

## ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ 4<sup>η</sup> ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ: ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ή ΑΠΟΣΤΗΘΙΣΗ ΛΥΣΕΩΝ

**Κ. Καραλής<sup>1,2,3\*</sup>, Θ. Κρασσά<sup>1</sup>, Κ. Μ. Λιάκου<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

<sup>2</sup>ΩΣΗ, Κέντρο Δημιουργικής Μάθησης, Αθήνα, Ελλάδα

<sup>3</sup>Dia Gerontoudi Prep Center

(\*[kkaralis@mail.ntua.gr](mailto:kkaralis@mail.ntua.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μεταβάλλει εκ βάθρων τον κόσμο της εργασίας με τη σταδιακή αυτοματοποίηση είτε οποιασδήποτε επαναλαμβανόμενης διαδικασίας, ή οποιασδήποτε διαδικασίας μπορεί να προσομοιωθεί με αλγόριθμο. Έτσι δημιουργούνται νέες ή διατηρούν τη σημασία τους ήδη υπάρχουσες απαιτήσεις ως προς τις ικανότητες που πρέπει να έχουν αναπτύξει οι νέοι απόφοιτοι, για να μπορούν να κινηθούν αποτελεσματικά στις νέες αυτές συνθήκες. Με βάση πρόσφατη ταξινόμηση από το παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ του Νταβός απαιτούνται μεταξύ των άλλων ικανότητες επίλυσης σύνθετων προβλημάτων, συνδυάζοντας αναλυτική και κριτική ικανότητα, δημιουργικότητα, ικανότητα πρωτότυπης και ανεξάρτητης σκέψης και ικανότητα εκμάθησης νέων γνώσεων και μεθόδων.

Στην εισήγηση επιχειρείται αρχικά μία παρουσίαση του προβληματισμού σχετικά με τη σημασία της δημιουργικής σκέψης που εμφανίζεται ήδη από την εποχή της πρώτης επιστημονικής επανάστασης και του Διαφωτισμού, κατά τα αρχικά στάδια της εμφάνισης των επιστημονικών πειθαρχιών του μηχανικού και στη συνέχεια εξετάζεται πώς και αν καλλιεργούνται αυτές οι ικανότητες μέσα στο πλαίσιο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, θεωρώντας ότι αποτελεί στην πραγματικότητα προνομιακό πεδίο για την ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων, ήδη από το γυμνάσιο ως προς την επίλυση προβλημάτων (στα μαθηματικά) και από το λύκειο για όλες τις θετικές επιστήμες, καθώς σε ίδια χρονική διάρκεια δίνεται στο λύκειο και στο γυμνάσιο πολύ λιγότερη ύλη σε σχέση με αυτήν που δίνεται στο Πολυτεχνείο. Όμως, στην πράξη το σύστημα παράγει τελείως διαφορετικά αποτελέσματα. Η ύλη περιορίζεται συνέχεια, και σε συνδυασμό με τη μορφή των θεμάτων των πανελληνίων προωθείται η μηχανική εκμάθηση λύσεων χωρίς ουσιαστική θεωρία και δημιουργική σκέψη.

Στην εισήγηση λοιπόν αναλύεται κάτω από αυτό το πρίσμα η εκπαιδευτική δραστηριότητα στην περίπτωση των θετικών επιστημών, στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αναδεικνύοντας βασικά παθολογικά στοιχεία, τα οποία στον δημόσιο διάλογο συνήθως αναφέρονται με πολύ γενικό και άρα μη ουσιαστικό τρόπο και τα οποία αποτελούν βασικά εμπόδια στην συνέχεια των σπουδών στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Ταυτόχρονα αναδεικνύονται δύο ουσιαστικές διχοτομίες: η διχοτομία μεταξύ της απομνημόνευσης και της κατανόησης και η διχοτομία μεταξύ της επιστημονικής γνώσης και της απλής πρακτικής εφαρμογής (που παραπέμπει μεταξύ των άλλων και στη διάκριση μεταξύ των μηχανικών και των τεχνολόγων και τεχνιτών (που έγινε και πάλι επίκαιρη)).

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση μεταβάλλει εκ βάθρων τον κόσμο της εργασίας, αλλά και γενικότερα την κοινωνία, με τη σταδιακή αυτοματοποίηση είτε οποιασδήποτε επαναλαμβανόμενης διαδικασίας, ή οποιασδήποτε διαδικασίας μπορεί να προσομοιωθεί με αλγόριθμο. Ο όρος «4<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση» προτάθηκε από τον ιδρυτή και πρόεδρο του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ του Νταβός, Κλάους Σβαμπ, επειδή, όπως σημειώνει στο ομώνυμο βιβλίο του<sup>1</sup>, σαρωτικές αλλαγές πραγματοποιούνται σε όλα τα συστήματα παραγωγής, κατανάλωσης και μεταφορών, εκπαίδευσης, υγείας, με αντανάκλαση σε γενικότερες κοινωνικές μεταβολές, στην εργασία, στην επικοινωνία, στη διακίνηση της πληροφορίας μέχρι και την προσωπική έκφραση, ή την πολιτική και τη διοίκηση. Οι μεταβολές αυτές είναι πρωτόγνωρες ως προς την ταχύτητα, το βάθος, το εύρος και τον αριθμό των συστημάτων που επηρεάζουν, ώστε να καθιστούν το συνολικό αυτό φαινόμενο ως μία νέα επανάσταση, και όχι ως ένα επακόλουθο στο πλαίσιο της 3<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης, η οποία αντιστοιχεί στην εφεύρεση και εξάπλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου.

Η χρήση του όρου «επανάσταση» είναι απόλυτα συμβατή με την ανάλυση του Σερζ Μοσκοβισί για την κοινωνική σημασία των επιστημονικών επαναστάσεων (αρχίζοντας από την πρώτη επιστημονική επανάσταση του Γαλιλαίου και του Νιούτον, παρά το γεγονός ότι δεν έχει υπόψη του τις καταγιστικές εξελίξεις από το τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι σήμερα: «Αναμφισβήτητα, οι επελευθερωμένες αλλαγές στις επιστήμες –επηρεάζοντας το περιεχόμενο, τη λειτουργία, τον ρυθμό τους- άνοιξαν προοπτικές οι οποίες εγγράφονται στα πιο επαναστατικά γεγονότα της ανθρώπινης ιστορίας. Η έννοια του χρόνου, του χώρου, το οπλοστάσιο των φυσικών νόμων, οι πληροφορίες για τη δομή της οργανικής και ανόργανης ύλης, τα μέσα παρατήρησης και πειραματισμού υπόκεινται σε συνεχή αναθεώρηση. Τίποτα δεν μοιάζει στάσιμο, αποσπασμένο σε κλειστά συστήματα, τίποτα δεν φαίνεται να βάζει σοβαρά εμπόδια στην τολμηρή προέλαση πάνω στους πολλούς δρόμους που ανοίγονται. Αυτή η ανανέωση δεν επηρεάζει μόνο την υπόσταση των επιστημών. Η θέση την οποία κατέχουν ανάμεσα στους αποφασιστικούς παράγοντες της οργάνωσης των κοινωνικών μας σχέσεων και των νοητικών μας περιεχομένων δεν έχει το αντίστοιχό της στο παρελθόν... Θεωρείται αποδεδειγμένο στο εξής ότι ο αντίκτυπος της κβαντομηχανικής ή της κοσμολογίας της σχετικότητας πάνω στην ιστορία μας δεν έχει τίποτα να ζηλέψει από τη βαθειά τομή που σηματοδότησε η γαλλική επανάσταση. ..Η θέση την οποία κατέχουν τα μαθηματικά ανάμεσα στα εξέχοντα εγχειρήματα και στις κρατούσες πνευματικές έξεις θα παραλληλιστεί κάποτε, ίσως, με την διάδοση της γραφής, αν όχι με την ίδια την εμφάνιση της ανθρώπινης γλώσσας»<sup>[2]</sup>.

Μία από τις σημαντικότερες συνέπειες αυτής της εξέλιξης είναι πως «η αξία, η επάρκεια και η αποτελεσματικότητα των κοινωνικών συστημάτων... συσχετίζονται με την ικανότητα επηρεασμού των φυσικών φαινομένων και της συνακόλουθης ανάπτυξης της επιστήμης και της τεχνικής»<sup>[3][4]</sup>. Αντίστοιχα, «μία κοινωνία θεωρείται ότι χάνει τον λόγο ύπαρξής της, όταν ο υλικός της πυρήνας, οι γνώσεις που διαθέτει, τα μέσα παραγωγής που εξασφαλίζουν την λειτουργία των πολιτικών της θεσμών και τη συνέχιση του τρόπου ζωής της, υποκαθίστανται από γνώσεις και παραγωγές που δεν είναι σε θέση να πορισθεί»<sup>[4]</sup>. Αυτή η σκληρή αλήθεια που απορρέει από την σπουδαιότητα που έχει προσλάβει η επιστημονική πρόοδος στις σύγχρονες κοινωνίες και επιτείνεται λόγω των εξελίξεων στο πλαίσιο της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης, δεν αφορά μόνο την επιβίωση των κρατών μέσα στον διεθνή ανταγωνισμό, αλλά αντανάκλαται και σε ατομικό επίπεδο, εντός των κοινωνικών σχηματισμών. Μάλιστα το στοιχείο αυτό έχει ήδη παρατηρηθεί στην αυγή της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης, από τον Ferguson, που έγραψε το 1793 ότι «η πρώτη αιτία της υποταγής ανθρώπου σε άνθρωπο απορρέει από τη διαφορά φυσικών χαρισμάτων και προσόντων. Η δεύτερη από την ανισότητα στην κατανομή της ιδιοκτησίας και η τρίτη από τις συνήθειες που αποκτώνται κατά την άσκηση των διαφόρων τεχνών»<sup>[5]</sup>. Όπως είναι φανερό, η παρατήρηση αυτή αφορά πρωταρχικά και την εκπαίδευση, ενώ η σημασία της παρακολούθησης από την χώρα μας των εξελίξεων της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης αντανάκλαται στον αναπροσανατολισμό των στόχων και των μεθόδων της.

## ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΑΜΕΣΟ ΜΕΛΛΟΝ

Ως άμεση συνέπεια των εξελίξεων που συντελούνται στο πλαίσιο της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης μεταβάλλονται και οι απαιτούμενες δεξιότητες σε όλους τους εργασιακούς χώρους. Έτσι, παραδοσιακές δεξιότητες φθίνουν, ενώ παράλληλα δημιουργούνται νέες ανάγκες. Σε αυτούς τους μετασχηματισμούς πρέπει να ανταποκρίνεται η εκπαίδευση των νέων ώστε να μπορούν να κινηθούν αποτελεσματικά στις νέες συνθήκες.

Με βάση πρόσφατη ταξινόμηση από το παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ του Νταβός<sup>[6]</sup> οι σημαντικότερες δεξιότητες που απαιτούνται είναι οι εξής:

1. Ικανότητες επίλυσης σύνθετων προβλημάτων, συνδυάζοντας αναλυτική και κριτική ικανότητα
2. Δημιουργικότητα – ικανότητα πρωτότυπης και ανεξάρτητης σκέψης
3. Ικανότητα εκμάθησης νέων γνώσεων και μεθόδων
4. Ικανότητα επικοινωνίας
5. Ικανότητα προσωπικής βελτίωσης και αυτοελέγχου
6. Ικανότητες συνεργασίας, διοίκησης και επίλυσης διαφορών
7. Ηγετική ικανότητα

Στη συνέχεια θα εστιάσουμε στις τρεις πρώτες από αυτές τις ικανότητες, καθώς αυτές συγκροτούν ένα αυτόνομο υποσύνολο μέσα στο γενικότερο σύνολο των παραπάνω δεξιοτήτων και η ανάπτυξή τους αποτελεί αναντίρρητο στόχο σε όλες τις ειδικότητες που θεραπεύει το εκπαιδευτικό σύστημα, με

ιδιαίτερη όμως έμφαση στην περίπτωση των μηχανικών.

## **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΝΟΗΣΗ Ή ΑΠΛΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΓΝΩΣΗΣ: ΕΝΑ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΟ ΖΗΤΗΜΑ**

Το ζήτημα της δημιουργικότητας δεν εμφανίζεται για πρώτη φορά. Είναι χαρακτηριστικό το ότι ήδη από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, όταν αρχίζει να συγκροτείται η έννοια του μηχανικού που στηρίζεται σε επιστημονικές γνώσεις αλλά συνδυάζει και την πρακτική εφαρμογή τους, σημειώνεται μια πολύ σημαντική μεταστροφή: το αντικείμενο αυτών των πειθαρχιών δεν είναι πλέον μόνο η αναπαραγωγή των μέχρι τότε γνώσεων, όπως γινόταν είτε στο επίπεδο της σχολαστικής φιλοσοφίας με τη διδασκαλία που ταυτιζόταν με τη μετάδοση της παραδεδεγμένης ερμηνείας του κόσμου, είτε στο επίπεδο της τεχνικής, με τη μετάδοση των πρακτικών κανόνων στο πλαίσιο των διαφόρων συντεχνιών, ούτε και η μετάδοση ενός εξαντλητικού πίνακα με όσες πληροφορίες είναι ήδη γνωστές. Αντίθετα προσδιορίζεται ως νέος και σημαντικός στόχος η προετοιμασία της επινόησης. Έτσι, η «μηχανική φιλοσοφία» (με τους όρους της εποχής) αποβλέπει στο να δείξει στο νέο μηχανικό τους δρόμους τους οποίους αν ακολουθήσει θα βελτιώσει τις μηχανικές του ικανότητες, έτσι ώστε, η παραγωγή των επινοήσεων να μην είναι μόνο θέμα τύχης. Αυτή τη διάκριση μεταξύ της διδασκαλίας για τη μετάδοση γνώσεων και αυτής που θα μπορούσε να διευκολύνει την επινόηση, δηλαδή τη δημιουργικότητα την αναφέρει χαρακτηριστικά ο Leibniz: «υφίσταται συχνά διαφορά ανάμεσα στη μέθοδο που χρησιμοποιεί κανείς για να διδάξει τις επιστήμες και σ' αυτήν της ανακάλυψής τους<sup>[7]</sup>. Είναι εντυπωσιακό να βλέπει κανείς πώς το πρόβλημα για την ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης, ώστε κατά το δυνατόν η επινόηση να μην αποτελεί θέμα μόνο της τύχης, είναι παρόν από τις απαρχές της συγκρότησης των πειθαρχιών του μηχανικού, ενώ παράλληλα αποτέλεσε κεντρικό ζήτημα στο χώρο της νέας επιστημολογίας με χαρακτηριστική την [περίπτωση του αυστριακού επιστημολόγου Paul Feyerabend<sup>[8]</sup>.

Μπορούμε επίσης να δούμε ότι από τότε (17<sup>ος</sup> αιώνας) αναγνωρίζεται ότι δεν μπορεί να υπάρχει ένα δεδομένο σύστημα διδασκαλίας που να καθοδηγεί τη σκέψη όλων με σκοπό την ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας, αλλά αυτό θα μπορεί να επιτευχθεί μόνο ως αποτέλεσμα μιας σύνθετης διαδικασίας στην οποία ενεργό ρόλο θα παίζει η κρίση καθενός εμπλεκόμενου. Έτσι, ο Descartes γράφει σε μία επιστολή του (27 Φεβρουαρίου του 1637) «σκοπός μου δεν είναι να διδάξω τη μέθοδο την οποία πρέπει ο καθένας να ακολουθήσει για να καθοδηγήσει καλύτερα την κρίση του, αλλά μόνο να δείξω με ποιόν τρόπο επιχείρησα να καθοδηγήσω τη δική μου»<sup>[9]</sup>. Η άποψη αυτή συνδέεται με τη σημασία που αποδίδεται από τους προάγγελους όσο και τους εξέχοντες διανοητές του Διαφωτισμού στην καλλιέργεια και χρήση της κριτικής ικανότητας, και αντίθετα στην απαξίωση της μηχανικής επανάληψης των παραδεδεγμένων, χωρίς κριτική σκέψη. Όπως έγραψε αρχίζοντας το εμβληματικό του κείμενο για τον Διαφωτισμό ο Καντ, «Διαφωτισμός είναι η έξοδος του ανθρώπου από την ανωριμότητά του για την οποία φταίει ο ίδιος. Ανωριμότητα είναι η αδυναμία του ανθρώπου να μεταχειρίζεται το νου του χωρίς την καθοδήγηση κάποιου άλλου»<sup>[10]</sup>.

Τώρα, η επιστημονική αναζήτηση, που αποτελεί το χαρακτηριστικό γνώρισμα της κριτικής και δημιουργικής σκέψης και αναπόφευκτα χαρακτηρίζεται από την αβεβαιότητα μπορεί να υποβοηθηθεί αποτελεσματικά από τη μέθοδο της απόδειξης. Μάλιστα, όπως σημειώνει ο Leibniz, η μέθοδος της απόδειξης δεν διαφέρει σημαντικά από τη μέθοδο του επινοείν, ενώ παράλληλα δίνει τη γενική αρχή που θα έπρεπε να κατευθύνει την ανάπτυξη της δημιουργικής και κριτικής σκέψης: «ύψιστη επιθυμία μου είναι να τελειοποιήσω την τέχνη του επινοείν και να δώσω μάλλον μεθόδους παρά λύσεις στα προβλήματα»<sup>[11]</sup>.

Τέλος, το στοιχείο που συμπληρώνει τα βασικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας της δημιουργικής σκέψης (σημασία στη μέθοδο και προσοχή στις αποδείξεις) είναι η σημασία της ικανότητας να μπορεί κανείς να διαβάζει βιβλία (με τη γενικότερη έννοια του γραπτού λόγου ασχέτως μέσου και τρόπου μεταφοράς του κειμένου), να τα καταλαβαίνει και να μπορεί να τα εφαρμόζει στην πράξη, πράγμα που γράφει σε ακόμη προγενέστερη εποχή ο Leonardo da Vinci: «Ευτυχείς όσοι έχουν ανοιχτά τα αυτιά τους στην ομιλία των λέξεων, όσοι διαβάζουν τα καλά βιβλία και τα εφαρμόζουν στην πράξη».

## **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΣΚΕΨΗ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ – ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

Έχοντας παρουσιάσει τα ουσιαστικά στοιχεία που πρέπει να χαρακτηρίζουν τις εκπαιδευτικές διαδικασίες

που έχουν ως σκοπό την καλλιέργεια της δημιουργικής σκέψης – αλληλένδετης με την ικανότητα επίλυσης σύνθετων προβλημάτων (γερό θεωρητικό υπόβαθρο, διδασκαλία μεθόδων αντί έτοιμων λύσεων και ικανότητα να μαθαίνει κανείς μόνος του διαβάζοντας, να καταλαβαίνει αυτά που διαβάζει και να μπορεί να τα εφαρμόσει στην πράξη), θα εξετάσουμε πώς έχει διαμορφωθεί ως προς αυτά η κατάσταση στην Ελλάδα. Για τον σκοπό αυτόν εστιάζουμε στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ο βασικός λόγος της συγκεκριμένης εστίασης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι ότι αποτελεί στην πραγματικότητα προνομιακό πεδίο για την ανάπτυξη αυτών των ικανοτήτων, ήδη από το γυμνάσιο ως προς την επίλυση προβλημάτων (στα μαθηματικά) και από το λύκειο για όλες τις θετικές επιστήμες, καθώς σε ίδια χρονική διάρκεια δίνεται στο λύκειο και στο γυμνάσιο πολύ λιγότερη ύλη σε σχέση με αυτήν που δίνεται στο Πολυτεχνείο (ακόμα και πριν την τεράστια μείωσή της που πραγματοποιήθηκε τα τελευταία χρόνια). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η θερμοδυναμική, όπου η ύλη που παρουσιάζεται και αναλύεται στην Φυσική της Β΄ Λυκείου σε διάστημα τουλάχιστον 10 εβδομάδων, αποτελεί ύλη 4 ωρών στο Πολυτεχνείο. Έτσι, παρέχεται στα παιδιά η δυνατότητα να ασκηθούν στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων, συνδυάζοντας αναλυτική και συνθετική ικανότητα, να καλλιεργήσουν πρωτότυπη και δημιουργική σκέψη και να μάθουν να μαθαίνουν, σε περιορισμένο γνωστικό πεδίο Μαθηματικών, Φυσικής και Χημείας σε σχέση με την ύλη, που δίνεται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση σε αντίστοιχη χρονική διάρκεια.

Όμως, αυτή η δυνατότητα υπάρχει αυτή τη στιγμή μόνο θεωρητικά, καθώς στην πράξη το σύστημα παράγει τελειώς διαφορετικά αποτελέσματα. Η ύλη περιορίζεται συνέχεια, και σε συνδυασμό με τη μορφή των θεμάτων των πανελληνίων προωθείται η μηχανική εκμάθηση λύσεων χωρίς ουσιαστική θεωρία και δημιουργική σκέψη. Παρατηρούμε δηλαδή μία πλήρη αντιστροφή του προτάγματος της καλλιέργειας δημιουργικής σκέψης και ικανότητας επίλυσης σύνθετων προβλημάτων. Απέναντι στην ανασφάλεια που αναπόφευκτα συνδέεται με την προσπάθεια να λύσει ο μαθητής ένα σύνθετο πρόβλημα, γνωρίζοντας μόνο γενικές θεωρητικές αρχές και μεθόδους, έχει επιλεχθεί η μηχανική αποστήθιση έτοιμων λύσεων (έστω σε μεγάλο αριθμό προβλημάτων). Έτσι, ο μέσος 'καλός' μαθητής σήμερα αποκτά πολύ λιγότερες ικανότητες σε σχέση με το παρελθόν (π.χ. εποχή «δέσμης» ή ακόμα πιο πριν), καθώς μπορεί να επιλύσει μόνον εκείνα τα προβλήματα που έχει ήδη μάθει από κάποιον άλλο πώς λύνονται. Επιπλέον, το στοιχείο αυτό πρέπει να συνδυαστεί με το ότι, αντί για γενικές θεωρητικές προσεγγίσεις μέσω των οποίων ο μαθητής θα μπορεί να λύνει πολλά διαφορετικά προβλήματα, μαθαίνει μόνον πληθώρα επιμέρους περιπτώσεων, χωρίς να μπορεί να διακρίνει κάποιο γενικό νόμο πίσω από αυτές, πράγμα που αποτελεί την ουσία της επιστημονικής σκέψης. Έτσι, σε συνθήκες 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης επιστρέφουμε στην Ελλάδα στην προεπιστημονική εποχή.

Η αδυναμία αυτή επίλυσης σύνθετων προβλημάτων (χωρίς να είναι εκ των προτέρων γνωστή η λύση τους!) μεταφέρεται προφανώς από το Λύκειο στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, με ορατά αποτελέσματα, όπως είναι η δυσκολία πολλών φοιτητών στα μαθηματικά και τη φυσική των πρώτων 4 εξαμήνων στα πολυτεχνεία, ή στα μαθηματικά και στη στατιστική/πιθανότητες στις οικονομικές σχολές. Μάλιστα, η δυσκολία αυτή μεταφέρεται σε σύνθετα μαθήματα επομένων εξαμήνων, όπως είναι η μηχανική των ρευστών, όπου είναι εμφανής η δυσκολία συσχέτισης μη προφανών θεωρητικών αρχών με τη μαθηματική τους περιγραφή και η εφαρμογή τους σε πραγματικά προβλήματα του υλικού κόσμου.

Είναι χαρακτηριστική η περιγραφή αυτής της διαδικασίας από μία φοιτήτρια του Τμ. Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ:

«Ως μαθήτρια λυκείου, πρώτη φορά παρατήρησα ότι μπορώ να μάθω κάτι και να λύσω ασκήσεις πάνω σε αυτό, χωρίς να το καταλαβαίνω σε όλη του την έκταση. Θυμάμαι να μαθαίνω για τις παραγώγους, να λύνω ασκήσεις πάνω σε αυτό, ακόμα και να βοηθάω τους συμμαθητές μου σε κάτι που δεν καταλάβαιναν, κι όμως δεν αντιλαμβανόμουν τι μάθαινα. Επίσης έλειπε κάθε αναφορά στον λόγο ύπαρξης όλων αυτών που μάθαινα. Ακόμα και οι αποδείξεις που έπρεπε να μάθω στα μαθηματικά για τις πανελλήνιες δεν συνδέονταν με κάποια γενική μέθοδο. Όσο για τις ασκήσεις η λογική ήταν πάντα απλή: «έτσι λύνεται η άσκηση – δεν υπάρχει κάτι να καταλάβεις – με αυτό θα μπει στο πολυτεχνείο!». Πράγματι λοιπόν, έγραψα άριστα στα μαθηματικά και στη φυσική, εφαρμόζοντας απλά τύπους και κόλπα, χωρίς να κατανοώ τι ακριβώς κάνω. Στη συνέχεια, μπαίνοντας στο πολυτεχνείο, παρατήρησα ότι σε πολλά ζητήματα που μας απασχολούσαν στη διάρκεια ενός εξαμήνου, δεν δινόταν το απαραίτητο «βάθος». Βέβαια, αποκωδικοποίησα πολλά «μυστήρια» που είχα αντιμετωπίσει στο λύκειο, όμως ο περιορισμένος χρόνος του ενός ή των δύο εξαμήνων, για πολλά μαθήματα δεν στάθηκε αρκετός για την ουσιαστική τους κατανόηση. Από την άλλη πλευρά υπήρξαν μαθήματα στα οποία η πρακτική σημασία αυτών που έχουμε

διδασχθεί, μου έγινε εξαιρετικά σαφής. Χαρακτηριστικά θυμάμαι να διαβάζω για τη μεταφορά θερμότητας, κάποια Χριστούγεννα, με πολύ κρύο και να συνειδητοποιώ τι γράφω στις σημειώσεις μου. Τι σημαίνει δηλαδή η μεταφορά αυτή; Πρακτικά, τι συμβαίνει κατά την συναγωγή; Δεν ήταν μόνο ευχάριστο το διάβασμα μετά από αυτήν την «ανακάλυψη», αλλά με βοήθησε να καταλάβω κι άλλα αντικείμενα αργότερα». Είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον πως η εμπειρία αυτή ταιριάζει απόλυτα με την περιγραφή του τι μπορεί να είναι το «κατανοείν» που κάνει ο Henri Poincaré: «Τι είναι το «κατανοείν»; Έχει αυτή η λέξη την ίδια σημασία για όλους; Μήπως η κατανόηση ενός θεωρήματος συνίσταται στην εξέταση καθενός συλλογισμού από τους οποίους αυτό αποτελείται, και στην επιβεβαίωση πως αυτοί δεν παρουσιάζουν καμία ανακολουθία και είναι συμβατοί με τους κανόνες του παιχνιδιού; Μπορεί αυτό να ισχύει για μερικούς αλλά όχι για την πλειοψηφία. Σχεδόν όλοι δεν αρκούνται με την εξέταση αν όλοι οι συλλογισμοί είναι ορθοί, αλλά επιπλέον γιατί είναι συνδεδεμένοι με τον συγκεκριμένο τρόπο. Όσο λοιπόν τους φαίνονται σαν συνδεδεμένοι από κάποιο άγνωστο λόγο και όχι από κάποια λογική που οδηγεί συνεχώς προς ένα συγκεκριμένο σκοπό, δεν θεωρούν ότι έχουν καταλάβει»<sup>[12]</sup>. Βέβαια ο Poincaré εκφράζει την ευγενή ελπίδα πως η πλειοψηφία αποζητά την ουσιαστική κατανόηση, όμως στη χώρα μας η κατάσταση δεν αποπνέει τέτοια αισιοδοξία. Γι αυτό και ως αποτέλεσμα της πρακτικής που έχει επικρατήσει, ένας άλλος φοιτητής, που είχε εισαχθεί στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών από τους πρώτους, εξέφρασε αυτήν την αίσθηση που δημιουργείται όταν, έχοντας περάσει από την επώδυνη (παρά την αναποτελεσματικότητά της, ή ακριβώς λόγω αυτής) διαδικασία μηχανικής αποστήθισης αντί εξάσκησης στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων, ήρθε σε επαφή με τις απαιτήσεις του επιστημονικού τρόπου σκέψης μέσα στο Πολυτεχνείο, λέγοντας πως «μόλις μπήκα στο Πολυτεχνείο κατάλαβα πως οι γνώσεις που είχα αποκτήσει σε μαθηματικά και φυσική είχαν ημερομηνία λήξης».

Θα σημειώσουμε επίσης πως μία ακόμα συνέπεια της στρεβλής προσέγγισης κυρίως στα μαθηματικά και τη φυσική είναι πως η αδυναμία κατανόησης των θεωρητικών προσεγγίσεων με τη μορφή οργανωμένων συστημάτων ανάλυσης της υλικής πραγματικότητας που έχουν κληρονομήσει οι φοιτητές από τα χρόνια τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση εκδηλώνεται με την αγωνιώδη αναζήτηση συνοπτικών σημειώσεων που περιέχουν «τα βασικά για να περαστεί το μάθημα». Έτσι τίθεται και το παράπλευρο ερώτημα, πόσες από τις χιλιάδες σελίδες βιβλίων που παίρνει ένας φοιτητής στα χρόνια των σπουδών του διαβάζει και καταλαβαίνει;

## **ΤΟ ΠΑΛΙΟ ΔΙΛΗΜΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ή ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ 4<sup>ης</sup> ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗΣ**

Η συνοπτική παρουσίαση που επιχειρήσαμε με τη φιλοδοξία να αποτελέσει ένα έναυσμα για τη διενέργεια μιας σφαιρικής μελέτης για τις πραγματικές κατευθύνσεις που έχει πάρει η εκπαίδευση στη χώρα μας σε σχέση με τις απαιτούμενες δεξιότητες στο πλαίσιο της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης, δείχνει πως στην πράξη ένα μεγάλο μέρος των αποφοίτων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που μικραίνει ανάλογα με πάρα πολλές συνθήκες μέσα από τη διαδικασία της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, δεν έχει εξασκηθεί στην δημιουργική σκέψη και στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων, αλλά στην εφαρμογή έτοιμων λύσεων. Όμως, από την εποχή της συγκρότησης των πειθαρχιών των μηχανικών, όπου την πρωτοκαθεδρία είχε η επινοήση (στη λύση προβλημάτων με ικανότητα πραγματικής εφαρμογής), η ικανότητα για απλή εφαρμογή έτοιμων λύσεων απέχει πολύ από τον ορισμό του μηχανικού, και αυτό επιτείνεται με την πρόοδο που έχει επιτευχθεί στο πλαίσιο του αυτοματισμού, καθώς μια σειρά από τέτοιες ικανότητες εφαρμογής περνάνε πλέον στη δικαιοδοσία μηχανών. Υπάρχουν πλέον προγράμματα Η/Υ που μπορούν να επιλύσουν ακόμη και όλα τα ολοκληρώματα που επιλύονται χωρίς προσφυγή σε αριθμητική ανάλυση, ενώ τα κομπιουτεράκια που έχουν οι μαθητές που δίνουν τις εισαγωγικές εξετάσεις SAT στις ΗΠΑ, μπορούν να δώσουν οποιοδήποτε γράφημα συνάρτησης ή να υπολογίσουν πιθανότητες μέσω οποιασδήποτε κατανομής, κάνουν δηλαδή με ακρίβεια ίσως και περισσότερα από αυτά που μπορεί να κάνει ένας μέσος απόφοιτος της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επομένως, η κατεύθυνση που έχει πάρει η παιδεία στη χώρα μας οδηγεί σε αδιέξοδο. Θα προσθέσουμε επίσης πως ιδιαίτερα προβληματική εμφανίζεται η επακόλουθη μειωμένη ικανότητα του να μαθαίνει κανείς μόνος του και να μπορεί να εφαρμόσει αυτά που μαθαίνει, καθώς η ταχύτητα με την οποία μεταβάλλονται συνηθισμένες πρακτικές στα πεδία των μηχανικών, όπως και η ταχύτητα εμφάνισης νέων μεθόδων, καθιστά αναγκαία τη συνεχή επιμόρφωση, η οποία πλέον σε μεγάλο βαθμό πραγματοποιείται από εκπαιδευτικά προγράμματα εξ αποστάσεως που βρίσκονται στο διαδίκτυο.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην εισήγηση είδαμε πώς μπορεί να προσεγγιστεί το ζήτημα της καλλιέργειας τη δημιουργικής σκέψης και της επίλυσης σύνθετων προβλημάτων που θέτει η 4<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση ως πρόβλημα του άμεσου μέλλοντος με όρους που έχουν ήδη τεθεί από την Αρχαία Ελλάδα και κατόπιν από τις απαρχές του Διαφωτισμού. Βέβαια, έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι ο Διαφωτισμός συνδέθηκε εξ αρχής με το πολιτικό πρόταγμα για περισσότερη δημοκρατία γιατί ήταν η εξουσία που απαγόρευε τότε τη «δημόσια χρήση της έλλογης δύναμης των ανθρώπων» κατά την περίφημη φράση του Καντ. Όμως στην Ελλάδα σήμερα η άρνηση της προσωπικής χρήσης της έλλογης δύναμης (ως επικρατούσα πρακτική στο χώρο της δευτεροβάθμιας αλλά και τριτοβάθμιας πολλές φορές εκπαίδευσης) γίνεται όχι μόνο χωρίς εξωτερικό καταναγκασμό αλλά εμφανίζεται με τη μορφή της παπαγαλίας σαν η ορθή (λόγω της συνεχούς επανάληψης) μέθοδος, ακόμα και στις επιστήμες και μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις τείνει να πάρει τη μορφή δικαιώματος φοιτητών και μαθητών (ενώ, όπου γίνεται μνεία στη σημασία της κριτικής σκέψης υπονοείται η δυνατότητα της τυχαίας εκφοράς ανεργμάτων εννοιών και επιχειρημάτων χωρίς θεωρητική συνοχή). Και αυτό συμβαίνει στο επίπεδο λειτουργίας του επίσημου συστήματος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη χώρα μας και όχι λόγω τυχαίων και μη αναμενόμενων αποκλίσεων, επηρεάζοντας στη συνέχεια και την τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Γι αυτό μπορούμε να πούμε πως η κατάσταση που έχει επικρατήσει στην Ελλάδα για αρκετά πλέον χρόνια με την επικράτηση μιας μηχανιστικής επανάληψης έτοιμων τεχνικών, δηλαδή με την εκμάθηση λύσεων αντί μεθόδων και την δυσκολία στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων, κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτήν που ξεκίνησε με την Αρχαία Ελληνική Φιλοσοφία και συνεχίστηκε με τον Διαφωτισμό και την επιστημονική επανάσταση, η οποία τώρα αποκτά ιδιαίτερη σημασία λόγω των απαιτήσεων της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης.. Είναι σαν η σκέψη των Αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων και των Διανοητών του Διαφωτισμού να συναντά το απαιτητικό σήμερα και αύριο της 4<sup>ης</sup> βιομηχανικής επανάστασης κλείνοντας έναν κύκλο – και αφήνοντας την παιδεία της χώρας μας απ' έξω.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] K. Schwab (2016), *The Fourth Industrial Revolution*, WEF, Geneva
- [2] Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [3] Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [4] Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [5] A. Ferguson (1793) *Essai sur l'histoire de la société civile*, Παρίσι, στο Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [6] WEF, (2018) *The Future of Jobs Report*, Geneva
- [7] Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [8] P. Feyerabend (2006) *Ενάντια στη Μέθοδο, Σύγχρονα Θέματα*, Αθήνα
- [9] Στο Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [10] I. Καντ (1784) «Απάντηση στο Ερώτημα: Τι είναι Διαφωτισμός» στο Mendelssohn κ.ά (1789) *Τι είναι Διαφωτισμός*, Κριτική, Αθήνα
- [11] Στο Σ. Μοσκοβισί (1998) *Τεχνική και Φύση στον Ευρωπαϊκό Πολιτισμό*, Νεφέλη, Αθήνα
- [12] H. Poincaré (1952) *Science and Method*, Dover, New York