεία, την Αστρονομία, τη Γεωλογία, αντανακλούν το φυσικό κόσμο. Μερικές από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στις Φυσικές Επιστήμες για την αναζήτηση του νοήματος του φυσικού κόσμου, είναι «η έρευνα», «ανακαλύπτοντας τι είναι», «η εξερεύνηση» και η χρήση της «επιστημονικής μεθόδου».

T (Technology)- Η Τεχνολογία από την άλλη είναι η τροποποίηση του φυσικού κόσμου για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών και απαιτήσεων (International Technology and Engineering Educators Association, 2000, σελ. 7). Όπως ορίζει η American Association for the Advancement of Science's (AAAS), «Με την ευρύτερη έννοια, η τεχνολογία επεκτείνει τις δυνατότητές μας να αλλάξουμε τον κόσμο. Να κόψουμε, να σχηματίσουμε ή να τοποθετήσουμε μαζί υλικά, να μετακινήσουμε πράγματα από το ένα μέρος στο άλλο, να φτάσουμε περαιτέρω με τα χέρια, τη φωνή, τις αισθήσεις μας» (AAAS, 1993, σελ. 41). Η Τεχνολογία ασχολείται με το τι μπορεί και πρέπει να σχεδιαστεί, να γίνει, να αναπτυχθεί από τα υλικά και τις ουσίες του φυσικού κόσμου για την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών και απαιτήσεων. Μερικές από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στην Τεχνολογία για να αλλάξουν και να μεταβάλλουν το φυσικό κόσμο, είναι «η ανακάλυψη», «η καινοτομία», «η πρακτική επίλυση προβλημάτων» και «ο σχεδιασμός».

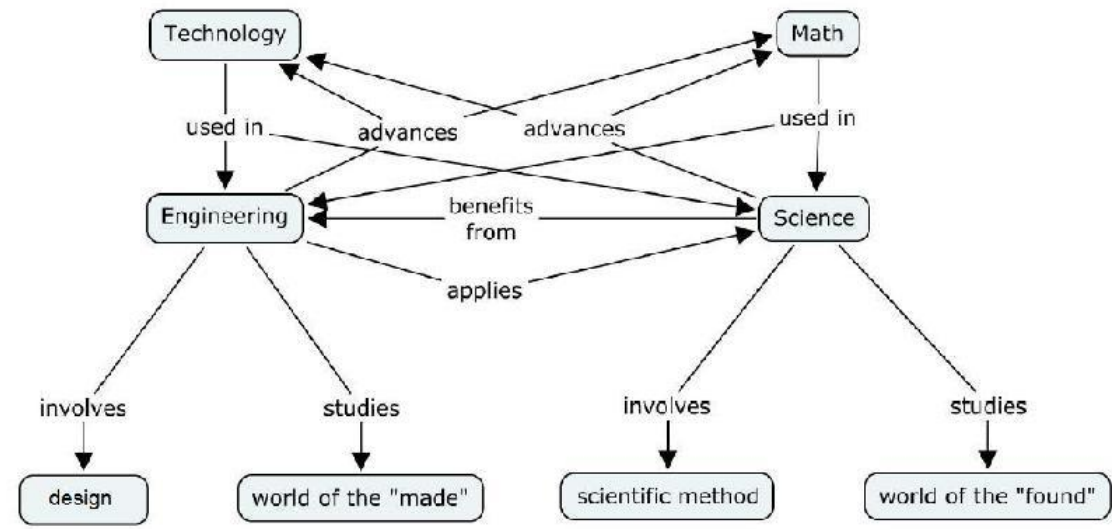
E (Engineering)- Η Μηχανική είναι το επάγγελμα κατά το οποίο η γνώση για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες που κατακτήθηκε μέσα από τη μελέτη, την εμπειρία και την πρακτική εφαρμογή, εφαρμόζεται για την ανάπτυξη τρόπων να χρησιμοποιηθούν με οικονομία τα υλικά και οι δυνάμεις της φύσης προς όφελος της ανθρωπότητας (Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2002, αναφορά στο ABET, 2007-2008). Υπάρχουν ισχυρές φιλοσοφικές συνδέσεις μεταξύ των κλάδων της Τεχνολογίας και της Μηχανικής. Το επάγγελμα του μηχανικού ξεκίνησε να συνεργάζεται με τους δασκάλους της Τεχνολογίας με σκοπό να αναπτυχθούν συμμαχίες για την έγχυση εννοιών της Μηχανικής στην εκπαίδευση K-12. Οι συμμαχίες αυτές θα παρέχουν έναν μηχανισμό για τη μεγαλύτερη κατανόηση και εκτίμηση της Μηχανικής και της Τεχνολογίας. Η National Academy of Engineering είναι ένας ισχυρός υποστηρικτής του εγγραμμτισμού στην Τεχνολογία και τη Μηχανική.

M (Mathematics)- «Τα Μαθηματικά είναι η επιστήμη των μοτίβων και των σχέσεων» (AAAS, 1993, σελ. 23). Παρέχουν μια ακριβή γλώσσα για τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία και τη Μηχανική. Εξελίξεις στην τεχνολογία, όπως ο υπολογιστής, κινητοποιούν τα Μαθηματικά, όπως ακριβώς οι καινοτομίες στα Μαθηματικά, ενισχύουν τις καινοτομίες στην τεχνολογία. Ένα παράδειγμα είναι η

μαθηματική μοντελοποίηση που μπορεί να βοηθήσει τον τεχνολογικό σχεδιασμό προσομοιώνοντας πως μπορεί να λειτουργεί ένα προτεινόμενο σύστημα (Dugger, 2010).

2. Το STEM ως Μετά-Επιστήμη

Το STEM είναι μια καινοτόμος προσέγγιση στο σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών (ΑΠΣ) και την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού, στην οποία τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών διδάσκονται ως ένα παρά ως διακριτά και ανεξάρτητα όπως στο παρελθόν. Αναφέρεται ως η «δημιουργία μιας επιστήμης που βασίζεται στην ενσωμάτωση των γνώσεων από άλλα γνωστικά αντικείμενα σε ένα “όλο”». Αυτή η διεπιστημονική γεφύρωση μεταξύ διακριτών γνωστικών αντικειμένων – κλάδων, αντιμετωπίζεται τώρα ως μια οντότητα (Morrison, 2006). Η εκπαίδευση STEM προσφέρει στους μαθητές μια από τις καλύτερες ευκαιρίες για να κατανοήσουν τον κόσμο ολιστικά και όχι αποσπασματικά και τμηματικά. Απομακρύνει τους παραδοσιακούς φραγμούς μεταξύ των τεσσάρων γνωστικών αντικειμένων, ενσωματώνοντας τα σε ένα συνεκτικό παράδειγμα διδασκαλίας και μάθησης. Σύμφωνα με τον Tsupros (2009 αναφορά στο Lantz, 2009), «η εκπαίδευση STEM είναι μια διεπιστημονική προσέγγιση στη μάθηση όπου αυστηρές ακαδημαϊκές έννοιες συνδυάζονται με μαθήματα του πραγματικού κόσμου, καθώς οι μαθητές εφαρμόζουν τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά σε πλαίσια που συνδέουν το σχολείο, την κοινότητα, την εργασία και τις παγκόσμιες επιχειρήσεις, επιτρέποντας την ανάπτυξη του εγγραμματισμού STEM και μαζί του, τη δυνατότητα να είναι ανταγωνιστικοί στη νέα οικονομία».



Σχήμα 1. Απεικόνιση της Διαθεματικής Φύσης του STEM.

3. Ορίζοντας τον Εγγραμματισμό STEM (STEM Literacy)

Ο εγγραμματισμός STEM αναφέρεται στη δυνατότητα κάποιου να εφαρμόζει την κατανόησή του σχετικά με το πώς λειτουργεί ο κόσμος εντός και μεταξύ των τεσσάρων αλληλένδετων τομέων .

- *Επιστημονικός εγγραμματισμός* είναι η ικανότητα κάποιου να χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση σε τρεις βασικούς τομείς: επιστήμη για τη ζωή και την υγεία, επιστήμη για τη Γη και το περιβάλλον και επιστήμη για την τεχνολογία.
- *Τεχνολογικός εγγραμματισμός* είναι η ικανότητα κάποιου να χρησιμοποιεί, να διαχειρίζεται, να κατανοεί και να αξιολογεί την τεχνολογία. Η τεχνολογία είναι η καινοτομία, η αλλαγή ή η τροποποίηση του φυσικού περιβάλλοντος για να ικανοποιηθούν οι ανθρώπινες ανάγκες.
- *Εγγραμματισμός στη Μηχανική* είναι η κατανόηση του πως οι τεχνολογίες αναπτύσσονται μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού της Μηχανικής. Ο σχεδιασμός της Μηχανικής είναι η συστηματική και δημιουργική εφαρμογή των επιστημονικών και μαθηματικών αρχών για πρακτικούς σκοπούς, στο σχεδιασμό, τη δημιουργία και τη λειτουργία αποτελεσματικών και οικονομικών κατασκευών, μηχανημάτων, διαδικασιών και συστημάτων.

- *Μαθηματικός εγγραμματισμός* είναι η ικανότητα κάποιου να αναλύει, να αιτιολογεί και να επικοινωνεί ιδέες αποτελεσματικά, καθώς δημιουργεί, διαμορφώνει, λύνει και ερμηνεύει λύσεις σε μαθηματικά προβλήματα σε μια ποικιλία καταστάσεων.

Ως αποτέλεσμα, σε μια τάξη STEM οι μαθητές στρέφονται αντί για την εκμάθηση διακριτών τμημάτων των φαινομένων και μηχανικών διαδικασιών προς τη διερεύνηση και αμφισβήτηση των αλληλένδετων όψεων του κόσμου (Morrison, 2006 αναφορά στο Lurker, 2010).

4. Πώς Δημιουργήθηκε το Πρόγραμμα STEM

Καθώς η τεχνολογία γίνεται αναπόσπαστο μέρος της εργασίας των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανολογίας και των Μαθηματικών, οι δεξιότητες δεν είναι πλέον απλώς «καλές δεξιότητες» που μπορεί κάποιος να έχει. Είναι ολοένα και πιο σημαντικές στην εκπαίδευση του 21ου αιώνα. Η εκπαίδευση των μαθητών για επιτυχία στους κλάδους STEM είναι επίσης απαραίτητη αν οι ΗΠΑ θέλουν να παραμείνουν ανταγωνιστικές σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς υπάρχει αυξανόμενη ανησυχία ότι οι ΗΠΑ δεν προετοιμάζουν επαρκή αριθμό μαθητών, δασκάλων και επαγγελματιών στους τομείς των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (STEM).

Αν και η πιο πρόσφατη έρευνα του National Assessment of Educational Progress (NAEP) δείχνει βελτίωση στη γνώση των μαθητών των ΗΠΑ στα Μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών εξακολουθεί να αδυνατεί να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα επάρκειας. Σε σύγκριση με άλλες χώρες, η επιτυχία των μαθητών των ΗΠΑ, δε συνάδει με το ρόλο της χώρας ως παγκόσμιου ηγέτη στην επιστημονική καινοτομία. Για παράδειγμα, μεταξύ των 40 χωρών που συμμετείχαν στο πρόγραμμα Program for International Student Assessment (PISA) το 2003, οι ΗΠΑ κατέκτησαν την 28^η θέση στο μαθηματικό εγγραμματισμό και την 24^η στον εγγραμματισμό στις Φυσικές Επιστήμες. Υπάρχει, επομένως, ανάγκη να εδραιωθεί δημόσια στήριξη ώστε να γίνουν εθνική προτεραιότητα οι καλύτερες επιδόσεις στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά.

Σημαντική είναι ακόμη, η παρακίνηση των μαθητών και των ενηλίκων στις ΗΠΑ να σπουδάσουν και να εισέλθουν στον τομέα των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας,

της Μηχανικής και των Μαθηματικών, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία κινήτρων με ειδική προσπάθεια για τις ομάδες εκείνες που υπο-εκπροσωπούνται (μαύροι, ισπανόφωνοι, γυναίκες). Παρατηρήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες μια μείωση του αριθμού των φοιτητών που επιδιώκουν να σπουδάσουν ή να ενασχοληθούν με τον τομέα της Φυσικής, των Μαθηματικών και των Τεχνολογιών, λόγω της ανεπαρκούς τους προετοιμασίας στους τομείς αυτούς κατά τη διάρκεια των σχολικών χρόνων και κυρίως του Λυκείου. Επομένως, σημαντική είναι η αναβάθμιση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών K-12, για την προώθηση υψηλότερων μαθησιακών επιτεύξεων, συμπεριλαμβανομένων διαφοροποιημένων μισθολογικών κλιμάκων για τους δασκάλους Φυσικής και Μαθηματικών (Kuenzi, 2008).

5. Που Στοχεύει η Εκπαίδευση STEM

Γενικός στόχος της εκπαίδευσης STEM είναι η αύξηση της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας των ΗΠΑ στις καινοτομίες των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας, καθώς και η βελτίωση της κατανόησης του STEM από όλους τους πολίτες των ΗΠΑ. Το Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) του Προέδρου των ΗΠΑ αναγνωρίζει τέσσερις βασικούς στόχους της εκπαίδευσης STEM:

▪ Διασφάλιση πολιτών ικανών στους τομείς STEM

Ο στόχος αυτός επιδιώκει να καλλιεργήσει πολίτες που θα έχουν «γνώσεις, εννοιολογική κατανόηση και δεξιότητες κριτικής σκέψης, οι οποίες θα προέρχονται από τη μελέτη μαθημάτων STEM». Αυτός ο στόχος είναι σημαντικός ακόμη και για εκείνους που δεν εισέρχονται σε μια καριέρα σχετική με STEM.

▪ Δημιουργία ενός εργατικού δυναμικού ειδημόνων στο STEM.

Ο στόχος αυτός επιδιώκει την επαρκή προετοιμασία ενός επαρκούς αριθμού εργαζομένων για ανοιχτές θέσεις εργασίας σε καριέρες σχετικές με STEM, οι οποίες αναμένεται να αυξηθούν στα επόμενα χρόνια. Επιπρόσθετα, οι δεξιότητες STEM αποκτούν ολοένα αυξανόμενη σημασία σε τομείς που δε σχετίζονται άμεσα με θέματα STEM.

▪ Καλλιέργεια των μελλοντικών ειδικών STEM.

Στόχος είναι η εκπαίδευση των καλύτερων ειδικών στο STEM στον κόσμο, διότι συμβάλλουν στην «οικονομική ανάπτυξη, την τεχνολογική πρόοδο, την κατανόηση

του εαυτού μας και του σύμπαντος και τη μείωση της πείνας, των ασθενειών και της φτώχειας».

▪ **Μείωση του χάσματος των επιτεύξεων και της συμμετοχής.**

Στόχος είναι η αύξηση της συμμετοχής και του ενδιαφέροντος των γυναικών και των μειονοτικών ομάδων σε τομείς STEM ώστε να αξιοποιηθεί όλο το δυναμικό της χώρας (PCAST, 2010).

6. Ο Συνασπισμός STEM (STEM Coalition)

Ο Συνασπισμός για την εκπαίδευση STEM αντιπροσωπεύει την ευρύτερη και πιο ενιαία φωνή στην προώθηση των πολιτικών για τη βελτίωση της εκπαίδευσης STEM σε όλα τα επίπεδα. Ως μια συμμαχία πάνω από 500 επιχειρήσεων, επαγγελματικών και εκπαιδευτικών οργανώσεων, ο Συνασπισμός εργάζεται επιθετικά για την ευαισθητοποίηση του Κογκρέσου, της Διοίκησης, καθώς και άλλων οργανώσεων για τον κρίσιμο ρόλο που παίζει η εκπαίδευση STEM για να μπορέσουν οι ΗΠΑ να παραμείνουν ο οικονομικός και τεχνολογικός ηγέτης της παγκόσμιας αγοράς του 21ου αιώνα (STEM Education Coalition, n.d.).

Το Συμβούλιο της Ηγεσίας του Συνασπισμού καθορίζει την ημερήσια διάταξη της πολιτικής και των γενικών στόχων για την ομάδα. Ο Συνασπισμός υποστηρίζει την ενδυνάμωση προγραμμάτων σχετικών με το STEM για εκπαιδευτικούς και μαθητές και την αύξηση των κρατικών επενδύσεων στην εκπαίδευση STEM. Υποστηρίζει επίσης ισχυρές κρατικές επενδύσεις στη βασική επιστημονική έρευνα για να εμπνέονται οι τρέχουσες και μελλοντικές γενιές νέων να ακολουθήσουν καριέρες σε τομείς STEM. Τα μέλη του Συνασπισμού πιστεύουν ότι η χώρα πρέπει να βελτιώσει τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές μαθαίνουν Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογίες, Μηχανική και Μαθηματικά και πως οι επιχειρήσεις, η εκπαίδευση και οι κοινότητες STEM πρέπει να εργαστούν από κοινού για την επίτευξη του στόχου αυτού (STEM Education Coalition, n.d.).

Τα μέλη του Συνασπισμού STEM είναι:

Chair: National Science Teachers Association

Co-Chairs:

- American Chemical Society

- National Council of Teachers of Mathematics
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- Microsoft Corporation
- Education Development Center, Inc.
- Hands-On Science Partnership

7. Δομή Αναλυτικού Προγράμματος STEM (STEM Curriculum)

Το ΑΠΣ STEM διαμορφώνεται από πρότυπα. Έχουν χρησιμοποιηθεί τα πρότυπα (standards) από NRC (1996), NCTM (2000), ISTE (2007) και ITEEA (2007). Όλα τα πρότυπα στο STEM-CIP έχουν σχεδιαστεί με βάση τις αρχές της Κατανόησης μέσα από το Σχεδιασμό (Wiggins and McTighe, 1998).

Η κατανόηση μέσα από το σχεδιασμό (Understanding by Design) είναι μια πολύ δημοφιλής διαδικασία σχεδιασμού αναλυτικών προγραμμάτων που χρησιμοποιείται για τη συγγραφή ενοτήτων σε τρεις φάσεις- στάδια: Επιθυμητά Αποτελέσματα, Αξιολόγηση των Αποδείξεων – Αποτελεσμάτων και το Μαθησιακό Πλάνο. Η διδασκαλία και η μάθηση στηρίζεται στην έρευνα (inquiry). Οι δραστηριότητες στο πλαίσιο ενός ΑΠΣ STEM θα πρέπει να κλιμακώνονται από επιβεβαιωτικές, σε δομημένες, σε καθοδηγούμενες και τέλος σε ανοικτής έρευνας- διερεύνησης (CurrTech Integrations, 2008). Προωθείται ακόμη η μάθηση μέσα από την επίλυση προβλημάτων (Problem Based Learning), μια μαθητοκεντρική στρατηγική, κατά την οποία οι μαθητές συνεργατικά απαντούν σε ερωτήσεις και λύνουν προβλήματα, ενώ αναστοχάζονται πάνω στις εμπειρίες τους (έρευνα). Η διδασκαλία και η μάθηση βασίζεται στην επίδοση, καθώς όπως υποστηρίζεται παρέχει τα μέσα για τη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών. Επιπλέον, μεγάλη έμφαση δίνεται στον κύκλο των 5 E. Ο κύκλος των 5 E, όπως έχει υποστηριχθεί από πολλούς σχεδιαστές ΑΠΣ και ερευνητές στην εκπαίδευση, αποτελεί έναν αποτελεσματικό σχεδιασμό και ένα υπόδειγμα διδασκαλίας, το οποίο οδηγεί σε βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών. Όλες οι ενότητες στο STEM- CIP παρέχουν στους μαθητές ευκαιρίες να αξιολογούνται τόσο μέσα από την απόδοσή τους σε συγκεκριμένα καθήκοντα (tasks) όσο και με πιο παραδοσιακές μορφές αξιολόγησης, όπως η απάντηση σε συγκεκριμένα ερωτήματα (Lantz & Smaroff, 2008).

Το ΑΠΣ STEM αποτελείται από:

- Εθνικά Πρότυπα (Γενικοί Στόχοι)
- Ειδικούς Στόχους (Επιθυμητά Αποτελέσματα)
- Στοιχεία Αξιολόγησης
- Μαθησιακό Πλάνο
- Προαπαιτούμενες γνώσεις
- Προτεινόμενες μέθοδοι διδασκαλίας
- Υλικά και Μέσα

8. Τα 5 Ε του Αναλυτικού Προγράμματος STEM (Ενασχόληση-Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Εξήγηση, Επεξεργασία, Αξιολόγηση)

Τα τροποποιημένα 5 Ε του κύκλου διδασκαλίας, μάθησης και αξιολόγησης, που ενσωματώνονται σε όλες τις ενότητες του ΑΠΣ STEM, στηρίζονται σε ερευνητικά ευρήματα σχετικά με το πώς οι μαθητές μαθαίνουν την επιστήμη. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν έχουν την ευκαιρία να ασχοληθούν με ανακαλύψεις σε περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν και τα χέρια και το μυαλό τους και στα οποία καλούνται να εξηγήσουν τις ανακαλύψεις τους. Η Ενασχόληση- Εμπλοκή (Engagement), η Εξερεύνηση (Exploration), η Εξήγηση (Explanation), η Επεξεργασία (Elaboration) και η Αξιολόγηση (Evaluation) είναι οι αναδρομικές φάσεις των 5 Ε του κύκλου διδασκαλίας, μάθησης και αξιολόγησης (Lantz & Smaroff, 2008).

Ενασχόληση- Εμπλοκή. Αυτή η φάση των 5 Ε ξεκινά τη διαδικασία. Μια δραστηριότητα «εμπλοκής» θα πρέπει να κάνει τα ακόλουθα:

- Να κάνει συνδέσεις ανάμεσα στις παρελθούσες και στις παρούσες μαθησιακές εμπειρίες.
- Να προβλέπει δραστηριότητες και να επικεντρώνει τη σκέψη των μαθητών στα μαθησιακά αποτελέσματα των τρεχουσών δραστηριοτήτων. Οι μαθητές θα πρέπει να εμπλέκονται νοητικά με την ιδέα, τη διαδικασία ή τη δεξιότητα που πρέπει να μάθουν.

Εξερεύνηση. Αυτή η φάση των 5 Ε παρέχει στους μαθητές μια κοινή βάση εμπειριών. Αναγνωρίζουν και αναπτύσσουν ιδέες, διαδικασίες και δεξιότητες. Κατά τη

διάρκεια αυτής της φάσης, οι μαθητές εξερευνούν ενεργά το περιβάλλον τους ή χειρίζονται υλικά.

Εξήγηση. Αυτή η φάση βοηθά τους μαθητές να εξηγούν τις έννοιες που εξερευνούν. Έχουν ευκαιρίες να εκφράσουν την εννοιολογική τους κατανόηση ή να επιδείξουν νέες δεξιότητες ή συμπεριφορές. Αυτή η φάση παρέχει επίσης ευκαιρίες στους εκπαιδευτικούς να εισάγουν επίσημους όρους, ορισμούς και εξηγήσεις για έννοιες, διαδικασίες, δεξιότητες ή συμπεριφορές.

Επεξεργασία. Αυτή η φάση επεκτείνει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών και τους επιτρέπει να εξασκήσουν δεξιότητες και συμπεριφορές. Μέσα από νέες εμπειρίες οι μαθητές αναπτύσσουν βαθύτερη και ευρύτερη κατανόηση των βασικών εννοιών, αποκτούν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τομείς ενδιαφέροντος και τελειοποιούν τις δεξιότητές τους.

Αξιολόγηση. Αυτή η φάση ενθαρρύνει τους μαθητές να αξιολογούν την κατανόηση και τις δυνατότητές τους και επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να αξιολογούν την κατανόηση των μαθητών σχετικά με βασικές έννοιες, καθώς και την ανάπτυξη δεξιοτήτων (Enhancing Education, n.d.).

9. Τέσσερα Επίπεδα της Έρευνας (Τέσσερα επίπεδα υποστήριξης)

Υπάρχουν τέσσερα επίπεδα υποστήριξης (scaffolding) για την έρευνα που περιλαμβάνονται στα περισσότερα μοντέλα, ξεκινώντας από:

- Την περισσότερο δομημένη μορφή- επιβεβαιωτική έρευνα.
- Προχωρώντας στη δομημένη έρευνα.
- Στη συνέχεια στην καθοδηγούμενη έρευνα.
- Και τελικά στην ανοιχτή – ελεύθερη έρευνα.

Καθώς οι μαθητές μαθαίνουν τις δεξιότητες, τις διαδικασίες και το περιεχόμενο της έρευνας, καλούνται να αντιμετωπίσουν δραστηριότητες που γίνονται ολοένα και πιο ανοικτές- ελεύθερες. Μαθητές οι οποίοι μαθαίνουν μέσα από διδακτικές στρατηγικές βασισμένες στην έρευνα, παρουσιάζουν μεγαλύτερη κατανόηση του περιεχομένου και του γενικότερου πλαισίου, από ότι οι μαθητές που μαθαίνουν μέσα από εξηγητική μάθηση (Lantz & Smaroff, 2008).

10. Μάθηση με Βάση την Επίλυση Προβλημάτων (Problem-Based Learning)

Η μάθηση μέσα από την επίλυση προβλημάτων είναι μια μαθητοκεντρική διδακτική στρατηγική, κατά την οποία οι μαθητές συνεργατικά απαντούν σε ερωτήσεις, λύνουν προβλήματα και αλληλεπιδρούν με τις ιδέες και τις εμπειρίες τους.

Χαρακτηριστικά της μάθησης μέσα από την επίλυση προβλημάτων:

- Η μάθηση οδηγείται από προκλητικά, ανοικτά προβλήματα.
- Οι μαθητές εργάζονται σε μικρές συνεργατικές ομάδες.
- Οι δάσκαλοι αναλαμβάνουν το ρόλο των «διευκολυντών» της μάθησης.

Διαδικασία επίλυσης γνήσιων προβλημάτων του πραγματικού κόσμου:

- Ανάλυση και διαμόρφωση ενός προβλήματος συνεργατικά.
- Συμμετοχή σε αυτό-κατευθυνόμενη μάθηση.
- Καταιγισμός ιδεών για πιθανές λύσεις.
- Δοκιμή των υποθέσεων.
- Σύγκλιση σε μια βέλτιστη λύση.

Έρευνες δείχνουν θεαματικά αποτελέσματα στις επιδόσεις των μαθητών παρόμοια με αυτά της μάθησης μέσα από την έρευνα (inquiry-based) (Lantz, 2009).

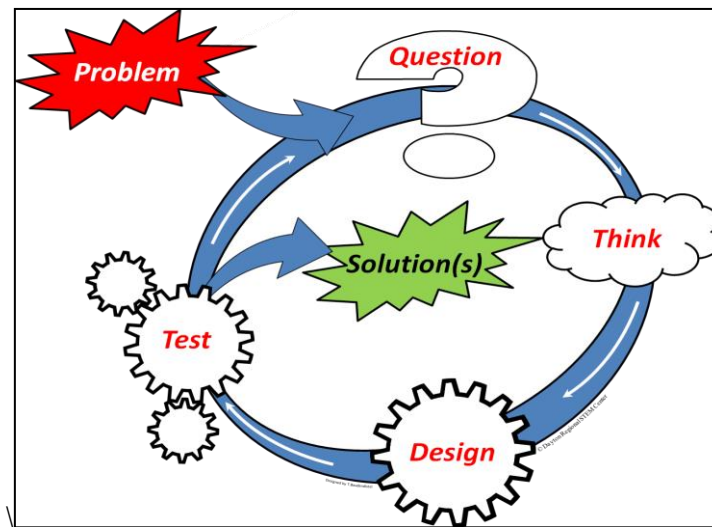
Πλεονεκτήματα της μάθησης μέσα από την επίλυση προβλημάτων:

- Βελτιώνει την κατανόηση των μαθητών και τη συγκράτηση των γνώσεων.
- Προωθεί μια «σε βάθος προσέγγιση» για τη μάθηση.
- Βελτιώνει την κριτική σκέψη και τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.
- Βελτιώνει τα κίνητρα για μάθηση.
- Βελτιώνει την ικανότητα των μαθητών να μεταφέρουν τις δεξιότητες και τις γνώσεις σε νέες καταστάσεις. (Massa, Hannes, Dischino, Donnelly, 2009).

11. Επίλυση προβλημάτων (Problem-Solving)

Το ΑΠΣ «Σχεδιασμός και Ανακάλυψη» (Design and Discovery) βασίζεται στη γνώση των νέων ανθρώπων σχετικά με τη Μηχανική, το Σχεδιασμό και τις Φυσικές Επιστήμες για να υποστηρίξει την ανάπτυξη των δεξιοτήτων έρευνας (inquiry skills) και να τους εμπλέκει σε διαρκή επίλυση προβλημάτων. Συμμετέχοντας στη διαδικασία του Σχεδιασμού, οι μαθητές αρχίζουν να βιώνουν και να κατανοούν πώς δημιουργείται μεγάλο μέρος του κόσμου γύρω τους. Συμμετέχοντας στον πραγματικό Σχεδιασμό και τη

Μηχανική οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εξετάζουν πιο κριτικά τον κόσμο του Σχεδιασμού και να αξιοποιούν τη δική τους ικανότητα να δημιουργούν αλλαγές. Οι μαθητές διατυπώνουν προβλήματα από καθημερινές καταστάσεις και αναπτύσσουν στρατηγικές για την επίλυση προβλημάτων, ενώ επαληθεύουν και ερμηνεύουν τα αποτελέσματά τους. Το ΑΠΣ «Σχεδιασμός και Ανακάλυψη» (Design and Discovery) βοηθά τους μαθητές να κατανοούν το ρόλο της Μηχανικής και του Σχεδιασμού στην παραγωγή αποτελεσματικών λύσεων σε προβλήματα της καθημερινής ζωής (Intel: Design and Discovery).



Σχήμα 2: Διαδικασία Επίλυσης Προβλήματος.

12. Αξιολόγηση του Τελικού Μαθησιακού Πλάνου

Η διαμορφωτική και η τελική αξιολόγηση της επίδοσης, έχουν σειροθετηθεί και κλιμακωθεί με μεγάλη προσοχή για να προσφέρουν άφθονες πληροφορίες στους μαθητές, στους εκπαιδευτικούς, στους γονείς και σε άλλους ώστε να αξιολογούν την πρόοδο των μαθητών. Μια τελική αξιολόγηση περιλαμβάνει εκτενείς ρουμπρικές αξιολόγησης για ερωτήσεις ανοικτές, βασισμένες στην απόδοση και για αποδόσεις που δε μπορούν να βαθμολογηθούν με την τυπική πολλαπλή επιλογή σωστού/ λάθους.

Επιπλέον, οι περισσότερες δραστηριότητες στο ΑΠΣ STEM περιλαμβάνουν μια αξιολόγηση στο τέλος της δραστηριότητας που ονομάζεται «Έλεγξε την κατανόησή σου», οι οποίες αποτελούνται από συγκεκριμένες απαντήσεις για την ευκολία της βαθμολόγησης και την άμεση ανατροφοδότηση για την κατανόηση των μαθητών. Κάθε

δραστηριότητα των ενοτήτων συνοδεύεται από εργαλεία βαθμολόγησης, συμπεριλαμβανομένης μιας ποικιλίας δοκιμασμένων στο πεδίο και εγκεκριμένων από την National Science Teachers Association (NSTA) καταλόγων επιδόσεων, ολιστικών και αναλυτικών ρουμπρίκων.

Το αρκτικόλεξο WHERETO συνοψίζει τα βασικά στοιχεία που θα πρέπει να υπάρχουν στο μαθησιακό πλάνο, λαμβάνοντας υπόψη τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το WHERETO θεωρείται λίστα ελέγχου για την κατασκευή και την αξιολόγηση του τελικού μαθησιακού πλάνου, όχι με μια προκαθορισμένη σειρά. Για παράδειγμα, η μάθηση μπορεί να ξεκινήσει με το HOOK (H), ακολουθούμενη από οδηγίες σχετικά με τις απαιτήσεις της τελικής απόδοσης WHAT (W) και έπειτα ίσως από μια αναθεώρηση της προηγούμενης εργασίας RETHINK (R) (Lantz, & Smaroff, 2008).

WHERETO Elements	
W	WHERE is this module going and WHY ? WHAT is expected?
H	How will we HOOK and HOLD student interest?
E	How will we EQUIP students to EXPLORE and EXPERIENCE the expected performances?
R	How will we help students to RETHINK, REHEARSE, REVISE, and REFINE ?
E (E-2)	How will students self- EVALUATE and REFLECT on their learning?
T	How will we TAILOR learning to different needs, interests, and learning styles?
O	How will we ORGANIZE and sequence learning?

Σχήμα 3. Περιγραφή του WHERETO.

13. Τι Είναι τα Εθνικά Πρότυπα (National Standards)

Σαράντα έξι πολιτείες αποφάσισαν να ενώσουν τις δυνάμεις τους και να δημιουργήσουν κοινά ακαδημαϊκά πρότυπα. Τα πρότυπα στην εκπαίδευση είναι δηλώσεις σχετικά με σκοπούς, προτεραιότητες και στόχους (Hiebert, 1999). Τα εκπαιδευτικά πρότυπα θα έπρεπε να αναπτύσσονται μέσα από μια σύνθετη διαδικασία, η οποία θα λαμβάνει υπόψη τις κοινωνικές προσδοκίες, παλιότερες πρακτικές,

αποτελέσματα ερευνών και τις απόψεις επαγγελματιών από αντίστοιχα πεδία πχ. Μηχανικής και Εκπαίδευσης.

Η βασική ιδέα των προτύπων ήταν να θεσπιστούν πολιτικές σαφούς, συνεκτικού και προκλητικού περιεχομένου ως μαθησιακά αποτελέσματα για την εκπαίδευση K-12. Η υπόθεση ήταν ότι τα εθνικά πρότυπα θα χρησιμοποιούνταν από κρατικά τμήματα της εκπαίδευσης και τοπικές δικαιοδοσίες για την επιλογή των εκπαιδευτικών προγραμμάτων, τη χρήση των διδακτικών πρακτικών και την πραγματοποίηση αξιολογήσεων που θα βοηθούσαν τους μαθητές να επιτύχουν τα πρότυπα.

Μια πρόσθετη υπόθεση ήταν ότι οι προπτυχιακοί και οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί θα εναρμονιζόταν με τα πρότυπα. Παρ' όλα αυτά οι πολλές ανεξάρτητες αποφάσεις σχετικά με την προετοιμασία των εκπαιδευτικών, τα σχετικά εγχειρίδια, τις εξετάσεις και τη διδασκαλία είχε ως αποτέλεσμα μειωμένη επιρροή, συγκριτικά με την αναμενόμενη, των εθνικών προτύπων (NRC, 2002, αναφορά στο Bybee, 2009).

14. Γιατί να Επιλέξουμε την Εκπαίδευση STEM

Ένας αυξανόμενος αριθμός θέσεων εργασίας σε όλα τα επίπεδα, όχι μόνο για τους επαγγελματίες επιστήμονες, απαιτεί γνώση του STEM. Επιπλέον οι ατομικές και κοινωνικές αποφάσεις απαιτούν ολοένα και περισσότερο κάποια κατανόηση του STEM, από την κατανόηση ιατρικών διαγνώσεων ως την αξιολόγηση ανταγωνιστικών απαιτήσεων σχετικά με το περιβάλλον και τη διαχείριση των καθημερινών δραστηριοτήτων με μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών στον υπολογιστή.

Τα παιδιά από τη γέννησή τους είναι φυσικοί επιστήμονες, μηχανικοί και λύτες προβλημάτων. Εκτιμούν τον κόσμο γύρω τους και προσπαθούν να του αποδώσουν νόημα με τον καλύτερο τρόπο που γνωρίζουν: αγγίζοντας, δοκιμάζοντας, κατασκευάζοντας, αποσυναρμολογώντας, δημιουργώντας, ανακαλύπτοντας και εξερευνώντας. Αυτό το σημαντικό σημείο -ότι η επίλυση προβλημάτων έχει ενδιαφέρον για τους περισσότερους μαθητές- αντικατοπτρίζει τις σκέψεις του John Dewey σχετικά με την αξία της βιωματικής μάθησης και αντιβαίνει με την επικρατούσα άποψη στη δεκαετία του 1950 ότι η βιωματική μάθηση ισούται με την εκπαίδευση για την επαγγελματική σταδιοδρομία. Για τα παιδιά η εκπαίδευση STEM δεν είναι «διδασκαλία» με τα στενά της όρια, αλλά έρχεται πιο φυσικά, ως διασκέδαση.

Η εκπαίδευση STEM βασίζεται στην άποψη ότι η βιωματική μάθηση είναι το ιδανικό εκπαιδευτικό όχημα και θα προσελκύσει κυρίως τους μαθητές που ρωτούν: «Γιατί πρέπει να μαθαίνω αυτά τα πράγματα; Σε τι είναι χρήσιμα; Τι μπορώ να κάνω με αυτά;», αλλά και στην άποψη ότι η μάθηση επέρχεται πιο εύκολα όταν οι μαθητές αλληλεπιδρούν, αυτενεργούν και όταν πειραματίζονται με τα αντικείμενα και τις ιδέες τους.

Τέλος, μέσα από την εκπαίδευση STEM δημιουργούνται μαθησιακά περιβάλλοντα που απευθύνονται στον 21^ο αιώνα και προετοιμάζουν τους μαθητές και τους δασκάλους για μια παγκόσμια οικονομία (Morrison, & Bartlett, 2009).

15. Οφέλη για τους Μαθητές

Αποτελέσματα ερευνών υποστηρίζουν τα οφέλη των μαθητών από την εκπαίδευση STEM. Τα μαθησιακά οφέλη των μαθητών είναι σημαντικά, καθώς οι μαθητές που παρακολουθούν την εκπαίδευση STEM ξεπερνούν συνεχώς σε επιδόσεις τους μαθητές από παραδοσιακές τάξεις σε εθνικά τυποποιημένα τεστ, σε δοκιμαστικά προγράμματα που αφορούν όλη την πολιτεία, καθώς και σε αξιολογήσεις που αναπτύσσονται στα πλαίσια προγραμμάτων.

Το ενσωματωμένο/διαθεματικό ΑΠΣ STEM έχει επιτυχία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών σε όλες τις βαθμίδες και είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για τους μαθητές με επίπεδο επιδόσεων κάτω του μέσου όρου, ενώ τα μαθήματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών όταν διδάσκονται στο πλαίσιο του σχεδιασμού, αποδεδειγμένα βελτιώνουν τις επιδόσεις, το ενδιαφέρον, τα κίνητρα και την αυτό-αποτελεσματικότητα.

Οι Φυσικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά, ο Σχεδιασμός και η Τεχνολογία, καθώς και η Μηχανική συσχετίζονται με τις καθημερινές εμπειρίες των μαθητών και με το ενσωματωμένο/διαθεματικό πρόγραμμα διδασκαλίας τους, δίνονται στους μαθητές περισσότερα κίνητρα για μάθηση, υπάρχει περισσότερη αυτοπεποίθηση και ενθουσιασμός. Παράλληλα δίνονται περισσότερες δυνατότητες να αναπτυχθούν και να βελτιωθούν βασικές δεξιότητες καθώς και η κατανόηση των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών, του Σχεδιασμού και της Τεχνολογίας και της Μηχανικής. Συγχρόνως, αναπτύσσονται συνεργατικές και επικοινωνιακές δεξιότητες καθώς οι μαθητές

λειτουργούν στα πλαίσια μιας ομάδας για την επίλυση προβλημάτων, ενώ στο τέλος καλούνται να παρουσιάσουν τα έργα ή τις λύσεις τους, να απαντήσουν σε ερωτήσεις, αλλά και να παρέχουν ανατροφοδότηση. Τέλος, μέσα από την εκπαίδευση STEM, αναπτύσσεται στους μαθητές καλύτερη κατανόηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει μια καριέρα STEM (Sanders, 2009).

16. Οφέλη για τους Εκπαιδευτικούς

Το μεγαλύτερο όφελος της εκπαίδευσης STEM για τους εκπαιδευτικούς, είναι ότι αυξάνεται η αυτοπεποίθησή τους στο να δοκιμάζουν νέες διδακτικές μεθόδους και προσεγγίσεις καθώς και να επισημάνουν εφαρμογές έξω από το δικό τους τομέα μαθημάτων. Εφαρμόζουν δεξιότητες από το ένα αντικείμενο του STEM στο άλλο, ενώ αναγνωρίζουν συνδέσεις- συσχετίσεις σε περιοχές του ΑΠΣ και τις κατάλληλες χρονικές στιγμές για να τις διδάξουν, ώστε να υποστηρίξουν την κατανόηση και την πρόοδο των μαθητών. Επιπλέον, χρησιμοποιούν πιο πρακτικά μέσα και «hands-on, minds-on» δραστηριότητες (National Research Council, 2010).

17. Το Παράδειγμα του Μέρυλαντ ως προς την Επιτυχία της Εκπαίδευσης STEM

Μια έκδοση από το Τμήμα Επιστημών της Αγωγής του Μέρυλαντ (Morrison & Bartlett, 2009), αναφέρει ότι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές που έχουν ολοκληρώσει το πρόγραμμα STEM σε αυτήν την πολιτεία, ολοκλήρωσαν επίσης ένα αυστηρό ακαδημαϊκό πρόγραμμα που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις εισαγωγής του Πανεπιστημίου της Μέρυλαντ.

Εξίσου ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι οι φοιτητές σε ορισμένα επαγγέλματα (επαγγέλματα υγείας, γραφιστική και εμπορική τέχνη, προ-μηχανική και προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών), ξεπέρασαν όλους τους φοιτητές, στο σύνολό τους. Ξεπέρασαν ακόμη τους συνομηλίκους τους που δε συμμετείχαν στην ακαδημία STEM σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των μέσων όρων των βαθμών, των αποτελεσμάτων σε τεστ και των ποσοστών αποφοίτησης, ενώ παρουσιάζουν χαμηλότερα σκορ στις κατηγορίες στάσεων εγκατάλειψης του σχολείου, αναστολών και απελάσεων από αυτό.

18. Εμπόδια/Προβλήματα της Εκπαίδευσης STEM

Πολλοί μαθητές από μικρή ηλικία χάνουν το ενδιαφέρον τους για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, με αποτέλεσμα να κάνουν πρόωρη έξοδο από το λεγόμενο «STEM pipeline». Παρά το γεγονός ότι η σημερινή τεχνολογία κάνει τη ζωή μας ευκολότερη, ωστόσο στερεί τους μαθητές από τις πρώτες εμπειρίες που θα τους βοηθούσαν να αποκτήσουν τις δεξιότητες για τις οποίες εξετάζονται για επαρκή απόδοση σε μαθήματα STEM.

Όσον αφορά τους εκπαιδευτικούς, έρευνες έδειξαν ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας δεν αισθάνονται έτοιμοι να διδάξουν Μαθηματικά, γεγονός που υποδεικνύει την ανάγκη για ευκαιρίες επαγγελματικής ανάπτυξης στην εκπαίδευση STEM. Αυτή η επαγγελματική εξέλιξη είναι απαραίτητη για τους εκπαιδευτικούς για να αναπτύξουν τόσο γνώση του περιεχομένου όσο και παιδαγωγική γνώση, που σχετίζεται με τα μαθήματα STEM. Τα βραχυπρόθεσμα προγράμματα δεν παρέχουν στους εκπαιδευτικούς επαρκή χρόνο για να αποκτήσουν και στη συνέχεια να εφαρμόσουν αυτές τις δεξιότητες. Η επαγγελματική εξέλιξη για τους εκπαιδευτικούς στην εκπαίδευση STEM θα πρέπει να συνεχίζεται για μια παρατεταμένη χρονική περίοδο και θα πρέπει να είναι επικεντρωμένη στο μαθητευόμενο και στη γνώση (Hanover Research, 2011).

Ένα επιπλέον πρόβλημα για την εκπαίδευση STEM αποτελεί σύμφωνα με τον Bybee, (2000, αναφορά στο Sanders, 2009) το γεγονός ότι «Για μια κοινωνία τόσο πολύ εξαρτημένη από την τεχνολογία και τη μηχανική, είμαστε βαθύτατα ανίδεοι σχετικά με την τεχνολογία, τις έννοιες και τις διαδικασίες της μηχανικής και έχουμε αγνοήσει σε μεγάλο βαθμό αυτή τη δυσαρμονία μέσα στο εκπαιδευτικό μας σύστημα».

Σε πανεπιστημιακό επίπεδο, υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες ότι οι ΗΠΑ χάνουν την παγκόσμια ηγεμονία στην Τεχνολογία και τη Μηχανική. Οι εργοδότες σε πολλές βιομηχανίες διαμαρτύρονται ότι οι αιτούντες για εργασία δεν έχουν τις αναγκαίες δεξιότητες μαθηματικών, ηλεκτρονικών υπολογιστών και επίλυσης προβλημάτων για να πετύχουν, με αποτέλεσμα οι διεθνείς φοιτητές να στελεχώνουν ολοένα περισσότερες ελίτ STEM θέσεις εργασίας στις ΗΠΑ. Το 2007 οι διεθνείς φοιτητές αποτελούσαν περισσότερο από το 1/3 των αποφοίτων στις Φυσικές Επιστήμες και τη Μηχανική στις ΗΠΑ και περισσότερο από το 70% από αυτούς παρέμειναν στις ΗΠΑ μετά την

απόκτηση του πτυχίου τους. Ωστόσο, η αυξανόμενη τα τελευταία χρόνια εξεύρεση θέσεων εργασίας στις χώρες τους, περιόρισε τη συγκέντρωση ταλέντων που είναι διαθέσιμη στους εργοδότες στις ΗΠΑ. Με τη νέα πρωτοβουλία «No Child Left Behind Act» (2001), δόθηκε λιγότερη προσοχή στην υποδομή και την παιδαγωγική της εκπαίδευσης STEM και η εκπαίδευση STEM εστιάζει κυρίως σε θέματα εργατικού δυναμικού (Sanders, 2009).

Όπως συμβαίνει με κάθε εκπαιδευτική πρωτοβουλία, η ανάπτυξη ενός ΑΠΣ που να συμπεριλαμβάνει το STEM ως πλήρως ενσωματωμένο απαιτεί χρηματοδότηση που μπορεί να μην είναι διαθέσιμη προς το παρόν. Η Τεχνολογία παραδείγματος χάριν, συνεπάγεται περισσότερους υπολογιστές και υλικό για τα σχολεία και τους μαθητές. Προκειμένου να παρέχεται η εκπαίδευση STEM σε όλους τους μαθητές, θα πρέπει να διατεθούν χρήματα, όχι μόνο για την ανάπτυξη του κατάλληλου ΑΠΣ που θα υποστηρίξει την εκπαίδευση STEM, αλλά και για την έκθεση των μαθητών σε καριέρες STEM, για την παροχή βιώσιμης επαγγελματικής εξέλιξης STEM, για την προϋπηρεσιακή κατάρτιση των εκπαιδευτικών σε θέματα STEM, για την διοργάνωση διαγωνισμών που σχετίζονται με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, τη συμπερίληψη προγραμμάτων καθοδήγησης και υποτροφιών, την ενασχόληση με πρακτικές δραστηριότητες στις Φυσικές Επιστήμες και την πρόσληψη εκπαιδευτικών STEM.

Σύμφωνα με τη State Educational Technology Directors Association (SETDA, 2008), τα κράτη και οι σχολικές περιφέρειες θα πρέπει να ξεκινήσουν την ανάπτυξη ενός πλάνου από το Νηπιαγωγείο για την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM και την ανάπτυξη συγκεκριμένων στόχων για την επίτευξη των σκοπών αυτών. Με βάση τις προηγούμενες ενδείξεις, λίγη έμφαση δινόταν στις Φυσικές Επιστήμες ως σημαντικό θεματικό τομέα, καθώς συχνά διδασκόταν μια ή δυο φορές την εβδομάδα στο Δημοτικό. Για να ενθαρρυνθούν οι μαθητές να ακολουθήσουν καριέρες STEM, θα πρέπει να δοθεί περισσότερη έμφαση στο ξεκίνημα της διδασκαλίας των στοιχειωδών στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία από το Νηπιαγωγείο. Η διδασκαλία προχωρημένων θεμάτων, όπως η Άλγεβρα και ο υπολογισμός, πριν να έχουν αντιμετωπιστεί επαρκώς η αριθμητική προϋπόθεση και ο χειρισμός των αριθμών, έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να

αντιμετωπίζουν πολλές δυσκολίες στην κατανόηση των θεμάτων STEM (Zimmerman, 2012).

Ένα επιπλέον εμπόδιο στην επιτυχή εφαρμογή του STEM στο ΑΠΣ ενός σχολείου είναι η έλλειψη της απαραίτητης ηγεσίας για να εμποτίσει τις προσεγγίσεις STEM στο τρέχον εκπαιδευτικό σύστημα. Η Τεχνολογία και η Μηχανική είναι μαθήματα που πρέπει να διδαχθούν πολυεπίπεδα όπως τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών (Lantz, 2009). Έρευνες σε ποικίλα σχολικά ΑΠΣ δείχνουν ότι ενώ το ΑΠΣ φαίνεται να περιλαμβάνει Φυσικές Επιστήμες και Μαθηματικά, λείπει η Μηχανική, ίσως επειδή πολλά σχολικά συστήματα μπορεί να θεωρούν ότι το ΑΠΣ είναι ήδη επιβαρυνόμενο με μαθήματα.

Άλλος ένας παράγοντας που εμποδίζει την υψηλής ποιότητας εκπαίδευση STEM K-12, είναι η έλλειψη καταρτισμένων εκπαιδευτικών. Η μαθηματική εκπαίδευση δεν αποτελεί μέρος της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, ενώ αντιμετωπίζονται περισσότερο ως αποκομμένοι κλάδοι, με αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να μην είναι εξίσου προετοιμασμένοι για τη διδασκαλία των μαθημάτων αυτών ως «ένα όλο». Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί της Τεχνολογικής Εκπαίδευσης και οι Μηχανικοί να μη μπορούν να διδάξουν Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες. Για πιο επιτυχημένη εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM απαιτούνται επαγγελματίες για τη διδασκαλία στις τάξεις των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών, ή τουλάχιστον η παροχή καλών προτύπων στους μαθητές για να τους εμπνέουν να κυνηγήσουν καριέρες STEM.

Πέρα από τα εκπαιδευτικά εμπόδια υπάρχουν εμπόδια που περιλαμβάνουν πολιτισμικές αντιλήψεις από μέρους των γονέων και των μαθητών που μπορεί να εμποδίζουν τους μαθητές στην εμπλοκή με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Σύμφωνα με την SETDA, οι κοινωνικές συμπεριφορές και αντιλήψεις πρέπει να αλλάξουν όσον αφορά τις καριέρες στη Μηχανική, τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Πρέπει να αλλάξει η νοοτροπία των ανθρώπων και το στίγμα του «σπασίτλα» σε εκείνους που διακρίνονται στους τομείς των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών και της Μηχανικής. Πρέπει επίσης να βοηθηθούν τα κορίτσια να καταλάβουν ότι μπορούν να διαπρέψουν στην εκπαίδευση STEM παρέχοντάς τους καλά πρότυπα (Ferguson, 2010).

19. Προτάσεις για Βελτίωση

Μια πρώτη πρόταση για βελτίωση εστιάζει στη ροή των μαθητών σε καριέρες STEM. Μια σημαντική διάσταση αυτού του στόχου είναι η αύξηση της συμμετοχής των ομάδων που υπο-εκπροσωπούνται στις επιστήμες, ειδικά των μαύρων, των ισπανόφωνων, των γυναικών και των φοιτητών χαμηλού εισοδήματος, οι οποίοι δυσανάλογα βγαίνουν εκτός της ομάδας υψηλών επιτεύξεων στην εκπαίδευση K-12. Είναι σημαντικό να παρέχονται ευκαιρίες σε μαθητές των ομάδων αυτών με υψηλές επιδόσεις επειδή η αλλαγή των προτύπων της μετανάστευσης, η ταχεία βελτίωση της εκπαίδευσης και των οικονομιών στις αναπτυσσόμενες χώρες και μια σημαντική έμφαση στην ανάπτυξη των ταλέντων στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες έχει αλλάξει δραματικά το πεδίο για την εκπαίδευση στην Αμερική. Τα μεταβαλλόμενα δημογραφικά στοιχεία στις ΗΠΑ θα απαιτούσαν αυξανόμενη συμμετοχή από μη λευκούς και μη ασιατές μαθητές στην εκπαίδευση STEM (National Research Council, 2010).

Σημαντικός στόχος είναι να τετραπλασιαστεί ο αριθμός αυτών που επιλέγουν Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, καθώς και να αυξηθεί ο χορηγούμενος αριθμός απολυτηρίων. Για την υποστήριξη του στόχου αυτού, θα πρέπει επιπλέον να προσλαμβάνονται 10.000 καινούργιοι δάσκαλοι Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών κάθε χρόνο, αλλά και να ενισχυθούν οι δεξιότητες 250.000 δασκάλων που διδάσκουν Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες και να υποστηριχθούν τα μεταπτυχιακά και η ερευνητική σταδιοδρομία στους τομείς STEM (Kuenzi, Matthews, Mangan, 2006).

20. Χρηματοδοτήσεις για την Εκπαίδευση STEM

Οι επενδύσεις στην εκπαίδευση STEM από κρατικούς φορείς και ιδιωτικούς οργανισμούς στις ΗΠΑ είναι πολυάριθμες. Από τον Λευκό Οίκο ανακοινώθηκαν:

- Χρηματοδότηση 80.000.000 δολαρίων για την προετοιμασία αποτελεσματικών εκπαιδευτικών STEM. Θα προκηρυχθεί διαγωνισμός από το Υπουργείο Παιδείας για την υποστήριξη προγραμμάτων προετοιμασίας αποτελεσματικών εκπαιδευτικών STEM, όπως αυτά που επιτρέπουν στους φοιτητές να αποκτήσουν ταυτόχρονα πτυχίο STEM και πιστοποιητικό διδασκαλίας και παρέχει στους

προπτυχιακούς φοιτητές πρώιμες και εντατικές εμπειρίες στην τάξη για να βελτιώνουν τις δεξιότητές τους.

- Επένδυση 100.000.000 δολαρίων για την ενίσχυση της προπτυχιακής εκπαίδευσης στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Η NSF θα λάβει χρηματοδότηση μεγαλύτερη των 100.000.000 δολαρίων για τη βελτίωση της προπτυχιακής εκπαίδευσης STEM μέσα από τα προγράμματά της, όπως το «Widening Implementation and Demonstration of Evidence-based Reforms (WIDER)» και το «Transforming Undergraduate Education in Science, Technology, Engineering and Mathematics (TUES)».

- Μια επιπλέον επένδυση ύψους 22.000.000 δολαρίων από το φιλανθρωπικό και ιδιωτικό τομέα συμπληρώνει τις προσπάθειες της Διοίκησης. Μετά την έκκληση του Προέδρου των ΗΠΑ για πρόσληψη και προετοιμασία αποτελεσματικών εκπαιδευτικών STEM πριν από δυο χρόνια, περισσότεροι από 115 οργανισμοί υπό την ηγεσία της Carnegie Corporation της Νέας Υόρκης και την Opportunity Equation, ενώθηκαν σχηματίζοντας έναν συνασπισμό με την ονομασία «100Kin 10» για να βοηθήσουν στην επίτευξη του στόχου του Προέδρου. Σήμερα, 14 από τους οργανισμούς αυτούς –συμπεριλαμβανομένων των Carnegie, Google, the S.D. Bechtel, Jr., Bill & Melinda Gates, Freeport McMoran, and Michael and Susan Dell Foundations- ανακοίνωσαν την επένδυση 22.000.000 δολαρίων για την εκπαίδευση και υποστήριξη εκπαιδευτικών STEM (Association of Public and Land-Grant Universities, 2012).

Δεκατρείς εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες για την εκπαίδευση STEM από το Νηπιαγωγείο ως και το Λύκειο (K-12) θα λάβουν χρηματοδότηση μεγαλύτερη των 12.000.000 δολαρίων από το πρόγραμμα «NASA's Nspires program». Τα προγράμματα αυτά ενσωματώνουν ένα τεχνολογικό εύρος από κοινωνικά δίκτυα ως εικονική μάθηση και ψηφιακά μέσα, συμπεριλαμβανομένων υλικών εστιασμένων στην επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών. Μεταξύ των προγραμμάτων αυτών είναι και τα εξής:

- NASA/NC-MSEN Students Preparing to Advance into Careers in Engineering (SPACE).

- New Frontiers: Journeying to Mars with Interactive Technologies.

- NASA Triad: A Triangulated Program to Promote NASA STEM Education Nationwide.
- Climate Change High School Teacher Institute.
- Inspiring STEM Educators: The NASA Physics and Engineering Collection on VITAL/Teachers' Domain.
- Real-World/In-World NASA Engineering Design Challenge.
- The Global Microscope: Integrating NASA Data into Learning and Teaching.
- Challenger Center Missions for High School.
- SEEDS Scholars.
- Idaho STEM Aerospace Scholars.
- Enhancing Earth System Science and Stem Education in High Schools.
- Investigating Climate Change and Remote Sensing.
- Engaging Teachers and Students in the Rio Grande Valley in Astronomy and Earth and Space Science (The Journal, 2009).

Η πρωτοβουλία Catalyst της HP είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ηγετικών εκπαιδευτικών οι οποίοι διερευνούν τις καινοτομίες στη μάθηση και διδασκαλία στην εκπαίδευση STEM. Η πρωτοβουλία αυτή επεκτείνεται με χρηματοδότηση μεγαλύτερη των 150.000 δολαρίων. Το 2011 η HP χρηματοδότησε 20 νέους οργανισμούς για να συμμετέχουν σε μια από τις έξι παγκόσμιες κοινοπραξίες. Αυτά τα κέντρα για την καινοτομία θα χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για να δημιουργήσουν ισχυρές μαθησιακές εμπειρίες στους μαθητές, ώστε να χρησιμοποιούν τεχνικές ικανότητες και δημιουργικότητα για να αντιμετωπίσουν δραστικές κοινωνικές αλλαγές στις κοινότητές τους και σε όλον τον κόσμο (Morell, 2011).

21. Περιοχές στις ΗΠΑ όπου Εφαρμόζεται η Εκπαίδευση STEM

Οι περιοχές όπου εφαρμόζεται η εκπαίδευση STEM στις ΗΠΑ, είναι:

- Baltimore, Maryland
- Seattle, Washington
- Downingtown, Pennsylvania
- Knoxville, Tennessee
- Northampton & Kannapolis, North Carolina

- Cypress Creek High School (Harris County, Texas)
- San Antonio, Waxahachie & Round Rock, Texas
- Elk Grove, California
- Orange City, Florida
- Dayton & Springfield, Ohio
- Liverpool, New York

22. Από το STEM στο STEAM

STE [+ a] M είναι η συμπερίληψη των Τεχνών [+ a] με τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά [STEM]. Το θεμέλιο της STE [+ a] M βασίζεται στη χρήση και των δύο τμημάτων του εγκεφάλου, όπου είναι σε θέση να λάβει χώρα η συγκλίνουσα και η αποκλίνουσα σκέψη. Για να είναι ο προσανατολισμός τους περισσότερο «ολόκληρου του εγκεφάλου», τα σχολεία πρέπει να δίνουν ίδια βαρύτητα στις Τέχνες, στη δημιουργικότητα και στις δεξιότητες της φαντασίας και της σύνθεσης. Για να προωθήσουν μια σχολική εμπειρία που δίνει βάση σε «ολόκληρο τον εγκεφαλο», οι δάσκαλοι μπορούν να αυξήσουν τις μαθησιακές δραστηριότητες που χρησιμοποιούν το δεξί τμήμα του εγκεφάλου, ενσωματώνοντας μεταφορές, αναλογίες, παιχνίδια ρόλων, οπτικά βοηθήματα και κίνηση κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης, των υπολογισμών και των αναλυτικών δραστηριοτήτων.

Από το STEM στο STEAM, είναι μια πρωτοβουλία για την προσθήκη της Τέχνης και του Σχεδίου (Art and Design) στην εθνική ατζέντα της εκπαίδευσης και έρευνας STEM (Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά) στην Αμερική. Στόχος είναι να προωθηθεί η πραγματική καινοτομία που προκύπτει από το συνδυασμό STEM + Art = STEAM (Rhode Island School of Design, n.d).

Μια στενή εστίαση στο πρόγραμμα σπουδών STEM μπορεί να παραγκωνίσει τις άλλες βασικές διδακτικές περιοχές - συμπεριλαμβανομένων και των Τεχνών, των Κοινωνικών Επιστημών και των Γλωσσών. Ένα ισορροπημένο πρόγραμμα σπουδών που εκπαιδεύει το παιδί εξ' ολοκλήρου, που επιφέρει υψηλές επιδόσεις σε όλους τους τομείς και προσφέρει την ευρύτερη δυνατή προετοιμασία για να είναι κάποιος πολίτης, για την τριτοβάθμια εκπαίδευση και για τη συμμετοχή σε μια παγκόσμια οικονομία και σε έναν ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο, θα πρέπει να αποτελεί τον στόχο (STE[+a]M).

Οι Τέχνες είναι το απαραίτητο συμπλήρωμα στην εκπαίδευση STEM, συνδέοντας τα σημεία μεταξύ όλων των συστατικών (Φυσικές Επιστήμες, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά). Η εκπαίδευση στις Τέχνες είναι το κλειδί για τη δημιουργικότητα και η δημιουργικότητα είναι βασικό συστατικό που προωθεί την καινοτομία. Η καινοτομία, είναι κοινώς αποδεκτό, ότι είναι απαραίτητη για να δημιουργηθούν νέες βιομηχανίες στο μέλλον και οι νέες βιομηχανίες και τα νέα επαγγέλματα είναι η βάση της μελλοντικής οικονομικής ευημερίας. Αν δε συνδεθούν αυτά τα σημεία, η εκπαίδευση στις Τέχνες θα συνεχίσει να είναι υπό εξαφάνιση στα σχολεία και θα πληγεί το οικονομικό μέλλον των Η.Π.Α. Στο Οχάιο, στη Νέα Υόρκη και στη Φλόριδα, καθώς και σε πολλές άλλες περιοχές, η ιδέα του STEAM (STEM + Arts) βρίσκει μεγάλη ανταπόκριση. Η Κίνα και άλλες ανταγωνίστριες χώρες των ΗΠΑ έχουν θέσει ως ζήτημα εθνικής προτεραιότητας την προώθηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων τύπου STEAM.

23. Η Εκπαίδευση STEM στο Ηνωμένο Βασίλειο

Το Science, Technology, Engineering and Mathematics Network ή απλώς STEMNET στο Η.Β. επιδιώκει να ενθαρρύνει τη συμμετοχή των σχολείων και των πανεπιστημίων σε θέματα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες και τη Μηχανική και στη συνέχεια στην απασχόληση σε επαγγέλματα του τομέα αυτού.

Βασικός στόχος είναι να κάνει τα παιδιά να ενδιαφερθούν για τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά. Εκτός από την ενασχόληση κατά τη διάρκεια του σχολείου, υποστηρίζονται και λέσχες Φυσικών Επιστημών και Μηχανικής μετά το σχολείο. Υπάρχουν 9 τοπικά Κέντρα Ενασχόλησης με τις Φυσικές Επιστήμες (Science Learning Centres).

Μπορεί η Αγγλία να έχει μόλις το 1% του παγκόσμιου πληθυσμού, αλλά παράγει το 10% της παγκόσμιας έρευνας. Οι κυβερνητικές στρατηγικές για την ανάπτυξη ενός δυναμικού αποθέματος επιστημόνων, μηχανικών, τεχνολόγων και μαθηματικών, ενισχύουν τη δράση των οργανισμών STEM (STEMNET).

24. Σχόλια για την Εκπαίδευση STEM

Σε επιστημονικό forum σχετικά με την εκπαίδευση STEM απευθύναμε ζητήσαμε από τους εμπλεκόμενους (δασκάλους, καθηγητές πανεπιστημίων, επιμορφωτικούς

φορείς) να εκφράσουν το πώς οι ίδιοι αντιλαμβάνονται την εκπαίδευση και το ΑΠΣ STEM και τις καινοτομίες που αυτό προσφέρει. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα σχόλια εκπαιδευτικών και παραγόντων της εκπαίδευσης STEM από τις ΗΠΑ:

- STEM education is an intentional, metadisciplinary approach to teaching and learning, in which students uncover and acquire a cohesive set of concepts, competencies, and dispositions of science, technology, engineering, and mathematics that they transfer and apply in both academic and real-world contexts, in order to be globally competitive in the 21st Century. (Bill Bertrand - Technology Education Advisor at Pennsylvania Department of Education).

- In my region (Southwestern Ohio) it is common for high schools and urban areas to have dedicated programs or even schools dedicated to STEM education. Middle school STEM education is growing rapidly with more and more programming being developed for the lower grades. We are fortunate to have STEM hubs whereas various stakeholders (K-12 Education, Universities, Private Businesses, & Engineers from the Air Force Research Labs) collaborate to develop free curriculum and teacher training that is accessible to all schools. (Tom Jenkins - Educator/Lead STEM Fellow, Dayton, Ohio Area).

- STEM is an approach to learning - not a program or curriculum. It is research based and not experimental but it is not occurring in all US schools. Tom mentioned that currently it is occurring more often in high schools - that is true also. It is also true that middle level and elementary STEM education are both growing. My organization works closely with schools interested in moving from a traditional approach to education to a STEM focused approach. (Michele Timmons - Manager, Partnership Development at EDWorks, a Subsidiary of KnowledgeWorks).

25. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η εκπαίδευση STEM και συγκεκριμένα το ενσωματωμένο/διαθεματικό ΑΠΣ STEM αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο ΑΠΣ που στοχεύει στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, και των Μαθηματικών ως ένα σύνολο και όχι ως διακριτά γνωστικά αντικείμενα, όπως συνέβαινε στα παραδοσιακά ΑΠΣ. Το ΑΠΣ STEM βασίζεται μεταξύ των άλλων, στη διαθεματικότητα, στην προώθηση της έρευνας, της αυτενεργούς μάθησης και της διδασκαλίας μέσα από την επίλυση προβλημάτων. Έχει αποδειχτεί ερευνητικά πως μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη τόσο για τους μαθητές, οδηγώντας σε αξιόλογα μαθησιακά επιτεύγματα και δεξιότητες που απαιτούνται για τη συμμετοχή σε μια παγκόσμια οικονομία και σε έναν ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο, όσο και για τους εκπαιδευτικούς, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη δεξιοτήτων απαραίτητων για τις νέες εκπαιδευτικές συνθήκες του 21^{ου} αιώνα και την επαγγελματική τους εξέλιξη. Επιπλέον, η εκπαίδευση STEM φαίνεται να εξυπηρετεί το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε, την ανάπτυξη δηλαδή ενός αξιόλογου εργατικού δυναμικού STEM που θα στελεχώσει τις θέσεις εργασίας στις ΗΠΑ και θα συμβάλλει στην ανάπτυξη της οικονομίας, της βιομηχανίας και της καινοτομίας με στόχο να διατηρηθεί η παγκόσμια ηγεμονία των ΗΠΑ ως τεχνολογικού και οικονομικού ηγέτη.

Βιβλιογραφία

American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1993). Benchmarks for Science Literacy. Washington, DC: 1993. [25 June 2006]. <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm>.

Accreditation Board for Engineering and Technology. (2007-2008). *Engineering accreditation criteria*. Baltimore, MD: Author.

Association of Public and Land-Grant Universities (2012). *President Obama Proposes New Plan to Strengthen STEM Teacher Training and Undergraduate*

Education. Ανακτήθηκε στις 07.06.12 από τη διεύθυνση:
<http://www.aplu.org/page.aspx?pid=2261>

Bergeson, T., Davidson, C., Domaradzki, L. (2008). *Washington State K-12 Mathematics Learning Standards*. Washington, DC: Superintendent of Public Instruction. Ανακτήθηκε στις 14.06.12 από τη διεύθυνση:
<http://www.k12.wa.us/Mathematics/Standards/WAMathStandardsGradesK-8.pdf>

Bybee, R. W. (2009). *K-12 Engineering Education Standards: Opportunities and Barriers. A Presentation for the Workshop on Standards for K-12 Engineering Education*. Washington, DC: National Academies Press.

CurrTech Integrations, (2008). *Science, technology, engineering, and mathematics curriculum integration program (STEM-CIP)*, Baltimore, Maryland.

Dugger, E. W. (2010). *Evolution of stem in the United States*. Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 6th Biennial International Conference on Technology Education Research in Australia, 8 July 2009. Ανακτήθηκε στις 18.08.12 από τη διεύθυνση: <http://www.iteea.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf>

Ferguson, L. (2010). The emphasis for STEM education. Ανακτήθηκε στις 03/09/12 από τη διεύθυνση: <http://rowanclass09.blogspot.gr/2010/03/emphasis-for-stem-education.html>

Hanover Research (2011). *K-12 STEM Education Overview*. Washington DC: Hanover Research. Ανακτήθηκε από τη διεύθυνση: <http://www.hanoverresearch.com/wp-content/uploads/2011/12/K-12-STEM-Education-Overview-Membership.pdf>

Kuenzi, J. J., Matthews, C. M., & Mangan, B. F. (2006). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education issues and legislative options*. Washington, DC: Congressional Research Service. Ανακτήθηκε στις 27.08.12 από τη διεύθυνση: <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL33434.pdf>

Kuenzi, J. J. (2008). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: Background, Federal Policy, and Legislative Action. *Congressional Research Service Reports*. Paper 35. Ανακτήθηκε στις 06.07.12 από τη διεύθυνση: <http://digitalcommons.unl.edu/crsdocs/35>

Lantz, H. B. (2009). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education. What Form? What Function? Ανακτήθηκε στις 10.08.12 από τη διεύθυνση: <http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>

Lantz, H. B. & Smaroff, N., (2008). *3-2-1 Lift Off. A Study of Force, Motion, Change of Matter, and Transfer of Energy. Teacher's Guide*. CurrTech Integrations, LLC. Ανακτήθηκε στις 15.07.12 από τη διεύθυνση:

http://www.currtechintegrations.com/pdf/3-2-1_Teachers_Guide_ExcerptAct3_11_11_08.pdf

- Lurker, R. (2010). *STEM Education Reform: Technology Learning Center*. Ανακτήθηκε στις 23.07.12 από τη διεύθυνση: <http://www.slideshare.net/rlurker/stem-education-reform-technology-learning-center-flyer>
- Massa, N., Hannes, F., Dischino, M., Donnelly, J. (2009). *Problem-Based Learning: A Practical Approach for STEM Education*. Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 12th Annual Massachusetts Community College Conference on Teaching and Learning, Springfield Technical Community College Springfield, MA. 17 April 2009. Ανακτήθηκε στις 29.07.12 από τη διεύθυνση: <http://www.nebhe.org/wp-content/uploads/PBL-Practical-Approach-Presentation.pdf>
- Morell, L. (2011). *HP Funding Opportunity to Explore Innovations in STEM Education*. Ανακτήθηκε στις 15.07.12 από τη διεύθυνση: <http://luenymorell.com/2011/04/06/hp-funding-opportunity-to-explore-innovations-in-stem-education/>
- Morrison, J., & Bartlett, R. V. (2009). STEM as a curriculum: An experiential approach. *Education Week*, 28(23), 28–31. Ανακτήθηκε στις 17.06.12 από τη διεύθυνση: https://www.mheonline.com/assets/pdf/STEM/articles/stem_as_curriculum.pdf
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). *Math Standards and Expectations*. Ανακτήθηκε στις 13.07.12 από τη διεύθυνση: <http://www.nctm.org/standards/content.aspx?id=4294967312>
- National Research Council (2010). *Successful K-12 STEM Education. Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, D.C: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 19.08.12 από τη διεύθυνση: http://www.stemreports.com/wp-content/uploads/2011/06/NRC_STEM_2.pdf
- President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), (2010). *Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) for America’s Future (p. 16)*. Washington, DC: Executive Office of the President of the United States. Ανακτήθηκε στις 19.07.12 από τη διεύθυνση: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-stemed-report.pdf>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68 (4), 20-26. Ανακτήθηκε στις 24.07.12 από τη διεύθυνση: http://esdstem.pbworks.com/f/TTT%2BSTEM%2BArticle_1.pdf
- The Journal (2009). *NASA Funds Target 13 K-12 STEM Education Programs*. Ανακτήθηκε στις 23.08.12 από τη διεύθυνση:

<http://thejournal.com/Articles/2009/12/18/NASA-Funds-Target-13-K-12-STEM-Education-Programs.aspx?Page=2>

Tsupros, N., R. Kohler, and J. Hallinen, (2009). STEM education: A project to identify the missing components. Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania. Ανακτήθηκε στις 05.06.12 από τη διεύθυνση: http://www.iu1stemcenter.org/files/CMU_and_IU_STEM_Survey.pdf

Wiggins, G., & McTighe, J. (1998). Understanding by design. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Zimmerman, G. O. (2012). *Necessities for improving STEM education*. Ανακτήθηκε στις 12.08.12 από τη διεύθυνση: <http://www.aps.org/units/fed/newsletters/spring2012/zimmerman.cfm>

Ηλεκτρονικές πηγές:

Enhancing Education, (n.d.). Ανακτήθηκε στις 13.06.12 από τη διεύθυνση: <http://enhancinged.wgbh.org/research/eeeeee.html>

Intel. Design and Discovery, (n.d.) : Experiencing Engineering Through Design. Ανακτήθηκε στις 30.07.12 από τη διεύθυνση: <http://educate.intel.com/en/DesignDiscovery/Overview/>

Rhode Island School of Design. *STEM to STEAM (n.d.)*. Ανακτήθηκε στις 18.08.12 από τη διεύθυνση: http://risd.edu/About/STEM_to_STEAM/

STE[+a]M. Science, Technology, Engineering, +Arts, Mathematics (n.d.). Ανακτήθηκε στις 08.06.12 από τη διεύθυνση: <http://steammanifesto.com/steam/>

STEM Education Coalition (n.d.). Ανακτήθηκε στις 29.06.12 από τη διεύθυνση: <http://www.stemedcoalition.org/about-us/>

STEMNET: Science, Technology, Engineering and Mathematics Network (n.d.). Ανακτήθηκε στις 16.06.12 από τη διεύθυνση: <http://www.stemnet.org.uk/>