

Το γενικό επιστημονικό υπόβαθρο στις σπουδές του Μηχανικού ΕΜΠ και ρόλος του Γενικού Τμήματος

του Ιωάννη Βαρδουλάκη

1. Μικρή Ιστορική Ανδρομή

Ένα από τα βασικά ερωτήματα που μας τίθεται σχετικά με το ρόλο μας στο Τεχνολογικό ίδρυμα αυτό, είναι και το κατά πόσο «χρειάζονται» αυτά τα οποία διδάσκουμε. Ήδη δε από το Λύκειο και τη σχετική διαδικασία προετοιμασίας των υποψηφίων φοιτητών, διαβλέπουμε μιά τάση αμφισβήτησης, σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, που από την μεριά του αποδίδει μεγάλη σημασία στις βασικές έννοιες και τεχνικές. Π.χ. αμφισβητείται συχνά και έμπρακτα η αξία της αποδείξεως μιας μαθηματικής προτάσεως, γεγονός που μάλλον οδηγεί στη σχολαστική αντίληψη της εκπαίδευσως. Έτσι θα ήθελα να ξεκινήσω το πρώτο σκέλος της ομιλίας μου, με μια αναφορά στο διδακτικό βιβλίο του Ενάγγελου Σταμάτη «Ευκλείδου Γεωμε-

τρία, Στοιχεία» (1975). Στην Εισαγωγή του πρώτου τόμου του βιβλίου αυτού, βρίσκουμε μια πρώτη απάντηση στο προεξάρχον ερώτημα της σημερινής ημερίδας:

«...Συμφώνως προς τας μαρτυρίας, τας οποίας μας παρέχει ο Ηρόδοτος, και άλλοι παλαιοί συγγραφείς, η γεωμετρία είναι δημιούργημα των Αιγυπτίων. Κατά τους συγγραφείς τούτους ήχθησαν εις την ανακάλυψίν της, από ανάγκην μετρήσεως της παρά τας όχθας του ποταμού Νείλου γης, η οποία μεθ' εκάστην πλήμυρην του ποταμού και αποχώρησιν των υδάτων έπρεπε να μετρήται εκ νέου δια λόγους κτηματολογικούς και φορολογικούς. Το παλαιότερον τεκμήριον, μέχρι σήμερον τουλάχιστον, εξ ου βεβαιούμεθα, ότι οι Αιγύπτιοι εδημιούργησαν την γεωμετρίαν, είναι ο προ ολίγων δεκαετηρίδων ευρεθείς πάπυρος του Rhind (Βρετανικόν Μουσείον), ο οποίος έχει γραφή περί το 1700 π.Χ. περίπου, υπό του Ahmes. Εξ όλων όμως των υπάρχοντων τεκμηρίων συνάγεται, ότι η γεωμετρία των Αιγυπτίων ήτο καθαρώς εμπειρικής μορφής, δηλ. τέχνη προκύψασα εκ της πείρας

κατά τας μετρήσεις της γης. Ουδαμού εις την αιγυπτιακήν γεωμετρίαν αναφαιίνεται ή έστω υποδηλούται απόδειξις γεωμετρικής τινός προτάσεως...».

Πράγματι, τα Μαθηματικά και η Μηχανική που ξεκινούν με τους Ίωνες φιλοσόφους (Θαλής, 624-547 π.Χ.) και τους Πυθαγορείους (Πυθαγόρας, 572-492 π.Χ.), έχουν υποστεί μία νηητική επεξεργασία 27 αιώνων και είναι ως εκ τούτου οι αρχαιότερες και ακριβέστερες των θετικών επιστημών (προβλ. Sir Thomas Heath, «Aristarchus of Samos - The Ancient Copernicus», 1913, Rene Dugas, «A History of Mechanics», 1955, Stephen P. Timoshenko, «History of Strength of Materials», 1953). Ουδείς δε ισχυρίσθηκε ότι είναι οι επιστήμες αυτές εύκολες ή δύσκολες, αλλά ότι εκ φύσεως απαιτούν σοβαρή αντιμετώπιση και συνεχή άσκηση και ενημέρωση, τόσο από την μεριά του διδασκομένου όσο και από την μεριά του διδάσκοντος.

Θα πραγματοποιήσουμε τώρα ένα νοερό άλμα δια μέσου των αιώνων και να αναφερθούμε σε ορισμένα πιο σύγχρονα (διδακτικά) ιστορικά παραδείγματα. Το πρώτο

Ο Ι. Βαρδουλάκης είναι καθηγητής στον Τομέα Μηχανικής του Γενικού Τμήματος ΕΜΠ. Το κείμενο αποτελεί εισήγησή του σε διημερίδα που έγινε στο ΕΜΠ το Μάιο 1994.

παράδειγμα αφορά στο φαινόμενο Ludwig Prandtl (1875-1953), όπως τον παρουσίαση στα μέλη της GAMM (Gesellschaft f. Angewandte Mathematik u. Machanik) ο καθηγητής K. Magnus (1944). Με το παράδειγμα αυτό θέλω να υπενθυμίσω την ανάγκη υπέρθεσης δημιουργικού επιστημονικού περιβάλλοντος αλλά και την απαίτηση για προσαρμογή στις σημερινές απαιτήσεις της Τεχνολογίας, με τη δημιουργία εφηρμοσμένων επιστημονικών πυρήνων.

Ο καθηγητής Magnus στην ομιλία του αυτή δεν αναφέρεται ουσιαστικά στον ίδιο τον Prandtl αλλά στο επιστημονικό του περιβάλλον: Ο Prandtl υπήρξε μαθητής του Καθηγητή της Μηχανικής στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου A. Foeppel (Σημ. Το βιβλίο του Foeppel διδάσκει στο ΕΜΠ στη δεκαετία του '20 σε μετάφραση Ν.Δ. Αγαπητού υπό τον τίτλο «Αντοχή της ύλης»). Εικοσιέξη ετών ο Prandtl γίνεται τακτικός καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Αννοβέρου, όπου συνεργάζεται με τον Carl Runge. Το 1904 ο Felix Klein επιτυγχάνει να διορίσει Καθηγητές στο Πανεπιστήμιο του Goettingen, το δίδυμο Prandtl και Runge, αφού βέβαια, είχε ήδη κερδίσει το 1985 τον Hilbert και το 1902 τον Minkowski. Η μεγαλοφυΐα του Felix Klein, φαίνεται και στο ότι, αν και ο ίδιος ήταν καθαρός μαθηματικός, είχε συλλάβει πρώτος την αναγκαιότητα της συνδέσεως της θεωρητικής έρευνας με την τεχνολογία. Έτσι, μεταξύ του 1898 και 1908 στο Πανεπιστήμιο του Goettingen, δημιουργήθηκαν τέσσερα Ινστιτούτα: Εφηρμοσμένων Μαθηματικών, εφηρμοσμένης Μηχανικής, εφηρμοσμένου Ηλεκτρισμού και Γεωφυσικής. Σημειώτεον ότι στον ίδιο χώρο συνεργάστηκαν οι Hilbert και Courant (1924) στο μνημειώδες έργο τους «Methoden der Mathematischen Physik».

Το δεύτερο παράδειγμα, το οποίο νομίζω πως ταιριάζει να αναφερθεί στη σημερινή μας ημερίδα, είναι το φαινόμενο Theodore von Karman, ο οποίος αναγκάστηκε μαζί με άλλους επιστήμονες και να

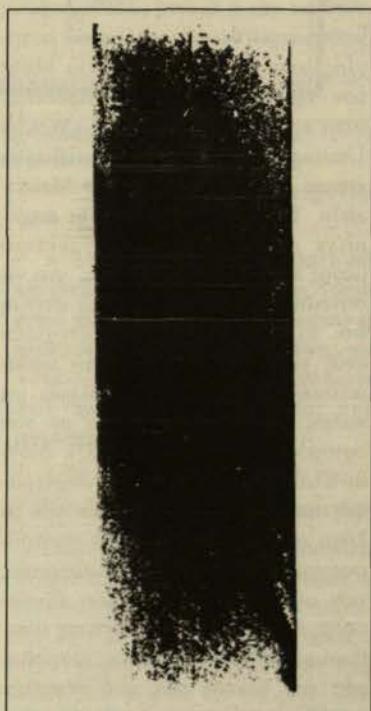
εγκαταλείψει την Γερμανία όταν το πολιτικό κλίμα δεν επέτρεπε άλλη επιλογή, όπως αναφέρει σε άρθρο του ο Hirsh Cohen (1984) «...in 1930, von Karman brought with him from Europe his personally successful experience in applying mathematics to both engineering and physics. Most importantly, he also brought the attitude that he, Richard von Mises, William Prager and a few others had developed in the years following World War I. These mathematicians, engineers and scientists were dedicated to understanding natural phenomena and its role in engineering (now called technology) through mathematics. They were willing to use mathematics that existed or to invent mathematics they needed but they were always intent on being guided by the physical problems...».

Το παράδειγμα των επιστημόνων που αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν την χώρα τους για λόγους πολιτικούς και να μεταλαμπαδεύσουν τις γνώσεις τους και να δημιουργήσουν πραγματικά εκπαιδευτικά θαύματα στις ΗΠΑ, πρέπει επίσης να μας διδάσκει. Και τούτο διότι η χώρα μας υφίσταται διπλή απώλεια. Ήδη από την πρώτη μεταπολεμική δεκαετία, η χώρα υφίσταται μια συστηματική αφαιμάξη των καλύτερων (κυρίως θεωρητικών εγκεφάλων) που αναγκάζονται να ξενητεύονται, διότι μέχρι σήμερα δεν διαθέτουμε αξιόλογο σύστημα μεταπτυχιακών σπουδών. Επίσης, εύκολα μπορεί κανείς να διαπιστώσει την πρακτική αδυναμία επαναπατρισμού των Ελλήνων επιστημόνων της αλλοδαπής είτε διότι θέσεις σε αξιόλογες βαθμίδες σπανίως πλέον προκηρύσσονται είτε διότι, και αν ακόμη αυτό συμβεί, οι περισσότεροι από τους απαναπατριζόμενους, αναγκάζονται τελικώς να ξαναφύγουν στο εξωτερικό, αφού φροντίζουμε να τους κάνουμε τον επιστημονικό τους βίο αβίωτο.

Στη συνέχεια θα αναφερθώ στο Maurice A. Biot ο οποίος υπήρξε μαθητής του V. Karman και ο οποίος στην εισαγωγή του βιβλίου του «Mechanics of Incremental De-

formations» (1975, μας λέει τα εξής διαφωτιστικά: «...in its earlier phase this work was interrupted by the Second World War. My interest in the subject was revealed some fifteen years ago in connection with geological problems. Because the theory is valid for non-elastic media, it was found applicable to problems in geodynamics... Although the basic theory has been available in the scientific literature for more than 25 years and has been used occasionally by a few investigators in technological and geophysical problems, its potentialities seem to have been generally overlooked. For many years it has been my feeling that, between the formalistic approach of the mathematician and the more pragmatic treatment of problems by the engineer, there is need for rigorous but intermediate theory based on cartesian concepts...».

Με το παράδειγμα αυτό θέλω απλώς να τονίσω την ανάγκη της ζεύξεως μεταξύ των θεωρητικών και



Ραδιογραφία εμφανίζουσα ζώνη εντοπισμού της παραμορφώσεως (shear-band localization) σε αμώδες υλικά, από το αρχείο του συγγραφέως

τεχνολογικών επιστημών δια μέσου απλών «μεταβατικών» επιστημονικών πειθαρχιών, έτσι ώστε, να αποφευχθεί το φαινόμενο της αποξενώσεως θεωρητικών και εφαρμοσμένων επιστημών που παρατηρείται σήμερα παγκοσμίως.

Τέλος, θα ήθελα να αναφερθώ και σε ένα παράδειγμα που δεν αφορά και τόσο πρόσωπα όσο ένα πρόβλημα. Επέλεξα το λεγόμενο πρόβλημα του «Εντοπισμού της Παραμορφώσεως» (Deformation Localisation), αφού υπάρχει και η σχετική με το πρόβλημα αυτό προσωπική εμπειρία. Πρόκειται βασικά για το πρόβλημα αστοχίας υλικού υπό διάτμηση. Η *Εικ. 1* δείχνει το ίχνος της ζώνης αστοχίας σε κοκκώδες υλικό (άμμος). Η διατύπωση του προβλήματος αυτού μπορούμε να πούμε ότι ξεκίνησε με το έργο του Charles - Augustin Coulomb «Essai sur une application des regles de Maximis a quelques Problemes de Statique a l Architecture», 1773, Hayman, 1972, *Εικ. 2*). Με την ανατολή δε του 20ού αιώνα εμφανίσθηκε και η πρώτη ολοκληρωμένη μαθηματική θεωρία κριτηρίων αστοχίας από τον καθηγητή Otto Mohr του Πανεπιστημίου της Δρέσδης, στην εργασία του με τίτλο: «Welche Umstaende bedingen die Elastizitaetsgrenze und den Bruch eines Materials?». Το ερώτημα του Mohr παρέμεινε ανοικτό για το μεγαλύτερο μέρος του παρόντος αιώνας, για να συνειδητοποιήσουμε κάποια στιγμή ότι το πρόβλημα της «αστοχίας» ενός υλικού, συνδέεται από μαθηματικής σκοπιάς με πρόβλημα μη καλώς ορισμένο, σύμφωνα με τον ορισμό του Hadamard (1903). Διότι οι κλασικές καταστατικές περιγραφές παύουν να ισχύουν και για το λόγο αυτό αναγκάζομαστε να προσφύγουμε σε ιδιόμορφες διαταραχές των αρχικών καταστατικών εξισώσεων, που από την μεριά τους είναι βασισμένες σε μοντέλα της μικροδομής του υλικού και που οδηγούν τελικά σε κανονικοποίηση του αρχικού προβλήματος. Αν και η βασική θεωρητική υποδομή για μια τέτοια διεργασία είχε γίνει ήδη από το

1909 από τους αδελφούς Eugene και Francois Cosserat, που διετύπωσαν τη θεωρία ελαστικότητας με μικροπολική δομή, η επίλυση του προβλήματος καθυστέρησε για δύο κυρίως λόγους: α) Λόγω δυσκολιών που προκύπτουν κυρίως από τον φορμαλισμό (ο ταυνιστικός λογισμός ως γνωστόν αναπτύχθηκε κυρίως παράλληλα με την Γ. Θεωρία της Σχετικότητας), το έργο των Cosserat φαίνεται πως δεν διαβάσθηκε πριν το 1958, οπότε και ο Καθηγητής W Guenther δημοσίευσε τη σχετική εργασία του, και β) Η σύνδεση μεταξύ μικροδομής και εντοπισμού της παραμορφώσεως, δεν έγινε παρά τα τελευταία χρόνια (προβλ. Muehlhaus and Vardoulakis 1987). Έτσι το παράδειγμα αυτό μας διδάσκει ότι η επιστημονική πρόοδος λαμβάνει χώρα με αργούς ρυθμούς και σαν αποτέλεσμα κυρίως σκληρής εργασίας και συνεργασίας πολλών ατόμων και συγκυρίας πολλών παραγόντων. Αυτό δεν πρέπει να το ξεχνάμε, ιδιαίτερα σήμερα οπότεν ένα μέσο ερευνητικό πρόγραμμα διαρκεί δύο έτη.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω παραδείγματα, θα ήθελα να τονίσω τα εξής σημεία: Σε ένα σύγχρονο Τεχνολογικό Ίδρυμα πρέπει να εξασφαλίζεται η ύπαρξη μιας κρίσιμης μάζας από εξαιρετικούς επιστήμονες, οι οποίοι να είναι σε θέση να συνεργάζονται μεταξύ τους, έτσι ώστε, να μπορούν να ξεπεράσουν τις τυχόν εγγενείς δυσκολίες που είναι ιδιαίτερα εμφανείς στη χώρα μας (γραφειοκρατία υποανάπτυξη, συντεχνιασμός, ανυπαρξία υποδομής, βιβλιοθηκών κ.λπ.) και να μπορούν να παράγουν και να μεταδώσουν νέες ιδέες. Επί λέον ελπίζω πως με τα παραδείγματα που χρησιμοποιήσα, να υπενθύμισα σαφώς την ανάγκη για περισσότερη έμφαση στη λεγόμενη βασική παιδεία (ελληνικά, μαθηματικά, μηχανική, φυσική). Και έτσι φθάνω στο δεύτερο μέρος της ομιλίας μου, όπου θα προσπαθήσω να συνοψίσω και εγώ τα προσωπικά μου συμπεράσματα σε σχέση με την παρούσα κατάσταση στο Τμήμα μας.

2. Η βασική Παιδεία και το ΕΜΠ

Η βασική παιδεία είναι προφανώς «εν εκ των ων ουκ άνευ» για την τριτοβάθμια (ανώτερη εκπαίδευση). (Ο ισχυρισμός αυτός βέβαια δεν ισχύει αν η εκπαίδευση που παρέχεται στα ΑΕΙ υποβαθμισθεί στο σύνολό της, έτσι ώστε, δια νόμου να εξισωθεί με την των ΤΕΙ, οπότε και θα χρειασθούμε να επινοήσουμε άλλες βαθμίδες εκπαίδευσεως, τις οποίες και να ονομάσουμε ανώτατες). Πιο συγκεκριμένα, η προσωπική μου εμπειρία με το διδακτικό έργο, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, με οδηγεί στα εξής επί μέρους συμπεράσματα:

- Η βασική παιδεία πρέπει να παρέχεται επαγωγικά, με πλεονασμούς και σε συνάφεια με το τεχνολογικό αντικείμενο. Προσπατεί όμως την ενεργό και συνεχή συμμετοχή του διδάσκοντος στο επιστημονικό γίγνεσθαι.

- Η βασική παιδεία εξασφαλίζει στο διδασκόμενο την ικανότητα αντιλήψεως και αφομοιώσεως των τεχνολογικών μαθημάτων και την δυνατότητα της μελλοντικής του προσαρμογής σε ένα δυναμικό (εργασιακό) περιβάλλον. Προσπατεί όμως την ενεργό και συνεχή συμμετοχή του διδασκόμενου στα μαθήματα και ασκήσεις.

- Τέλος, θα πρέπει να τονισθεί ότι η βασική παιδεία είναι αναγκαία τόσο για μεταπτυχιακές σπουδές όσο και για πάσα άλλη μορφή επιμορφώσεως (4ος βαθμός εκπαίδευσεως).

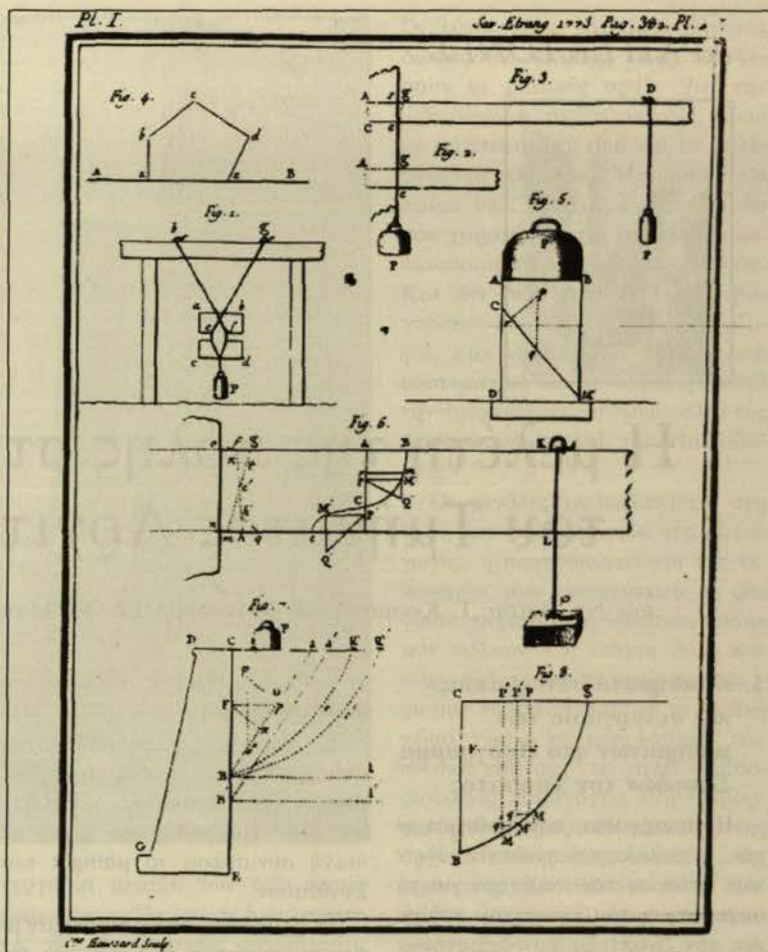
Συνήθως, όπως ανέφερα και παραπάνω, τα βασικά μαθήματα χαρακτηρίζονται κάποιες φορές ως «δύσκολα» και κατά συνέπεια, οι διδάσκοντες αυτά ως «αυστηροί». Πιστεύω ότι οι χαρακτηρισμοί αυτοί είναι παραπλανητικοί και προφανώς δεν πρέπει να οδηγήσουν στην «απλούστευση» ή υποκατάσταση των βασικών μαθημάτων με άλλα απλούστερα και φιλικότερα. Πιστεύω δε ότι ο βαθμός δυσκολίας ενός αντικειμένου των σπουδών μας εξαρτάται από την άγνοιά μας επ'

αυτού, που συνήθως ανάγεται σε κακή διδασκαλία. (Σημ.: Η μη παρακολούθηση καλών παραδόσεων είναι παθητικά κακή διδασκαλία. Αλλά και φράσεις όπως π.χ. «οι διαφορετικές (εξισώσεις) είναι δύσκολες, δεν τις καταλαβαίνω κ.λπ...» δηλώνουν απλή άγνοια).

Επίσης συχνά θα ακούσει κανείς πως τα γενικά μαθήματα δεν είναι τάχα και τόσο χρήσιμα. Όμως ο βαθμός χρησιμότητας ενός διδακτικού αντικειμένου είναι αυθαίρετος, και όταν αποδίδεται αποθετικά, είναι συνήθως ενδεικτικός ενός μείγματος άγνοιας, προκαταλήψεων και φυγοπονίας. (Π.χ. φράσεις όπως: «Δεν χρειάζομαι (χρειάστηκα ποτέ) την «γνώση τής» εξίσωσης(ς) κύματος κ.λπ...» δηλώνουν μάλλον γνωστική αχρωματοψία).

Τώρα ας πάμε και στο Γενικό Τμήμα: Το είπαν και οι προλαλήσαντες. Το Γενικό Τμήμα είναι ένα Τμήμα που στερείται «δικών» του φοιτητών. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζεται από έντονη εσωστρέφεια και βρίσκεται σε προϊούσα σχέση αποξενώσεως από τα υπόλοιπα Ειδικά Τμήματα του Πολυτεχνείου, λόγω: α) του μεγάλου αριθμού μελών ΔΕΠ, και β) της ελλείψεως αναδράσεως για το έργο του από τη μεριά των Ειδικών Τμημάτων. Σημειωτέον ότι σήμερα κριτική επί του έργου μας δεν ασκείται ούτε από τη μεριά των διδασκόντων ούτε από τη μεριά των διδασκομένων αλλά ούτε και από τη μεριά των Ειδικών Τμημάτων. Η ανυπαρξία κριτικής οδηγεί όμως στην παρακμή και εν προκειμένω στην αχρήστευση του Τμήματός μας.

Για να βελτιωθεί το επίπεδο των παρεχόμενων βασικών γνώσεων από το Γενικό Τμήμα, τα Ειδικά Τμήματα πρέπει να απαιτήσουν από το Γενικό Τμήμα, με προσωπικές εντολές διδασκαλίας, την παροχή σύγχρονων μαθημάτων στη Μηχανική και τα Εφαρμοσμένα Μαθηματικά και τη Φυσική. (Σημ.: Αξίζει να τονισθεί ότι μέχρι σήμερα δεν διδάσκεται στο ίδρυμα ένα ολοκληρωμένο μάθημα Ελαστικότητας ή Μηχανικής του Συνεχούς). Αντίθε-



Γραφικές παραστάσεις στατικών φορέων από την εργασία του M. Coulomb (1773).

Η Fig.5 απεικονίζει δοκίμιο σε μονοαξονική θλίψη, υφιστάμενο διατμητική θραύση

ασκώντας κριτική και εγείροντας απαιτήσεις, ή

• Αν η Διοίκηση του ΕΜΠ δεν φροντίσει, έτσι ώστε, και το Τμήμα αυτό να εξελιχθεί σε Τμήμα(τα) με φοιτητές (π.χ. Τμήμα Φυσικής και Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Μηχανικής, όπως έχει κατά καιρούς προταθεί),

• Τότε μεσοπροθέσμως το Γενικό Τμήμα λειτουργικά θα αχρηστευθεί.

Πιστεύω όμως ότι ένα ανώτατο Τεχνολογικό ίδρυμα δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ενεργή παρουσία στις βασικές επιστήμες. Έτσι, η τυχόν αχρήστευση του Γενικού Τμήματος, θα πρέπει να θεωρηθεί σαν σύμπτωμα υποβαθμίσεως του ιδρύματος, μέσα στα πλαίσια του κρατικού προγράμματος κατωτατοποίησης των ΑΕΙ.

Πιστεύω όμως ότι ένα ανώτατο Τεχνολογικό ίδρυμα δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ενεργή παρουσία στις βασικές επιστήμες. Έτσι, η τυχόν αχρήστευση του Γενικού Τμήματος, θα πρέπει να θεωρηθεί σαν σύμπτωμα υποβαθμίσεως του ιδρύματος, μέσα στα πλαίσια του κρατικού προγράμματος κατωτατοποίησης των ΑΕΙ.

Πιστεύω όμως ότι ένα ανώτατο Τεχνολογικό ίδρυμα δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ενεργή παρουσία στις βασικές επιστήμες. Έτσι, η τυχόν αχρήστευση του Γενικού Τμήματος, θα πρέπει να θεωρηθεί σαν σύμπτωμα υποβαθμίσεως του ιδρύματος, μέσα στα πλαίσια του κρατικού προγράμματος κατωτατοποίησης των ΑΕΙ.

Πιστεύω όμως ότι ένα ανώτατο Τεχνολογικό ίδρυμα δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ενεργή παρουσία στις βασικές επιστήμες. Έτσι, η τυχόν αχρήστευση του Γενικού Τμήματος, θα πρέπει να θεωρηθεί σαν σύμπτωμα υποβαθμίσεως του ιδρύματος, μέσα στα πλαίσια του κρατικού προγράμματος κατωτατοποίησης των ΑΕΙ.