

# Σκέψεις για τις σπουδές στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ

Λουκάς Βλάχος<sup>1</sup>  
Τμήμα Φυσικής  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## 1. Εισαγωγή

Η μελέτη της φυσικής αποτελεί μια συναρπαστική και ιδιαίτερα προκλητική εμπειρία. Η μελέτη των φυσικών φαινομένων είναι ακόμα πιο συναρπαστική, γιατί ίσως τίποτα δεν είναι περισσότερο όμορφο από το να ανακαλύπτεις τα μυστικά της φύσης και του σύμπαντος που κατοικούμε. Ο γνωστός φυσικομαθηματικός και φιλόσοφος Henri Poincaré είπε:

*Ο επιστήμονας δεν μελετά τη φύση επειδή αυτό είναι χρήσιμο. Την μελετά γιατί αυτό τον ευχαριστεί. Και τον ευχαριστεί διότι η φύση είναι όμορφη. Εάν η φύση δεν ήταν όμορφη, τότε δεν θα άξιζε τον κόπο να τη γνωρίσουμε. Και αν δεν άξιζε τον κόπο να τη γνωρίσουμε, τότε δεν θα άξιζε να ζούμε.*

Μπορεί να μη φαίνεται ιδιαίτερα χρήσιμο να μιλήσουμε για το τι είναι η φυσική με τους τελειόφοιτους του Λυκείου ή τους πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Φυσικής. Γνωρίζουν ήδη αρκετά πράγματα για τη Φυσική από το Γυμνάσιο και το Λύκειο. Θεωρώ όμως αναγκαίο να επαναλάβω μερικά πράγματα για την επιστήμη της Φυσικής, να αναλύσω σύντομα τους στόχους της, τις μεθόδους της, τη σχέση της με τις άλλες επιστήμες, το πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος Φυσικής, να προτείνω μερικά χρήσιμα διδακτικά βιβλία φυσικής και τέλος θα απαντήσω το ερώτημα “άξιζε να σπουδάσω φυσική;” “Θα βρω δουλειά όταν τελειώσω;”

## 2. Με τι ασχολείται η φυσική;

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα τα ανήσυχα μυαλά αναζητούσαν και συνεχίζουν να αναζητούν απαντήσεις στο ερώτημα “πως δουλεύει η φύση”. Η φυσική αναπτύχθηκε παράλληλα με την ανάπτυξη της γνώσης μας για τα

<sup>1</sup> Ευχαριστώ το συνάδελφο Θόδωρο Λαόπουλο και την συνεργάτιδά μου Κάλια Πετράκη, φοιτήτρια του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ τη περίοδο (1998-2002) και στη συνέχεια υποψήφια διδάκτορα στο UCLA (ΗΠΑ), για τις παρατηρήσεις και τα σχόλια.

φυσικά φαινόμενα. Στην αρχή η μόνη πηγή πληροφορίας μας ήταν οι αισθήσεις μας και τα φαινόμενα χωρίζονταν σε οπτικά (Οπτική), ακουστικά (Ακουστική), θερμικά (Θερμοδυναμική). Η κίνηση αποτελεί το πιο συνηθισμένο φαινόμενο στη φύση, άρα αναπτύχθηκε γρήγορα και η Μηχανική. Η κίνηση των πλανητών ώθησε την ανάπτυξη της θεωρίας για τη βαρύτητα. Ο Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός δεν φαίνεται να συνδέονται με καμία από τις αισθήσεις μας (παρόλο που συνδέονται έμμεσα με όλες) γι' αυτό καθυστέρησε να αναπτυχθεί ως οργανωμένος κλάδος της φυσικής.

Η φυσική (που αργότερα θα ονομασθεί Κλασική) τον 19ο αιώνα διαιρείται σε μερικά μόνο ερευνητικά πεδία: τη Μηχανική, τη Θερμοδυναμική, την Ακουστική, την Οπτική και τον Ηλεκτρομαγνητισμό. Οι σχέσεις μεταξύ των παραπάνω ερευνητικών πεδίων ήταν αμελητέες και κυριαρχούσε η Μηχανική.

Στα τέλη του 19ου αιώνα δύο σημαντικές επαναστάσεις, βασισμένες σε λεπτομερέστερα πειράματα, άλλαξαν τον τρόπο και τη μέθοδο που προσεγγίζαμε τα φυσικά φαινόμενα. Αυτές οι επαναστάσεις, των οποίων πρωταγωνιστές ήταν ο Albert Einstein και ο Max Planck, άλλαξαν τις αντιλήψεις μας για τη δομή της ύλης και του χωροχρόνου. Οι θεωρίες αυτές είναι γνωστές ως **Σχετικότητα** (γενική και ειδική) και **Κβαντική Φυσική** και αποτελούν τη βάση της αποκαλούμενης “**Μοντέρνας Φυσικής**”. Οι δύο νέες θεωρίες μας βοήθησαν να δημιουργήσουμε μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στα φυσικά φαινόμενα χωρίς να αναιρούνται οι επιτυχίες της κλασικής φυσικής.

Είναι φανερό ότι σε κάθε εποχή θα υπάρχουν νέες συνταρακτικές ανακαλύψεις και θα δίνουμε πάντα ένα νέο ορισμό στη “μοντέρνα φυσική”. Παρότι κατά καιρούς μάλιστα διατυπώθηκε η άποψη ότι η δουλειά των φυσικών έχει τελειώσει, ή τείνει να ολοκληρωθεί – με το σκεπτικό ότι οι βασικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία της φύσης έχουν ήδη κατανοηθεί – η άποψη αυτή διαψεύστηκε στη συνέχεια από ανακαλύψεις που άλλαξαν εντελώς τη θεώρηση που είχαμε για τον κόσμο. Εξάλλου αυτή ακριβώς η συνεχής ζύμωση ιδεών και εννοιών χαρακτηρίζει τόσο την πορεία της Φυσικής, όσο και κάθε άλλης επιστήμης που στοχεύει να διατυπώσει γενικές θεωρίες για τη δομή και τη λειτουργία του κόσμου, εξετάζοντας τον από διάφορες σκοπιές. Αυτό ακριβώς συμβαίνει στη βιολογία, ή ακόμα την κοινωνιολογία και τη φιλοσοφία. Η φυσική είναι λοιπόν ένας δομημένος τρόπος για να εξετάσουμε τον κόσμο. Η ιδιαίτερη αξία της σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες επιστήμες είναι τούτη: ότι αποτελεί την πιο βασική και κοινώς αποδεκτά θεμελιωμένη αναζήτηση της γνώσης και της αλήθειας που διέπει τον κόσμο μας.

Θα μπορούσαμε λοιπόν στο σημείο αυτό να δώσουμε μια απάντηση στην ερώτηση “Τι είναι Φυσική;”

*Φυσική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την δομή της ύλης και τις αλληλεπιδράσεις της. Με βάση αυτά τα δύο στοιχεία η φυσική προσπαθεί να συνθέσει και να κατανοήσει τη συμπεριφορά μεγάλων υλικών συστημάτων και να ερμηνεύσει ταυτόχρονα τα φυσικά φαινόμενα που παρατηρούμε.*

Ίσως πάλι θα έπρεπε απλά να αρκεστούμε σε ένα σχόλιο του Dirac, ως προς το πώς μπορούμε να διακρίνουμε σε κάθε περίπτωση τι αποτελεί επιστήμη:

*«Το τι είναι επιστήμη, όπως και το τι είναι τέχνη είναι δύσκολο να οριστεί. Όσοι όμως ασχολούνται με την επιστήμη, ή την τέχνη δεν έχουν δυσκολία να αναγνωρίσουν το ωραίο όταν το συναντήσουν »*

Πέρα όμως από το καθαρά γνωστικό κομμάτι, η μελέτη της φυσικής αποτελεί μια γενικότερη σπουδή – ίσως τη βασικότερη που θα μπορούσε να λάβει ο άνθρωπος. Ακριβώς λόγω του θεμελιακού τρόπου με τον οποίο η φυσική εξετάζει το αντικείμενο της, ο μελετητής και ο ερευνητής της φυσικής αναπτύσσει έναν βαθιά αναλυτικό τρόπο σκέψης. Η κατανόηση των πολύπλοκων φυσικών φαινομένων απαιτεί καταρχήν

- **ικανότητα ανάλυσης**, δηλαδή ικανότητα αναγωγής τους σε απλούστερα (γνωστά) προβλήματα.
- **ικανότητα αφαίρεσης**, προκειμένου να διατυπωθούν γενικές αρχές οι οποίες μένουν αναλλοίωτες στο σύνολο (σχεδόν) των φυσικών προβλημάτων και οι οποίες αποτελούν κάθε φορά τη βάση προσέγγισης και επίλυσης αυτών
- **συνδυαστική ικανότητα**, τέτοια ώστε κατέχοντας τη γνώση των θεμελιωδών αρχών ο φυσικός να μπορεί τόσο να αναπαράγει τις ιδιότητες πολύπλοκων συστημάτων που πηγάζουν από τις αρχές αυτές, όσο και να ερευνήσει φαινόμενα και ιδιότητες που εμφανίζονται εξαιτίας της πολυπλοκότητας, αλλά συστήνουν εξίσου βασικούς νόμους της φυσικής, μιας και δεν μπορούν να αναχθούν σε άλλους βασικότερους.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι η σπουδή της φυσικής σμιλεύει το πνεύμα του ανθρώπου, καθιστώντας τον ικανό να μετέχει με επιτυχία σε ποικίλες άλλες πνευματικές δραστηριότητες, πέρα από το ίδιο το αντικείμενο της φυσικής.

### 3. Η σχέση της φυσικής με τις άλλες επιστήμες

Με βάση τα παραπάνω θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η Φυσική αποτελεί τη βάση όλων των θετικών και εφαρμοσμένων επιστημών. Η Χημεία για παράδειγμα στηρίζεται στις γνώσεις της Φυσικής για να περιγράψει τα άτομα και τα μόρια αλλά προχωρά βαθύτερα στη μελέτη των μετατροπών των μορίων μεταξύ τους και τη δημιουργία ειδικών συνθετικών μορίων για συγκεκριμένες εφαρμογές. Η Βιολογία αξιοποιεί τις γνώσεις της Φυσικής και της Χημείας για να μελετήσει σύνθετους ζωντανούς οργανισμούς. Η Γεωλογία στηρίζεται στη Φυσική για τη μελέτη των ιδιοτήτων της ύλης που αποτελούν τα πετρώματα. Οι εφαρμοσμένες επιστήμες των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, των Χημικών Μηχανικών, των Μηχανολόγων Μηχανικών βασίζονται στις ανακαλύψεις της φυσικής.

Η σχέση της φυσικής με τα μαθηματικά δεν είναι ίσως τόσο απλό να αναλυθεί. Από γεννήσεως της φυσικής τα μαθηματικά είναι η γλώσσα που χρησιμοποιεί η φυσική για να διατυπώσει με σαφήνεια τους νόμους και τα αποτελέσματα της. Αν όντως η προσφορά των μαθηματικών στην φυσική εντοπίζεται και περιορίζεται στο γεγονός ότι αποτελούν μια γλώσσα γι' αυτήν, τότε οδηγούμαστε στην άποψη ότι τα μαθηματικά και η φυσική είναι δύο ανεξάρτητες επιστήμες. Η επιχειρηματολογία γι' αυτήν την άποψη εξάλλου ενισχύεται από το γεγονός ότι η φυσική είναι επιστήμη κατ' εξοχήν πειραματική που στόχο έχει να περιγράψει και να εξηγήσει το ήδη υπάρχον, ενώ αντίθετα τα μαθηματικά είναι ένα σύνολο θεωριών-δομών οι οποίες εφόσον είναι αυτοσυνεπείς μέσα σε ένα σύνολο αξιωμάτων-αποτελεσμάτων υφίστανται ανεξάρτητα από το αν είναι κατάλληλες να περιγράψουν κάτι συγκεκριμένο και υπαρκτό ή όχι. Το γεγονός, ωστόσο, ότι μέχρι σήμερα τα μαθηματικά αποτέλεσαν το μόνο και τον πλέον αξιόπιστο τρόπο έκφρασης της φυσικής, καθώς και το ότι η έρευνα πάνω στους πλέον θεμελιώδεις τομείς της φυσικής απαιτεί όλο και περισσότερες και πιο αφηρημένες μαθηματικές δομές, πιθανότατα να οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η φυσική είναι κομμάτι ή εφαρμογή των μαθηματικών. Όπως άλλωστε είπε ο Penrose:

*«Όσο βαθύτερα κατανοούμε τους νόμους της φύσης, όλο και περισσότερο ο φυσικός κόσμος σβήνει και αφήνει πίσω του τον κόσμο των μαθηματικών.»*

Το ερώτημα λοιπόν αν ο κόσμος είναι φτιαγμένος από μαθηματικές δομές που η φυσική σταδιακά τις ανακαλύπτει ή είναι μια γλώσσα που απλά χρησιμοποιεί η φυσική για να περιγράψει τη φύση παραμένει ανοιχτό.

Η φυσική πάντως δεν είναι μόνο χρήσιμη για την κατανόηση των βασικών νόμων της φύσης αλλά και γιατί διαθέτει εργαλεία που χρησιμοποιούνται από

τις άλλες επιστήμες ως διαγνωστικά. Οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν τα οπτικά και ραδιοφωνικά τηλεσκόπια για τις παρατηρήσεις. Οι γεωλόγοι χρησιμοποιούν μια σειρά από όργανα για να μετρήσουν τις κινήσεις και ταλαντώσεις των πετρωμάτων. Στα μοντέρνα νοσοκομεία μια σειρά από όργανα και μέθοδοι της φυσικής χρησιμοποιούνται για διαγνωστικούς σκοπούς. Οι αρχαιολόγοι, οι παλαιοντολόγοι, οι συντηρητές αρχαιοτήτων και έργων τέχνης και μια σειρά ακόμα επιστήμες χρησιμοποιούν ευρύτατα τεχνικές που αρχικά αναπτύχθηκαν από φυσικούς για τη μελέτη φυσικών φαινομένων.

Θα άξιζε στο σημείο αυτό να αναφερθώ στις κύριες διεπιστημονικές ερευνητικές περιοχές που συμμετέχει ενεργά ο φυσικός:

- **Η κατανόηση του σύμπαντος:** Η ερευνητική περιοχή αυτή καλύπτει θέματα κοσμολογίας, αστροφυσικής, διαστημικής φυσικής.
- **Η κατανόηση της ύλης και ενέργειας:** Ο τομέας αυτός ασχολείται με τη δομή της ύλης (πυρηνική, ατομική, μοριακή φυσική), με την αλληλεπίδραση των συστατικών της ύλης (στερεά, ρευστά, αέρια, πλάσμα), ιδιότητες των υλικών (ημιαγωγοί, υπεραγωγιμότητα), ιδιότητες της ύλης κάτω από ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας κλπ.
- **Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών:** Πραγματεύεται θέματα όπως την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών, την ανάπτυξης νέων ηλεκτρονικών διατάξεων, τη βελτίωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών κα.
- **Η κατανόηση της βιόσφαιρας:** Είναι ο τομέας που ασχολείται με το φλοιό πάχους 15Km εκατέρωθεν της επιφάνειας της γης. Η Φυσική της ατμόσφαιρας, η μόλυνση της ατμόσφαιρας, η διάδοση ακτινοβολίας, αλληλεπίδραση της ενέργειας με το φυτικό και ζωικό βασίλειο, υπόγειες ροές και θαλάσσια ρεύματα είναι μερικά από τα θέματα που πραγματεύεται.
- **Η κατανόηση της ζωής:** Καλύπτει θέματα που σχετίζονται με την ροή ενέργειας και ύλης σε συστήματα ζωντανών οργανισμών, θέματα βιοτεχνολογίας και βιοϊατρική καθώς και την έρευνα στη γενετική.
- **Η κατανόηση του ανθρώπινου σώματος:** Το ανθρώπινο σώμα είναι ένα πολύπλοκο σύστημα. Η ερευνητική περιοχή αυτή καλύπτει θέματα που σχετίζονται με την ιατρική τεχνολογία και συνδέεται άμεσα με πολλές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος (τεχνητή καρδιά κλπ).
- **Η κατανόηση της ανθρώπινης νοημοσύνης:** Ασχολείται με τη λειτουργία του εγκεφάλου, τα νευρωνικά δίκτυα, την τεχνητή νοημοσύνη, τη ρομποτική κλπ

- **Η κατανόηση των ανθρωπίνων σχέσεων:** Η ερευνητική περιοχή αυτή ασχολείται με θέματα συμπεριφοράς πληθυσμών, επικοινωνίας και μεταφοράς ομάδων, εκπαίδευσης και ποιότητας ζωής.

Στις ερευνητικές περιοχές αυτές ο φυσικός συνεργάζεται με ειδικούς από άλλες επιστήμες για να λυθούν προβλήματα που έχουν διεπιστημονικό χαρακτήρα. Η προσφορά του μπορεί να είναι σημαντική είτε στη δημιουργία θεωρητικών μοντέλων ή στην λήψη και επεξεργασία πληροφοριών από τα παραπάνω συστήματα.

#### **4. Η πειραματική μέθοδος ανακάλυψης των νόμων της φύσης**

Η φυσική για να πετύχει τους στόχους της βασίζεται στην παρατήρηση και το πείραμα. Η παρατήρηση στηρίζεται στην προσεκτική καταγραφή και ανάλυση των φυσικών φαινομένων. Δυστυχώς τα περισσότερα φυσικά φαινόμενα είναι σύνθετα και δύσκολα μπορούμε να απομονώσουμε συγκεκριμένες διαδικασίες. Για το λόγο αυτό καταφεύγουμε στα εργαστηριακά πειράματα που μας επιτρέπουν να μελετήσουμε φυσικά φαινόμενα με αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες.

Ωστόσο, οι παρατηρήσεις και τα πειράματα δεν είναι τα μόνα εργαλεία που διαθέτει ο φυσικός. Η δημιουργία θεωρητικών μοντέλων που προσομοιώνουν τη φύση μας επιτρέπουν να ερμηνεύσουμε τα φυσικά φαινόμενα και να κατανοήσουμε βαθύτερα τους νόμους που τα διέπουν. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών μοντέλων με τις παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας δίνει τη δυνατότητα να βελτιώσουμε τα μοντέλα μας, να πλησιάσουμε περισσότερο τη φυσική πραγματικότητα και να ανακαλύψουμε τους βασικούς νόμους που διέπουν το φυσικό κόσμο που ζούμε.

Είναι πάντως βασικό να αντιληφθούμε ότι για τη φυσική το πείραμα (ή αντίστοιχα η παρατήρηση) είναι της ίδιας θεμελιώδους σημασίας όπως και το αξίωμα σε μία μαθηματική θεωρία. Οι μαθηματικές θεωρίες αναπτύσσονται βασιζόμενες σε κάποιες αυθαίρετες μη αποδείξιμες αρχές, τα αξιώματα. Απαίτηση προφανώς είναι τα αποτελέσματα να είναι συμβατά με τις αρχικές αυτές υποθέσεις της θεωρίας. Κατ' όμοιο τρόπο και στη φυσική οι θεωρίες βασίζονται σε κάποιες αρχές. Στην περίπτωση αυτή όμως, οι αρχές δεν είναι αυθαίρετες, αλλά είναι τέτοιες ώστε, τόσο αυτές, όσο και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη θεωρία να είναι συμβατά με το πείραμα. Ή, για να το διατυπώσουμε αλλιώς, το μόνο αξίωμα που θέτει η φυσική είναι η ταύτιση της αλήθειας με αυτό που παρατηρούμε. Γιατί, οφείλουμε να πούμε, ότι ακόμα και αυτή η πρόταση, η σύμπτωση πειράματος και πραγματικότητας, είναι πρόταση αμφισβητήσιμη.

## 5. Το πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.

Το πρόγραμμα σπουδών στο Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. προσπαθεί να καλύψει όλες αυτές τις πολύμορφες ανάγκες που συνθέτουν το προφίλ του σύγχρονου φυσικού.

### 1. Πρώτος κύκλος (1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> εξάμηνο) : Εισαγωγικός κύκλος

Στα πρώτα τρία εξάμηνα το πρόγραμμα σπουδών προσπαθεί να πετύχει τρεις στόχους: (1) Να ενισχύσει τις γνώσεις γενικής φυσικής που είχατε από το λύκειο με τη χρήση στοιχείων διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού και διανυσματικής ανάλυσης. (2) Να βάλει τις βάσεις της μαθηματικής υποδομής που είναι αναγκαίες για να παρακολουθήσετε τα προχωρημένα μαθήματα των επόμενων εξαμήνων, (3) Να σας εξοικειώσει με τα εργαστήρια και τις σύγχρονες υπολογιστικές μεθόδους.

Τα μαθήματα γενικής φυσικής I,II ασχολούνται κυρίως με τη κλασική φυσική. Το μάθημα της ατομικής και μοριακής φυσικής ασχολείται με την εισαγωγή στην κβαντική φυσική ή μοντέρνα φυσική. Τα τρία αυτά μαθήματα έχουν ως στόχο τον πρώτο από τους παραπάνω τρεις. Τα μαθήματα ανάλυση I,II,III, γραμμική άλγεβρα, αναλυτική γεωμετρία και διανυσματικός λογισμός και οι διαφορικές εξισώσεις προσπαθούν να καλύψουν το δεύτερο στόχο και το γενικό εργαστήριο, το εργαστήριο εφαρμοσμένης πληροφορικής και εργαστήριο ατομικής και μοριακής φυσικής τον τρίτο στόχο.

### 2. Δεύτερος κύκλος (4<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 6<sup>ο</sup> εξάμηνο) : Προχωρημένης Φυσικής

Τα επόμενα τρία εξάμηνα είναι αποφασιστικής σημασίας γιατί μπαίνουν τα θεμέλια πάνω στα οποία θα στηριχθεί η θεωρητική και πειραματική φυσική. Τα μαθήματα της Μηχανικής I,II, τα μαθήματα του Ηλεκτρισμού-Μαγνητισμού και του Ηλεκτρομαγνητισμού, τα μαθήματα της Θερμοδυναμικής και της Στατιστικής Φυσικής, καθώς και τα μαθήματα Κβαντομηχανική I,II και το μάθημα της Πυρηνικής Φυσικής αποτελούν τις βασικές θεωρίες της σύγχρονης φυσικής. Παράλληλα, υπάρχει πρακτική εξάσκηση σε πολυάριθμα εργαστήρια (ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, οπτικής, ηλεκτρονικής, δομής των υλικών, πυρηνικής φυσικής κ.α) η οποία στοχεύει όχι απλά στο να καταστήσει τη θεωρία των μαθημάτων περισσότερο κατανοητή, αλλά κατ' αρχήν στο να μυήσει τους φοιτητές στις πειραματικές

διαδικασίες της φυσικής, που αποτελούν άλλωστε και το χώρο γένεσής της. Η εξέλιξη της επιστήμης οφείλεται φυσικά στη μέθεξη πειράματος και θεωρίας και ο συνδυασμός αυτών των δύο στο πρόγραμμα σπουδών σκοπεύει, πέρα από το να αναπτύξει καθένα ξεχωριστά, να επιτύχει ακριβώς και αυτή τη διεργασία.

Με σκοπό την καλύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής όπως αυτές εφαρμόζονται σε διάφορα συστήματα, άλλα και την εξοικείωση με τις εφαρμογές της φυσικής εισάγεται μια σειρά νέων μαθημάτων στο κύκλο αυτό. Τέτοια μαθήματα είναι, η εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας, η οπτική, η βασική ηλεκτρονική, η εισαγωγή στη φυσική στερεάς κατάστασης, η εισαγωγή στη δομή των υλικών, η εισαγωγή στην αστρονομία. Το μάθημα της υπολογιστικής φυσικής αποτελεί εισαγωγή σε βασικά υπολογιστικά εργαλεία εργασίας των φυσικών, που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια. Η επαφή με τα γνωστικά και ερευνητικά αντικείμενα καθενός από τους βασικούς κλάδους της φυσικής έχει άλλωστε ως αποτέλεσμα τον προσανατολισμό των φοιτητών προς τα πεδία που τους ενδιαφέρουν περισσότερο.

Τέλος στο κύκλο αυτό συμπεριλαμβάνονται δύο μαθήματα επιλογής για να δοθεί μια σχετικά μικρή (κατά τη γνώμη μου) ελευθερία στους φοιτητές να γνωρίσουν και άλλους συναφείς με τη φυσική κλάδους (βλέπε γενικές επιλογές) πριν πάρουν αποφάσεις για την κατεύθυνση που θα ακολουθήσουν ή να δώσουν στους «αμφιταλαντευόμενους» φοιτητές τη δυνατότητα να γνωρίσουν καλύτερα μια κατεύθυνση σπουδών.

### **Μερικά Σχόλια**

Στο δεύτερο κύκλο γίνεται ειτενείς αναφορά στις μεγάλες ανακατατάξεις που συγκλόνισαν τη φυσική τον 20 αιώνα. Στα μαθήματα Μηχανικής II και Ηλεκτρομαγνητισμού αναφέρεται αναλυτικά η **Ειδική Θεωρία Σχετικότητας** ενώ η **Κβαντομηχανική** εισάγεται στο αντίστοιχο μάθημα. Η **Γενική θεωρία Σχετικότητας** συνδέεται άμεσα με την κατεύθυνση της αστρονομίας και της θεωρητικής φυσικής και για το λόγο αυτό διδάσκεται στο έβδομο εξάμηνο. Κατά τη γνώμη μου, η γενική θεωρία σχετικότητας είναι βασικό μάθημα και στοιχεία του θα πρέπει να διδάσκονται στο δεύτερο κύκλο.

Το μάθημα των **Μαθηματικών Μεθόδων Φυσικής** είναι χρήσιμο για μια σειρά προχωρημένα θέματα φυσικής για το λόγο αυτό εμφανίζεται στο δεύτερο κύκλο. Ένα μάθημα ιδιαίτερα χρήσιμο είναι και το μάθημα **Πιθανότητες-Στατιστική** που προσφέρεται στις γενικές επιλογές αλλά αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τη κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς



μεγάλων συστημάτων (Στατιστική φυσική) και για την βαθύτερη κατανόηση της Κβαντομηχανικής.

Η **Μηχανική των Ρευστών** αποτελεί ενδιαφέρουσα εφαρμογή της Μηχανικής και Στατιστικής Φυσικής. Το μάθημα της μηχανικής των ρευστών εμφανίζεται στις γενικές επιλογές. Είναι χρήσιμο για όσους θα ασχοληθούν με τη κατεύθυνση της Αστρονομίας. Παρουσιάζει επίσης μεγάλο ενδιαφέρον για όσους θα ασχοληθούν με τη φυσική της ατμόσφαιρας και εμφανίζεται σε μια σειρά πρακτικά προβλήματα μηχανικής δυναμικής αλλά και εφαρμογών της φυσικής από τους μηχανικούς. Η συμπεριφορά της πλήρους ιονισμένης ύλης (**Φυσική Πλάσματος**) αποτελεί εφαρμογή του Ηλεκτρομαγνητισμού, της Στατιστικής Φυσικής και της Μηχανικής. Το μάθημα αυτό διδάσκεται στο 7<sup>ο</sup> εξάμηνο και είναι μάθημα επιλογής στην κατεύθυνση της αστρονομίας. Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε πολλούς τομείς και αποτελεί τη βάση για τη θερμοπυρηνική σύντηξη και τη διαστημική φυσική. Τα μαθήματα αυτά (μηχανική των ρευστών και φυσική πλάσματος) δεν υποστηρίζουν καμία κατεύθυνση και για το λόγο αυτό δεν αποτελούν μαθήματα του βασικού κορμού, δεν παύουν όμως να είναι πολύ χρήσιμες επιλογές.

### ***3. Τρίτος κύκλος (7<sup>ο</sup> & 8<sup>ο</sup> εξάμηνο): Γεύση από έρευνα και Πτυχιακή***

Τα τελευταία δύο εξάμηνα είναι ιδιαίτερα σημαντικά γιατί προσανατολίζουν το μελλοντικό φυσικό σε μία συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή και του δίνουν τις απαραίτητες προχωρημένες γνώσεις, αλλά και το πρώτο βάπτισμα σε πρωτότυπη ερευνητική εργασία σε έναν τομέα που πιθανότατα να αποτελέσει και το μελλοντικό του πεδίο ενασχόλησης ως επαγγελματία φυσικού. Ο προσανατολισμός και η εστίαση σε συγκεκριμένα ερευνητικά αντικείμενα αποτελούν στοιχεία απαραίτητα για όποιον σπουδάζει μια επιστήμη με τόσο ευρύ φάσμα έρευνας και εφαρμογής. Η σφαιρική και συνεχής μόρφωση του φυσικού δεν πρέπει να παραμελείται, καθώς η συνδυαστική ικανότητα και οξυδέρκεια που αναπτύσσει μέσα από αυτήν είναι ίσως ακριβώς το πλεονέκτημα που διαθέτει έναντι των υπολοίπων επιστημόνων συναφών κλάδων. Μεγάλη σημασία, λοιπόν, στα τελευταία δύο εξάμηνα είναι καλό να δίνεται και στη πτυχιακή εργασία. Η επιλογή της σωστής κατεύθυνσης σε συνδυασμό με μια σχετικά πρωτότυπη πτυχιακή εργασία, αποτελούν ένα καλό εισιτήριο για μια πετυχημένη καριέρα στο μέλλον.

*Οι κατευθύνσεις που διαθέτει το τμήμα φυσικής είναι:*

1. Αστρονομία
2. Πυρηνική Φυσική- Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων
3. Θεωρητική φυσική
4. Φυσική Στερεάς κατάστασης
5. Φυσική Υλικών Τεχνολογίας
6. Ηλεκτρονική και τηλεπικοινωνίες
7. Φυσική Ατμόσφαιρας και Περιβάλλοντος
8. Εφαρμοσμένη φυσική
9. Υπολογιστική φυσική

Γενικότερες πληροφορίες για το Τμήμα Φυσικής, τους τομείς και τα ερευνητικά εργαστήρια θα βρείτε στην Ιστοσελίδα

<http://www.physics.auth.gr>

#### **4. Γενικές επιλογές: Γέφυρες με άλλα τμήματα**

Μεγάλη σημασία δίνει το Τμήμα φυσικής στις **Γενικές Επιλογές** γιατί αποτελούν γέφυρες με πολλά συγγενή τμήματα και βοηθούν το φυσικό στο να αποτελέσει μέρος μιας διεπιστημονικής ομάδας όπως αναφέραμε ήδη. Μαθήματα που συνδέονται με την βιολογία (Φυσική στις βιολογικές επιστήμες), Γεωλογία, Μαθήματα διδακτικής, Βιοϊατρική Τεχνολογία, Διαγνωστικές-Απεικονιστικές μέθοδοι, μετεωρολογίας, Δοσιμετρία και ραδιοπροστασία, Οπτικές και φασματοσκοπικές μέθοδοι μελέτης και συντήρησης έργων τέχνης.

#### **6. Μια ματιά στη διεθνή βιβλιογραφία**

Όλα τα μαθήματα που προαναφέραμε μοιράζουν συγγράμματα και/ή σημειώσεις. Πολλά μαθήματα προτείνουν βιβλιογραφία και έχουν φυλαγμένα μια σειρά διδακτικά βιβλία στη κλειστή συλλογή της βιβλιοθήκης του Τμήματος Φυσικής. Στη συνέχεια παραθέτω μερικά διδακτικά βιβλία που έχουν καθιερωθεί (κατά τη γνώμη μου) στη διεθνή βιβλιογραφία και είναι καλό να βρίσκονται στις προσωπικές βιβλιοθήκες των μελλοντικών φυσικών.

Προτεινόμενα προπτυχιακά συγγράμματα (προσωπική επιλογή)\*

Γενική Φυσική	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Physics</b>, M. Alonso and E.J. Finn, Addison-Wesley, 1992</li> <li>○ <b>Fundamentals of Physics</b>, Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J., (6<sup>th</sup> Extended edition) Wiley 2000.</li> <li>○ <b>Feynman Lectures on Physics</b>, Feynman et al, Volumes 1-3</li> </ul>
Μοντέρνα Φυσική	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles</b>, Eisberg, R., and Resnick, R., 1985</li> </ul>
Μηχανική	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Classical Dynamics of Particles and Systems</b>, Marion, J.B., 1995</li> </ul>
Θερμοδυναμική-Στατιστική Φυσική	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Thermal Physics</b>, (2<sup>nd</sup> Edition), Kittel, C., and Kroemer, H.,</li> <li>○ <b>Fundamentals of Statistical and Thermal Physics</b>, Reif, F.,</li> </ul>
Ηλεκτρομαγνητισμός	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Introduction to Electrodynamics</b>, Griffiths D., Prentice Hall, 1999.</li> </ul>
Κβαντομηχανική	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Κβαντομηχανική I, II &amp; III</b>, Τραχανάς Σ., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.</li> <li>○ <b>Quantum Physics</b>, Gasiorowitz, S., Wiley and Sons.</li> <li>○ <b>Introduction to Quantum Mechanics</b>, Griffiths D., Prentice Hall.</li> </ul>
Γενική Θεωρία Σχετικότητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>A first course in General Relativity</b>, Schutz B.F., Cambridge University Press</li> </ul>

Σε πολλά τμήματα φυσικής ξένων πανεπιστημίων συναντάμε πολύ καλά ενημερωμένες ιστοσελίδες αφιερωμένες στα μαθήματα ([www.geocities.com/joanjani](http://www.geocities.com/joanjani)). Το κάθε μάθημα έχει τη δική του ιστοσελίδα. Πολλές φορές το ίδιο μάθημα έχει περισσότερες από μία ιστοσελίδες. Σας συνιστώ ανεπιφύλακτα να αναζητήσετε πληροφορίες από τις ιστοσελίδες αυτές και να τις κρατήσετε στα Bookmarks του υπολογιστή σας για συχνές αναφορές.

\* Όλα τα βιβλία βρίσκονται στη βιβλιοθήκη. Μερικά είναι μεταφρασμένα στα Ελληνικά αλλά για λόγους εξάσκησης με την ορολογία θα πρότεινα να διαβαστούν από το πρωτότυπο.

## 7. Γνώσεις Η/Υ

Η ικανότητα χειρισμού Η/Υ αποτελεί βασικό προσόν ενός φυσικού. Παρακάτω αναφέρουμε ενδεικτικά τι είδους γνώσεις οφείλει να έχει ένας φυσικός και τα αντίστοιχα πλέον δημοφιλή προγράμματα που κυκλοφορούν:

Λειτουργικά συστήματα: **Windows, Unix**

Επεξεργαστές κειμένου: **Word, LaTeX**

Υπολογιστικά φύλλα και γραφικά : **Excel, Origin**

Γλώσσες προγραμματισμού: **Fortran, C++, Mathematica, MATLAB**

## 8. Το Διδακτορικό δίπλωμα

Πριν κλείσω αυτό το σημείωμα θα ήθελα να αναφερθώ επιγραμματικά στο τρόπο που μπορεί κάποιος/α, που ολοκλήρωσε τις σπουδές και απέκτησε το Πτυχίο του Φυσικού, να συνεχίσει σπουδές σε μεταπτυχιακό επίπεδο για να ασχοληθεί με την έρευνα στη φυσική, δηλαδή να γίνει επαγγελματίας ερευνητής ή να ακολουθήσει ακαδημαϊκή καριέρα.

Μετά την ολοκλήρωση των σπουδών με πολύ καλές επιδόσεις και τη συμπλήρωση της πτυχιακής εργασίας είναι δυνατόν, μετά από συζήτηση με τους καθηγητές του κλάδου που σας ενδιαφέρει, να αναζητήσετε οικονομική ενίσχυση (υποτροφία) στην Ελλάδα ή στο Εξωτερικό για να συνεχίσετε μεταπτυχιακές σπουδές στη φυσική. Συνήθως οι υποτροφίες για το Διδακτορικό είναι περισσότερες από τις υποτροφίες για το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα.

Υποτροφίες για τη λήψη μεταπτυχιακών διπλωμάτων διαθέτει το ΙΚΥ, αρκετά κληροδοτήματα, οι ερευνητικές ομάδες και αρκετά πανεπιστήμια στην Ελλάδα και το Εξωτερικό. Περισσότερες πληροφορίες για τις διαθέσιμες υποτροφίες μπορείτε να αναζητήσετε στο Γραφείο Σταδιοδρομίας του ΑΠΘ ([www.cso.auth.gr](http://www.cso.auth.gr)).

Το διδακτορικό (Doctor of Philosophy, Ph.D) ακολουθεί το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα (Master of Science, M.Sc) και είναι ολοκληρωτικά αφιερωμένο στην έρευνα. Το μεταπτυχιακό δίπλωμα διαρκεί 1-2 χρόνια ενώ το διδακτορικό 3-4.

Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στις ιστοσελίδες των τμημάτων φυσικής στην Ελλάδα και το εξωτερικό.

## 9. Επίλογος

Κλείνοντας αυτό το σύντομο σημείωμα δεν μπορώ να αποφύγω το πειρασμό να απαντήσω σε δύο καυτά ερωτήματα που βασανίζουν όλους τους φοιτητές του Τμήματος Φυσικής. “Αξιίζει το κόπο να κάνουμε όλη αυτή τη προσπάθεια και τα έξοδα για να σπουδάσουμε φυσική;” “Θα δουλέψουμε πουθενά ή θα πάμε κατευθείαν στη ανεργία;”

Θα προσπαθήσω σκιαγραφήσω τους διαφορετικούς τρόπους προσέγγισης των σπουδών στο τμήμα που παρατηρώ ότι υιοθετούν συνήθως οι φοιτητές.

Υπάρχουν, λοιπόν, οι φοιτητές που μπαίνουν στο Τμήμα Φυσικής με μεγάλο ενθουσιασμό ή τον αποκτούν στην πορεία τους μέσα στο Τμήμα Φυσικής. Γνωρίζουν ή μαθαίνουν νωρίς αγγλικά και τα χρησιμοποιούν στα μαθήματα, αξιοποιώντας την ξένη βιβλιογραφία. Γνωρίζουν ή μαθαίνουν τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και τον αξιοποιούν στα μαθήματα. Προσέχουν να μην αφήνουν μαθήματα πίσω τους, ολοκληρώνουν τον κάθε κύκλο μαθημάτων πριν προχωρήσουν στον επόμενο και διατηρούν ένα μέσο όρο επίδοσης μεγαλύτερο από 7.5. Προβληματίζονται και κατασταλάζουν το αργότερο πριν το τέλος του δευτέρου κύκλου για το τι θέλουν να κάνουν μετά το πτυχίο και επιλέγουν την κατεύθυνση που θα τους βοηθήσει να πετύχουν τα σχέδιά τους. Συνδυάζουν πιθανότατα την επιλογή της πτυχιακής με μία σύντομη (έξι μήνες) παραμονή στο εξωτερικό στα πλαίσια των προγραμμάτων κινητικότητας φοιτητών Erasmus. Οι σπουδές ολοκληρώνονται σε 4.5 χρόνια και υπάρχει πολύς χρόνος για την οργάνωση των επόμενων βημάτων στη καριέρα τους.

Απ’ την άλλη, υπάρχουν οι φοιτητές που ποτέ δε κατάφεραν να αγαπήσουν τη φυσική. Ένας τέτοιος φοιτητής θεωρεί ίσως ακόμα και μετά τρία χρόνια, ότι ήταν αποτυχία η εισαγωγή του σ’ αυτό το τμήμα. Όλα του φταινε .... έχει φτάσει στο πτυχίο και χρωστάει ακόμα μαθήματα από το πρώτο έτος. Ποτέ δε βρήκε χρόνο να ασχοληθεί με τις ξένες γλώσσες ή να εξασκηθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Κάτι ξέρει από όλα αλλά οι επιδόσεις του είναι παντού μέτριες. Στο εξωτερικό πήγε αλλά για διακοπές ή να συναντήσει μια παλιά του φίλη ή φίλο. Ολοκληρώνει τις σπουδές σε 6.5-7.0 χρόνια με μέσο όρο 5.5. Πέρασε καλά φοιτητικά χρόνια αλλά τον προβληματίζει το μέλλον του.....

Σας αφήνω να αποφασίσετε μόνοι σας τι στάση θέλετε να υιοθετήσετε. Τότε έμμεσα θα έχετε απαντήσει τα ερωτήματα που βάλαμε στη αρχή. Πρέπει να γίνει κάποτε κατανοητό ότι η σχέση του πτυχίου με την απασχόληση περνάει μέσα από τη προσωπικότητα και το συνολικό προφίλ (βιογραφικό) του

πτυχιούχου, εκτός και γυρίσουμε στις υπό εξαφάνιση «επετηρίδες» του δημοσίου....

Φυσικά υπάρχουν και μεταβολές στις στάσεις των φοιτητών. Κάποιοι ξεινούν με όρεξη και μεράκι, αλλά σταδιακά αφήνουν την προσπάθεια και κάποιοι, ίσως, εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στο δρόμο και ακολουθούν την αντίθετη πορεία η οποία είναι σαφώς πιο δύσκολη γιατί χρειάζεται πρόσθετο έργο και μεγάλη προσπάθεια.

Η πείρα μου έχει δείξει ότι οι φοιτητές που εμμένουν στην προσπάθεια τους βρίσκουν πάντα διεξόδους που να τους ταιριάζουν. Για τους υπόλοιπους, ωστόσο, τα πράγματα θα είναι μάλλον δύσκολα. Η επιτυχία άλλωστε δεν είναι μόνο θέμα πνευματικών ικανοτήτων, αλλά κυρίως συστηματικού κόπου.

Θα ήταν παράλειψη ίσως να μην αναφερθώ σε εκείνους τους φοιτητές που κατά τα χρόνια των σπουδών τους δείχνουν ενδιαφέρον και ασχολούνται συστηματικά με κάποιο εξειδικευμένο επιστημονικό αντικείμενο (π.χ. πληροφορική), περιφερειακό των βασικών σπουδών φυσικής. Όντας ωστόσο προπτυχιακοί φοιτητές στο Τμήμα Φυσικής οι δυνατότητες εξέλιξης τους πάνω σε αυτό είναι περιορισμένες. Μια σωστή στάση σε αυτή την περίπτωση θα ήταν οι φοιτητές αυτοί να χρησιμοποιήσουν τη Φυσική ως μια πηγή σφαιρικής μόρφωσης που θα τους βοηθήσει στο μέλλον, αλλά να επιδιώξουν να τελειώσουν γρήγορα, προκειμένου να μπορέσουν στη συνέχεια να αφιερωθούν απερίσπαστοι σε αυτό που τους ενδιαφέρει. Η πολυετής παραμονή στο προπτυχιακό Τμήμα Φυσικής μόνο σε αδιέξοδα μπορεί να οδηγήσει. Άλλωστε, είναι γεγονός, ότι εκτός από τον μόχθο η επιτυχία απαιτεί σωστές κινήσεις και επιλογές.

Τα μέλη του Διδακτικού και Ερευνητικού Προσωπικού του Τμήματος μπορούν να προσφέρουν πολλά στους φοιτητές της πρώτης κατηγορίας. Στη δεύτερη κατηγορία δεν μπορούν, όσο και να προσπαθήσουν, να προσφέρουν σχεδόν τίποτα. Το βασικό αίτημα των φοιτητών που ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία είναι (δυστυχώς) να αυξηθούν οι εξεταστικές περιόδους για να ξεκολλήσουν από το Τμήμα Φυσικής και να πάρουν το πτυχίο. Το αποτέλεσμα είναι να μην μπορούν οι φοιτητές αυτής της κατηγορίας να ανταποκριθούν ούτε στις εξετάσεις του ΑΣΕΠ.

Κλείνοντας θα ήθελα να επισημάνω μια γενική αλήθεια. Η βασική διαφορά μεταξύ των φοιτητών δεν είναι οι επιδόσεις. Είναι το μεράκι και ο ενθουσιασμός που υπάρχει σε κάποιους και απουσιάζει από άλλους. Δυστυχώς τα χαρακτηριστικά αυτά (ενθουσιασμός ή μιζέρια και γκρίνια) δεν παραμένουν εγκλωβισμένα στα μαθήματα αλλά διαμορφώνουν και το χαρακτήρα γενικότερα. Σε ένα ποίημα του ο Καβάφης γράφει (το αφιερώνω σε εκείνους

τους φοιτητές που μπέρδεψαν το χαβαλέ με την πραγματικά γεμάτη και δημιουργική ζωή):

### Τα τείχη

Χωρίς περίσκεψη, χωρίς λύπη, χωρίς αιδώ,  
μεγάλα κ' υψηλά τριγύρω μου έκτισαν τείχη

Και κάθομαι και απελπίζομαι τώρα εδώ  
άλλο δεν σκέπτομαι: τον νούν μου τρώγει αυτή η τύψη

Διότι πράγματι πολλά έξω να κάμον είχαν:  
Όταν έκτιζαν τα τείχη πώς να μην προσέξω

Αλλά δεν άκουσα ποτέ κρότον κτιστών ή ήχον  
ανεπαισθήτως μ' έκλεισαν από τον κόσμο έξω

*Κ. Καβάφης*

Σας εύχομαι καλή σταδιοδρομία και θα χαρώ να συζητήσω τα θέματα που ανέφερα στο σημείωμα αυτό με οποιον/α το επιθυμεί

<http://www.astro.auth.gr/~vlahos>  
[vlahos@astro.auth.gr](mailto:vlahos@astro.auth.gr)