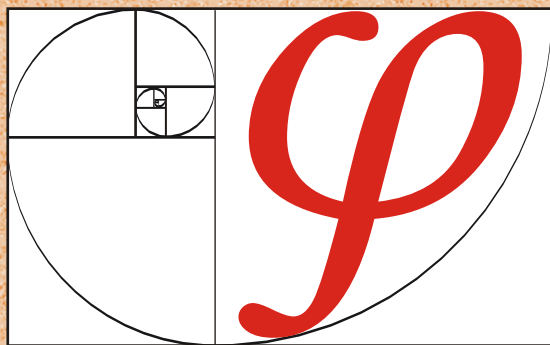
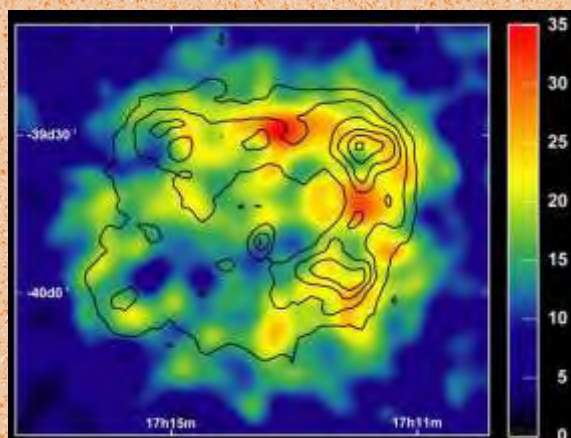




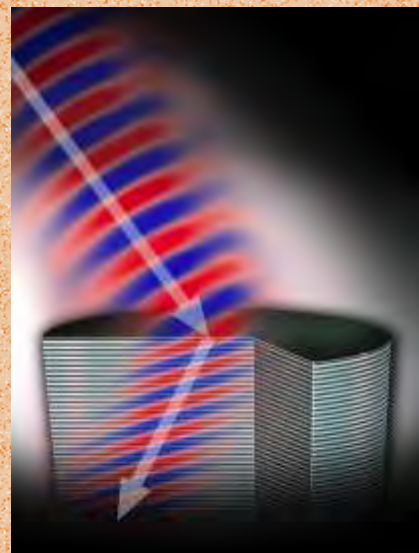
Περίοδος Δ' ● Τεύχος 6 ● Σεπτέμβριος 2009

φαινόμενον:::

Το Περιοδικό του
Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.



Κοσμικές ακτίνες γάμμα



Μεταϋλικά



**Μύθοι και αλήθειες
για το ενεργειακό πρόβλημα**



**Ακτινοβολία
Cherenkov**



**Τηλεσκόπια
ακτινοβολίας Cherenkov**



**Μετρολογία:
Η επιστήμη των μετρήσεων**



**Περίοδος Δ' ● Τεύχος 6
Σεπτέμβριος 2009**

Περιοδική έκδοση
του Τμήματος Φυσικής
(Προεδρία: Κ. Μανωλίκας)

Συντακτική Επιτροπή:

Αναστάσιος Λιόλιος
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Χρήστος Ελευθεριάδης
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Κων/νος Ευθυμιάδης
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Ιωάννης Στούμπουλος
(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Μάκης Αγγελακέρης
(Λέκτορας Τμ. Φυσικής)

Γιώργος Θεοδωρίδης
(Λέκτορας Τμ. Φυσικής)

Χαρίτων Πολάτογλου
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Δημήτρης Ευαγγελινός
(Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής)

Γιώργος Κακλαμάνος
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)

Σελιδοποίηση -
Τεχνική Επιμέλεια:

Δημήτρης Ευαγγελινός
(Υπ. Διδάκτορας Τμ. Φυσικής)

Στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν:

Λουκάς Βλάχος
(Καθηγητής Τμ. Φυσικής)

Ελένη Παλούρα
(Καθηγήτρια Τμ. Φυσικής)

Ε.Κ. Πολυχρονιάδης
(Καθηγητής Τμ. Φυσικής)

Κωνσταντίνος Μελίδης
(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Δρ. Ειρήνη Φλουδά
(Απόφοιτος Τμ. Φυσικής, Δ/ντρια
Δ/σης Ηλεκτρικών Μεγεθών,
Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας)

Σάββας Βαρίτης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)

Πρόλογος του Προέδρου του Τμήματος Φυσικής

Το 1991, ως Πρόεδρος και τότε του Τμήματος Φυσικής, προλόγισα την έκδοση του πρώτου τεύχους του παρόντος περιοδικού. Επρόκειτο για μια φτωχική σε εμφάνιση έκδοση, με πολύ καλή όμως συμμετοχή φοιτητών και μελών ΔΕΠ.

Στον πρόλογο εκείνο είχα τονίσει την διττή σημασία του τίτλου "Φαινόμενον", που από την μια μεριά δηλώνει τη σχέση του περιοδικού με την Φυσική και από την άλλη τη μοναδικότητά του για τότε στον Πανεπιστημιακό χώρο.

Δεκαοκτώ χρόνια μετά, έχω την θεσμική ικανοποίηση να προλογίζω το 48^ο σε αριθμό τεύχος του ίδιου περιοδικού. Πρόκειται πλέον για μια άρτια αισθητικά και σε περιεχόμενο έκδοση, που παρέχει πληροφόρηση στο αναγνωστικό κοινό για συμβάλλοντα στο Τμήμα Φυσικής, αλλά και γενικότερα στον κόσμο της Φυσικής. Είναι προϊόν επίμονου μόχθου μερικών ανθρώπων του Τμήματος, παλαιότερων και συγχρόνων, στους οποίους το Τμήμα Φυσικής εκφράζει για μια ακόμη φορά τις θερμές ευχαριστίες του.



Ο Πρόεδρος του Τμήματος
Καθηγητής Κ. Μανωλίκας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Υποδοχή πρωτοετών - Σκέψεις για τις σπουδές στο Τμήμα Φυσικής	1
Ανακάλυψη νέων σωματιδίων	5
Είπαν...	6
Μεταϋλικά (Metamaterials)	7
Μετρολογία, η Επιστήμη των Μετρήσεων	11
Βιογραφίες: Pavel Cherenkov	15
Ανίχνευση κοσμικών σωματιδίων υψηλής ενέργειας με τηλεσκόπια ακτινοβολίας Cherenkov	16
Ημερίδες του Τμήματος	20
Απόψεις: Μύθοι και αλήθειες για το ενεργειακό πρόβλημα	21
The 7th General Conference of the Balkan Physical Union	25
XXV Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής Στερεάς Κατάστασης και Επιστήμης Υλικών	26
Εκλογή νέου Προέδρου και Αναπληρωτή Προέδρου στο Τμήμα Φυσικής	27
Ορκομωσία Διδασκόντων του Τμήματος Φυσικής	27
Ορκομωσία Πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής	29
Απόψεις για το Πρόγραμμα Σπουδών του Τμήματος Φυσικής	29
Μέτρα για την πρόληψη του ιού γρίπης Α (H1N1)	32



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Γιάννης Τσουφλίδης (www.tsouflidis.gr): Εκδηλώσεις του Τμήματος (σελ. 26)

Αναστάσιος Λιόλιος: φωτογραφίες σελ. 1, 20, 25, 27, 28

Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας: σελ. 11-14

Φωτογραφίες οπισθοφύλλου: ASPERA (www.aspera-eu.org)



ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ

Το δημοσιευμένο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό τους όρους που καθορίζονται από την άδεια Creative Commons Public License και απαγορεύεται κάθε χρήση του με διαφορετικές προϋποθέσεις από αυτές που καθορίζονται από την άδεια. Είστε ελεύθεροι να διανείμετε, αναπαράγετε, κατανείμετε, διαδώσετε, διασκευάσετε το έργο υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις: Η αναφορά στο έργο πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από τον συγγραφέα ή τον χορηγό της άδειας (αλλά όχι με τρόπο που να υποδηλώνει ότι παρέχουν επίσημη έγκριση σε σας ή για χρήση του έργου από εσάς). Εάν αλλοιώσετε, τροποποιήσετε ή δομήσετε πάνω στο έργο αυτό, η διανομή του παράγωγου έργου μπορεί να γίνει μόνο υπό τους όρους της ίδιας, παρόμοιας ή συμβατής άδειας. Δείτε αναλυτικά τους όρους: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Υποδοχή πρωτοετών

Καλωσόρισμα από την Επιτροπή Υποδοχής

Στο Τμήμα Φυσικής, εδώ και 5 χρόνια, έχει συσταθεί η Επιτροπή Υποδοχής και Καθοδήγησης των Πρωτοετών Φοιτητών, αποτελούμενη από περισσότερα από είκοσι μέλη ΔΕΠ. Στόχος της Επιτροπής είναι να βοηθήσει τους πρωτοετείς να προσαρμοστούν καλύτερα στο Τμήμα Φυσικής, να καταγράψει τα προβλήματα που παρουσιάζονται και να προτείνει λύσεις ή να φέρει για συζήτηση στα όργανα του Τμήματος θέματα που θα διευκολύνουν την προσαρμογή των πρωτοετών φοιτητών στο Πανεπιστήμιο.

Η εγγραφή των πρωτοετών ολοκληρώθηκε με επιτυχία από τη Γραμματεία του Τμήματος με τη βοήθεια και καθοδήγηση των μελών ΔΕΠ της Επιτροπής, ενώ η επίσημη υποδοχή των φοιτητών προγραμματίζεται για τις 14/10/09.

Σύντομα θα ανακοινωθεί στους πρωτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες ποιος θα είναι ο σύμβουλος σπουδών



τους. Προτείνουμε και ενθαρρύνουμε τους πρωτοετείς να τον συμβουλευονται συχνά για ο,τιδήποτε τους απασχολεί στη νέα τους ζωή στο Πανεπιστήμιο και ιδιαίτερα για τις ενδεχόμενες δυσκολίες που ίσως συναντήσουν στα πρώτα τους βήματα στο Τμήμα Φυσικής.

Ευχόμαστε στους πρωτοετείς μας καλή ακαδημαϊκή χρονιά και θα χαρούμε ιδιαίτερα αν μπορέσουμε να τους φανούμε χρήσιμοι.

Λουκάς Βλάχος

*Πρόεδρος της Επιτροπής Υποδοχής και
Καθοδήγησης Πρωτοετών Φοιτητών*

Σκέψεις για τις σπουδές στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ

Α' μέρος

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 "αξίζει 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



Henri Poincaré (1854-1912)

στο ερώτημα “πώς δουλεύει η φύση”. Η Φυσική αναπτύχθηκε παράλληλα με την ανάπτυξη της γνώσης μας για τα 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 Κλασσική) 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 κλασσικής 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 διαφεύστηκε 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

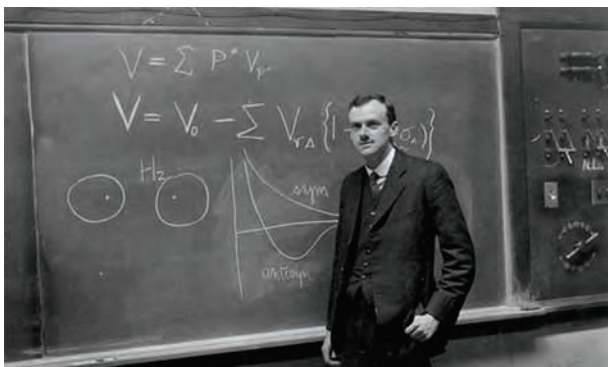
- **ικανότητα ανάλυσης**, δηλαδή ικανότητα αναγωγής τους σε απλούστερα (γνωστά) προβλήματα.
- **ικανότητα αφάισης**, προκειμένου να διατυπωθούν γενικές αρχές οι οποίες μένουν αναλλοίωτες στο σύνολο (σχεδόν) των φυσικών προβλημάτων και οι οποίες αποτελούν κάθε φορά τη βάση προσέγγισης και επίλυσης αυτών.
- **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.



Paul Dirac (1902–1984)

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.

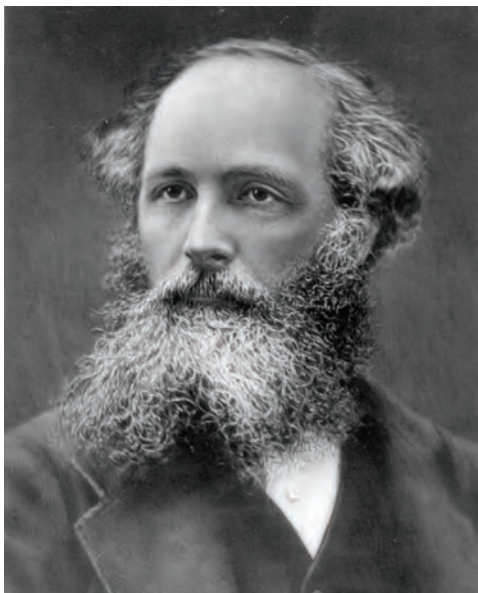
Η Φυσική πάντως δεν είναι μόνο χρήσιμη για την κατανόηση των βασικών νόμων της φύσης αλλά και γιατί διαθέτει εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τις άλλες επιστήμες ως διαγνωστικά. Οι αστρονόμοι χρησιμοποιούν τα οπτικά και ραδιοφωνικά τηλεσκόπια για τις παρατηρήσεις. Οι γεωλόγοι χρησιμοποιούν μια σειρά 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 (στερεά, ρευστά, αέρια, πλάσμα), τις ιδιότητες των υλικών (ημιαγωγοί, υπεραγωγιμότητα), τις ιδιότητες της ύλης κάτω από ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας κλπ.

Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών: Πραγματεύεται θέματα όπως η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών, η ανάπτυξη νέων ηλεκτρονικών διατάξεων, η βελτίωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλα θέματα.



James Clerk Maxwell (1831 – 1879)

Η κατανόηση της βιόσφαιρας: Είναι ο τομέας που ασχολείται με το φλοιό πάχους 15 km 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 αυτή περιοχή 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.

Λουκάς Βλάχος
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής

Το Β' μέρος του άρθρου "Σκέψεις για τις σπουδές στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ" του κ. Λουκά Βλάχου θα δημοσιευτεί στο επόμενο τεύχος του 'φαινόμενον'.

Ο συγγραφέας του άρθρου ευχαριστεί τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής κ. Θεόδωρο Λαόπουλο και την κα. Κάλια Πετράκη, φοιτήτρια του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ τη περίοδο (1998-2002) και στη συνέχεια διδάκτορα (2009) του πανεπιστημίου UCLA (ΗΠΑ), για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

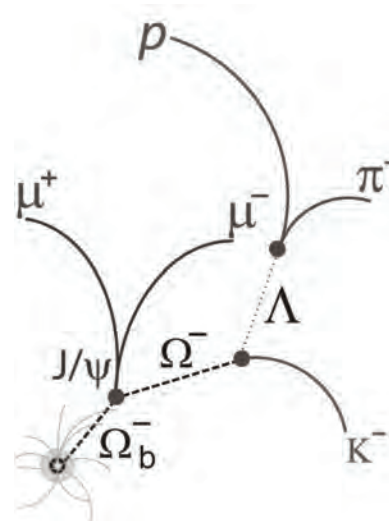
Από τις ιστορικές στιγμές για ένα εργαστήριο φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων είναι όταν ανακαλύπτεται ένα νέο σωματίδιο! Κάτι μάλλον σπάνιο στις μέρες μας αφού τα περισσότερα σωματίδια του σχετικού «ζωολογικού κήπου» έχουν ανακαλυφθεί από το εξαντλητικό σαφάρι αναζήτησής τους που εξαπέλυσαν οι φυσικοί από τις αρχές σχεδόν του 20^{ου} αιώνα. Πράγματι, τα τελευταία 30 χρόνια ανακαλύφθηκαν λίγα σωματίδια, τα σημαντικότερα των οποίων είναι τα μποζόνια W και Z (το 1983), το top quark (το 1995) και το ταυ-νεutrino (το 2000).

Πρόσφατα υπήρξαν δύο ανακοινώσεις για την ανακάλυψη ενός νέου σωματιδίου με το όνομα Omega-sub-b και σύμβολο Ω_b^- , από δύο μεγάλα πειράματα του Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory). Το Fermilab βρίσκεται κοντά στο Σικάγο των Η.Π.Α. και μπορεί να θεωρηθεί ως το CERN της Αμερικής. Διαθέτει έναν πολύ ισχυρό επιταχυντή – συγκρουστήρα σωματιδίων περιφέρειας 6.3 χιλιομέτρων, το “Tevatron”, που μπορεί να επιταχύνει πρωτόνια και αντι-πρωτόνια μέχρι την ενέργεια του 1 TeV το καθένα (εξ αυτού και το όνομα). Για την καταγραφή και μελέτη των προϊόντων των συγκρούσεων πρωτονίου-αντιπρωτονίου, ενέργειας περίπου 2 TeV στο κέντρο μάζας των δύο σωματιδίων, υπάρχουν στο

Tevatron δύο μεγάλα δίδυμα πειράματα ανιχνευτών σωματιδίων, το πείραμα CDF και το πείραμα DØ (DZero).

Το DØ ανακοίνωσε, τον Αύγουστο του 2008, την ανακάλυψη του αρνητικά φορτισμένου σωματιδίου Ω_b^- , βρίσκοντας από τα δεδομένα που είχε, ότι η μάζα (ηρεμίας) του σωματιδίου είναι $6165 \pm 10(\text{stat}) \pm 13(\text{syst}) \text{ MeV}/c^2$, δηλαδή κατά περίπου 6.5 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα ενός πρωτονίου ή ενός νετρονίου. Τα αναγραφόμενα πειραματικά σφάλματα είναι, το μεν πρώτο στατιστικό (άρα εξαρτάται από το πλήθος των διαθέσιμων δεδομένων που αναλύθηκαν), ενώ το δεύτερο είναι συστηματικό (άρα εξαρτάται από την πειραματική διαδικασία και τον τρόπο ανάλυσης των δεδομένων).

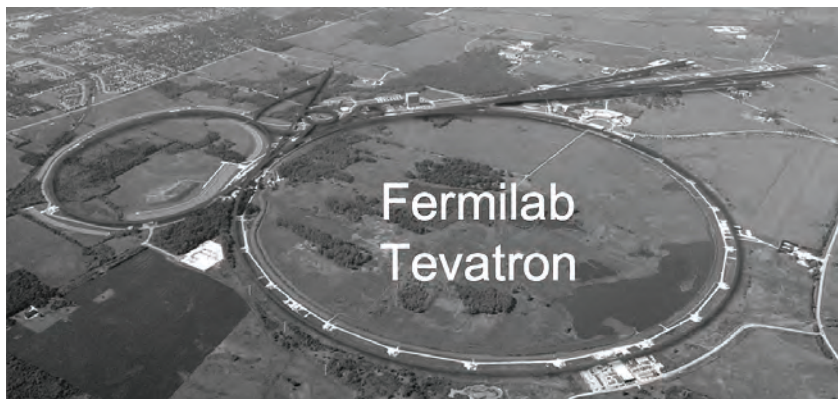
Μερικούς μήνες αργότερα, τον Μάιο του 2009, το άλλο πείραμα, το CDF, ανακοίνωσε την ανίχνευση του σωματιδίου Ω_b^- , για το οποίο, μετά την ανάλυση ενός αριθμού δεδομένων περισσότερων από ότι στο προηγούμενο πείραμα, βρήκε μάζα ίση με $6054.4 \pm 6.8(\text{stat}) \pm 0.9(\text{syst}) \text{ MeV}/c^2$. Το παράξενο είναι ότι όταν προσέξει κάποιος τις τιμές, βλέπει ότι τα δύο αυτά πειραματικά αποτελέσματα είναι ασύμβατα μεταξύ τους, με την έννοια ότι δεν αναμένεται να συγκλίνουν προς την ίδια περίπου τιμή αν βελτιωθεί η στατιστική τους, μετρώ-



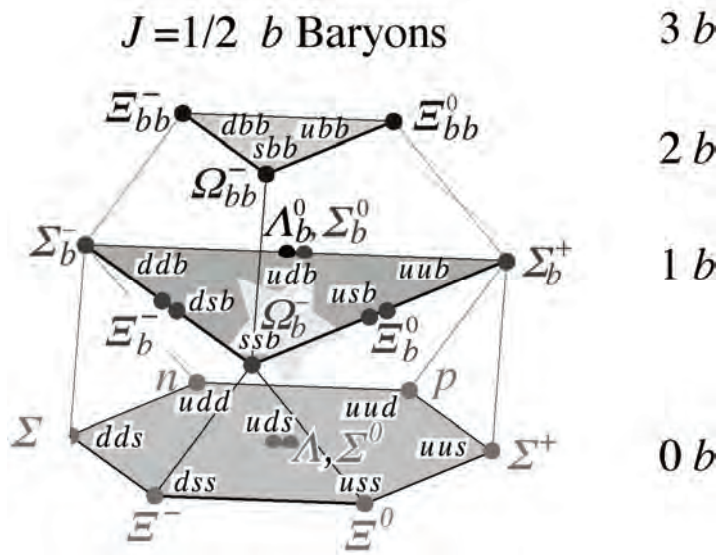
Το βαρυόνιο Ω_b^- (σωματίδιο αρνητικά φορτισμένο) έχει έναν ασύλληπτα μικρό χρόνο ζωής (1.1 ps) και έτσι μπορεί να διανύσει μια απόσταση μικρότερη από 1 mm πριν διασπασθεί σε άλλα σωματίδια μικρότερης μάζας, ένα J/Ψ και ένα Ω^- . Αλλά και αυτά τα σωματίδια διασπώνται, το J/Ψ αμέσως σε δύο μόνια και το Ω^- , λίγο μετά, σε Λ και K⁻, τα οποία και αυτά διασπώνται σε άλλα, δημιουργώντας έτσι ένα από τα πιο ωραία “πυροτεχνήματα” του μικρόκοσμου.

ντας μεγαλύτερο αριθμό γεγονότων. Σε μια τέτοια περίπτωση “ασυμφωνίας” των αποτελεσμάτων, είναι αποδεκτός ο προβληματισμός μήπως τα δύο αποτελέσματα αντιστοιχούν σε διαφορετικά σωματίδια. Η συλλογή περισσότερων δεδομένων στο μέλλον και η προσεκτική τους ανάλυση θα δείξει τι πραγματικά συμβαίνει.

Το νέο σωματίδιο έχει ξεχωριστό ενδιαφέρον αφού πρόκειται για ένα βαρυόνιο, δηλαδή έναν στενό συγγενή του πρωτονίου και νετρονίου. Οι προβλέψεις της θεωρίας έχουν καταρτίσει έναν ολόκληρο “περιοδικό πίνακα βαρυονίων” στον οποίο τις πρώτες θέσεις καταλαμβάνουν το πρωτόνιο και το νετρόνιο, από τα οποία είναι φτιαγμένη η σταθερή ύλη του κόσμου μας. Λίγα χρόνια πριν είχε γίνει η ανακάλυψη στο Tevatron



Αεροφωτογραφία του εργαστηρίου Fermilab στις ΗΠΑ.



Ο “περιοδικός πίνακας των βαρυονίων”. Σ’αυτόν μπορούμε να βρούμε “παλιούς γνώριμους”, όπως το πρωτόνιο (p) και το νετρόνιο (n), αλλά και νεοανακαλυφθέντα μέλη, όπως το σωματίδιο Ω_b .

και των βαρυονίων Σ_b (το 2006) και του Ξ_b (το 2007). Το νεοανακαλυφθέν Ω_b περιέχει, όπως κάθε βαρυόνιο, τρία κουάρκ, έχει όμως μέσο χρόνο ζωής ασύλληπτα μικρό, μόλις 1,1 ps σύμφωνα με το πείραμα CDF. Αυτός ο πολύ μικρός χρόνος, λίγο πάνω από ένα τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου, οφείλεται στο ότι

και τα τρία κουάρκ του Ω_b είναι εξωτικά και διασπώνται γρήγορα. Ο συνδυασμός των κουάρκ είναι s-s-b, δηλαδή έχουμε στο ίδιο σωματίδιο δύο παράδοξα κουάρκ (strange quarks) και ένα “χαμηλό” ή “πυθμένιο” κουάρκ (bottom quark). Η ανακάλυψη του “διπλά παράδοξου” σωματιδίου Ω_b , με μάζα και χρόνο

ζωής όπως περίπου προβλέπονται από το καθιερωμένο πρότυπο της φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων, είναι πολύ σημαντική επειδή ενισχύει την πεποίθησή μας ότι πράγματι κατανοούμε τον τρόπο με τον οποίο τα κουάρκ δομούν την ύλη.

Αναφορές

http://www.fnal.gov/pub/presspass/press_releases/CDF-Omega-observation.html

<http://www.symmetrymagazine.org/arXiv:0905.3123>

Σημείωση: Όλες οι ιδιότητες των στοιχειωδών σωματιδίων με εγκυρότητα, μεγάλη ακρίβεια και συστηματικό τρόπο (αλλά και σχεδόν οτιδήποτε άλλο θέλετε για τη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων) βρίσκονται στην ελεύθερη ιστοσελίδα

<http://pdg.lbl.gov>

στο Review of Particle Properties (C. Amsler et al., *Physics Letters B* 667, 1 (2008)).

Αναστάσιος Λιόλιος
Αναπληρωτής Καθηγητής
του Τμήματος Φυσικής

Είπαν...

Να αντλήσουμε πετρέλαιο; Εννοείς να κάνουμε τρύπες βαθιά μέσα στο έδαφος, μήπως βρούμε πετρέλαιο; Τρελός είσαι!

Εργάτες, τους οποίους προσπαθούσε να προσλάβει ο Edwin Drake για το σχέδιό του να αντλήσει πετρέλαιο, το 1859.

Η βόμβα ουδέποτε θα εκραγεί. Σας μιλώ σαν ειδήμων στις εκρηκτικές ύλες.

Ο Αμερικανός ναύαρχος William Leahy το 1945, σχετικά με την ατομική βόμβα.

Τα αεροπλάνα είναι ενδιαφέροντα παιχνίδια, αλλά άνευ στρατιωτικής αξίας.

Στρατηγός Ferdinand Foch (γνωστός περισσότερο στους σταυρολεξολύτες), Καθηγητής της Στρατηγικής, Ανωτάτη Σχολή Πολέμου της Γαλλίας (1904).



Ποτέ δε θα κατασκευαστεί μεγαλύτερο αεροπλάνο.

Μηχανικός της Boeing, μετά την πρώτη πτήση του 247, ενός δίκινητρου αεροπλάνου που μπορούσε να μεταφέρει δέκα ανθρώπους.

Κωνσταντίνος Μελίδης
Επικ. Καθηγητής Τμήματος Φυσικής

Μεταϋλικά (Metamaterials)

Η ταχύτητα του φωτός σε κάθε οπτικό μέσο έχει διαφορετική τιμή. Αποτέλεσμα είναι το κάθε υλικό να χαρακτηρίζεται από ένα **δείκτη διάθλασης** (index of refraction) ο οποίος δίνεται από τη σχέση $n = c/v$, όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και v η ταχύτητα του φωτός στο μέσο διάδοσης. Η ταχύτητα του φωτός στο μέσο εξαρτάται επίσης από το μήκος κύματος λ του φωτός που διαδίδεται. Διαφορετικά μήκη κύματος έχουν διαφορετική ταχύτητα στο ίδιο μέσο. Το φως στο κενό έχει την ίδια ταχύτητα $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s σε όλα τα μήκη κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα μέσο ορίζεται από την σχέση:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}$$

όπου ε είναι η ηλεκτρική επιδεκτικότητα του μέσου και μ η μαγνητική διαπερατότητα. Στα συνήθη υλικά τα δύο αυτά μεγέθη παίρνουν θετικές τιμές με συνέπεια και η ταχύτητα να παίρνει θετικές τιμές. Στην περίπτωση όμως που τα μεγέθη ε και μ έχουν αντίθετα πρόσημα, η ταχύτητα παίρνει μιγαδικές τιμές. Τέλος, μπορεί η ηλεκτρική επιδεκτικότητα ε και η μαγνητική διαπερατότητα μ να παίρνουν ταυτόχρονα αρνητικές τιμές, οπότε η ταχύτητα παίρνει και πάλι πραγματικές τιμές. Σε αυτό το σημείο όμως γεννάται το ερώτημα: τι σημαίνει αρνητικό ε και μ ;

Ξεκινώντας από το μοντέλο Drude-Lorentz, τα άτομα και μόρια ενός πραγματικού υλικού αντικαθίστανται εννοιολογικά από ένα σύνολο αρμονικά συζευγμένων ταλαντωτών ηλεκτρονίων, που συντονίζονται σε κάποια συχνότητα ω_0 . Για συχνότητες πολύ μικρότερες από την ω_0 , τα ηλεκτρόνια απομακρύνονται από τον πυρήνα εξ' αιτίας του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου, γεγονός που

προκαλεί πόλωση με κατεύθυνση ίδια με αυτή του εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου. Για συχνότητες κοντά στον συντονισμό, η προκαλούμενη πόλωση γίνεται πολύ μεγάλη, όπως συμβαίνει συνήθως στις περιπτώσεις συντονισμού. Η μεγάλη απόκριση αντιπροσωπεύει συσσώρευση ενέργειας σε πολλούς κύκλους. Τέτοιο είναι το ποσό της ενέργειας που αποθηκεύεται στον συντονισμό σε σχέση με το οδηγό πεδίο, ώστε ακόμη και η αλλαγή της φοράς του εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου έχει μικρή επίδραση στην πόλωση κοντά στον συντονισμό. Αυτό συμβαίνει διότι καθώς η συχνότητα του οδηγού ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλεται μέσω του συντονισμού, η πόλωση αναστρέφεται από συμφασική σε εκτός φάσης με το οδηγό πεδίο και το υλικό να παρουσιάζουν αρνητική απόκριση. Εάν αντί για ηλεκτρόνια είχαμε αρμονικά συνδεδεμένες μαγνητικές ροπές, τότε θα υπήρχε αρνητική μαγνητική απόκριση.

Είναι σχετικά εύκολο να βρούμε υλικά με αρνητικό ε ή μ . Υλικά με αρνητικό ε περιλαμβάνουν μέταλλα (π.χ. άργυρος, χρυσός, αλουμίνιο) σε οπτικές συχνότητες, ενώ υλικά με αρνητικό μ περιλαμβάνουν συντονισμένα σιδηρομαγνητικά και αντισιδηρομαγνητικά συστήματα. Οι παραπάνω αρνητικές παράμετροι των υλικών έχουν δύο σημαντικές συνέπειες. Πρώτον, οι αρνητικές παράμετροι θα εμφανίζουν διασπορά συχνοτήτων, δηλαδή θα μεταβάλλονται συναρτήσει της συχνότητας. Δεύτερον, το χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης των αρνητικών υλικών θα είναι σχετικά στενό, συγκρινόμενο με αυτό των θετικών υλικών.

Εδώ γεννάται ένα ακόμη ερώτημα: Γιατί να μην υπάρχουν υλικά τα οποία να έχουν ταυτόχρονα τα ε και



Προσομοίωση του ειδώλου μιας ράβδου βυθισμένης σε υγρό, με $n > 0$ (αριστερά) και με $n < 0$ (δεξιά).

μ αρνητικά; Ο λόγος είναι ότι ο συντονισμός που οδηγεί σε ηλεκτρική πόλωση στα υπάρχοντα υλικά συμβαίνει για υψηλές συχνότητες, στο ορατό, για τα μέταλλα ή τουλάχιστον της τάξης των THz στην υπέρυθρη περιοχή για ημιαγωγούς και μονωτές. Από την άλλη πλευρά, ο συντονισμός σε μαγνητικά συστήματα συμβαίνει σε πολύ χαμηλότερες συχνότητες, συνήθως προς την κατεύθυνση του κάτω άκρου της περιοχής του φάσματος των THz και στην υπέρυθρη περιοχή.

Για να κατασκευάσουμε ένα τέτοιο τεχνητό υλικό, ξεκινούμε αρχικά με την τοποθέτηση επαναλαμβανόμενων στοιχείων τα οποία έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να έχουν ισχυρή απόκριση σε εφαρμοζόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Η κατασκευή θα πρέπει να γίνει έτσι ώστε το τελικό υλικό να εμφανίζει τόσο αρνητικό ε όσο και αρνητικό μ . Ένα τέτοιο υλικό το οποίο θα υπακούει στο μοντέλο Drude-Lorentz μπορεί να κατασκευαστεί από μια σειρά από στοιχειώδη σύρματα στα οποία υπάρχουν περιοδικές περικοπές. Τότε η ηλεκτρική επιδεκτικότητα θα έχει την παρακάτω μορφή:

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2 - \omega_0^2}{\omega^2 - \omega_0^2 + i\Gamma}$$

όπου η συχνότητα πλάσματος ω_p και η συχνότητα συντονισμού ω_0 εξαρτώνται μόνο από την γεωμετρία του πλέγματος. Για συχνότητες πάνω από ω_0 και κάτω από ω_p η επιδεκτικότητα θα είναι αρνητική.

Η διαδικασία επίτευξης αρνητικής μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι διαφορετική. Το 1999 ο Pendry και άλλοι πρότειναν μια ποικιλία από δομές που θα δημιουργούσαν μαγνητικά μεταλλικά. Οι κατασκευές αυτές αποτελούνταν από βρόχους ή σωλήνες αγωγών με παρεμβλλόμενο κενό. Για την μαγνητική διαπερατότητα σε ένα τέτοιο μέσο θα έχουμε την παρακάτω μορφή:

$$\mu(\omega) = 1 - \frac{F\omega^2}{\omega^2 - \omega_0^2 + i\omega\Gamma}$$

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, θα έχουμε δύο βασικά δομικά στοιχεία, ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό για μεγάλη απόκριση του μεταλλικού.



Sir J. B. Pendry

Ο Victor Veselago, σε μία εργασία του που δημοσιεύθηκε το 1967 είχε υποθέσει τις συνέπειες για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εάν υπήρχαν υλικά με αρνητικά ϵ και μ . Πίστευε ότι αν μπορούσαν να βρεθούν τέτοια υλικά, θα είχαν αξιοσημείωτες ιδιότητες, διαφορετικές από αυτές των υπάρχοντων υλικών. Οι εικόνες που παρατίθενται δείχνουν παραδείγματα τέτοιων υλικών που έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια.

Επανερχόμαστε τώρα στο θέμα του δείκτη διάθλασης: τί τιμές θα έχει ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού με αρνητικό ϵ και μ ; Από τις λύσεις των εξισώσεων του Maxwell προκύπτει ότι για τον δείκτη διάθλασης ισχύει:

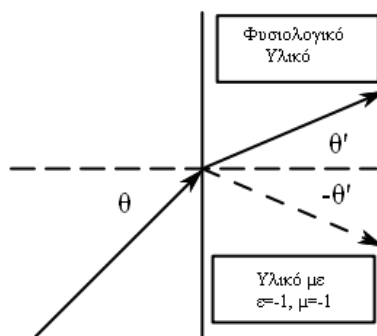
$$n = \sqrt{\epsilon \cdot \mu}$$

Αν χρησιμοποιούσαμε απλά την παραπάνω σχέση θα καταλήγαμε σε θετικές τιμές για τον δείκτη διάθλασης. Όμως εάν αντί να γράψουμε $\epsilon = -1$ και $\mu = -1$, πάρουμε την εκθετική τους μορφή, δηλαδή $\epsilon = \exp(i\pi)$ και $\mu = \exp(i\pi)$, τότε:

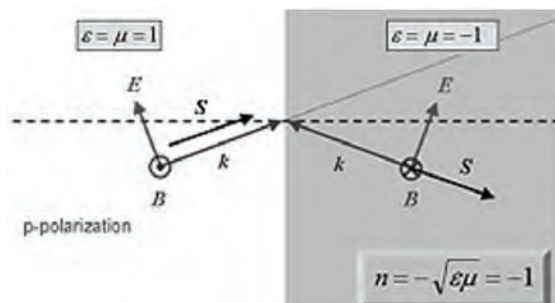
$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\epsilon \cdot \mu} = \\ &= \sqrt{\exp(i\pi) \cdot \exp(i\pi)} = \\ &= \exp(i\pi) = -1 \end{aligned}$$

Παρατηρούμε συνεπώς ότι ο δείκτης διάθλασης θα είναι αρνητικός. Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα φάσης ενός διαδιδόμενου κύματος μέσα σε ένα μέσον θα είναι αρνητική αντί για θετική. Ο αρνητικός δείκτης διάθλασης έχει πολλές εξωτικές επιδράσεις εκ των οποίων η πλέον άμεσα παρατηρούμενη είναι η αντιστροφή κατά την κυματική διάθλαση.

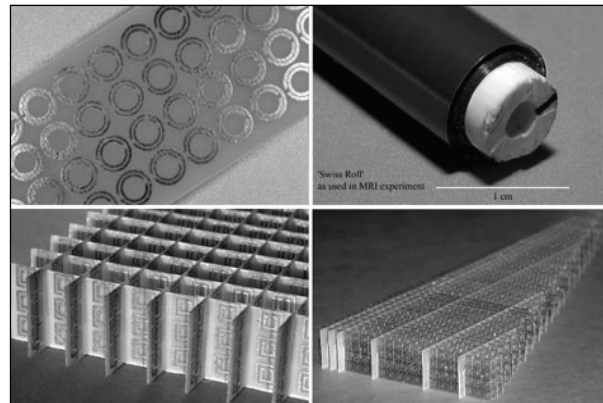
Η μεταβολή αυτή στα ϵ και μ έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζει και η φορά του κυματοδιανύσματος $\mathbf{k}$. Συγκεκριμένα, σε ένα "φυσιολογικό" υλικό το κυματοδιανύσμα $\mathbf{k}$ είναι ομόρροπο



Ο αρνητικός δείκτης διάθλασης προκαλεί αρνητική διάθλαση.



Δεξιά: Η αλλαγή του διανύσματος Poynting στα μεταλλικά.



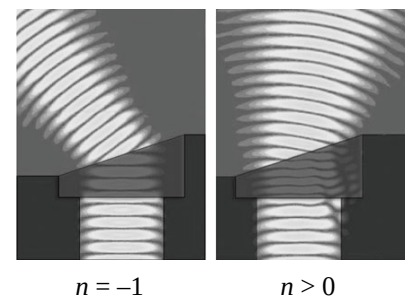
Διατάξεις μεταλλικών

με το διάνυσμα Poynting ($\mathbf{S}$), ενώ σε ένα μεταλλικό το κυματοδιανύσμα $\mathbf{k}$ είναι αντίρροπο, όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες.

Η διάθλαση σαν φαινόμενο, είναι υπεύθυνη για την λειτουργία των φακών και παρόμοιων συσκευών που εστιάζουν ή γενικότερα μορφοποιούν την ακτινοβολία. Ένα υλικό με δείκτη διάθλασης $n = 1$ δεν έχει την δυνατότητα να προκαλέσει διάθλαση, σε αντίθεση με ένα υλικό με $n = -1$ το οποίο προκαλεί αξιοσημείωτη διάθλαση. Επίσης γνωρίζουμε ότι για την εστιακή απόσταση ενός φακού ισχύει

$$f = R / |n - 1|$$

όπου το R είναι η ακτίνα καμπυλότη-



τας της επιφάνειας. Για δεδομένο R , ένας φακός με δείκτη διάθλασης $n = -1$ θα έχει, με το ίδιο σκεπτικό, την ίδια εστιακή απόσταση με έναν φακό που έχει δείκτη διάθλασης $n = 3$. Συγκρίνοντας λοιπόν δύο φακούς με ίδιο, κατ' απόλυτη τιμή δείκτη διάθλασης αλλά αντίθετο πρόσημο, παρατηρούμε ότι ο φακός με τον αρνητικό δείκτη διάθλασης θα είναι πιο "συμπυκνωτικός".

Στην παρακάτω ομάδα των τεσσάρων σχημάτων βλέπουμε την διαφορά μεταξύ ενός απλού φακού από έναν με αρνητικό δείκτη διάθλασης όσον αφορά τα όρια της ανάλυσης. Συγκεκριμένα, στο σχήμα α) βλέπουμε ένα τυπικό είδωλο που εμφανίζεται από έναν συνήθη φακό. Για να έχουμε καλή ανάλυση, η οπή θα πρέπει να είναι μεγάλη, αλλά ακόμη κι έτσι έχουν ένα όριο στην ανάλυση από το μήκος κύματος.

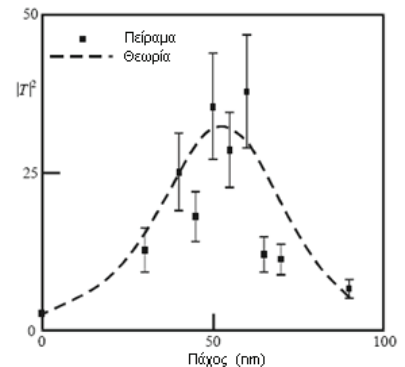
Στο σχήμα β) παρατηρούμε ότι οι συνιστώσες που λείπουν από την εικόνα περιέχονται στο κοντινό πεδίο, το οποίο εκφυλίζεται εκθετικά και καθιστά αμελητέα την συμβολή στην εικόνα. Στα σχήματα γ) και δ) έχουμε φακό ο οποίος είναι κατασκευασμένος από υλικό με αρνητικό δείκτη διάθλασης, ο οποίος όχι μόνο εστιάζει τις ακτίνες, αλλά εν συνεχεία έχει την δυνατότητα να ενισχύσει το κοντινό πεδίο ώστε να συμβάλει στην εικόνα, εξαλείφοντας έτσι

οποιοδήποτε περιορισμό στο μήκος κύματος. Ωστόσο, η φύση της συνισταμένης ενίσχυσης απαιτεί από τα υλικά να έχουν χαμηλές απώλειες.

Στους συνήθεις φακούς, η ανάλυση περιορίζεται από το άνοιγμά τους. Αλλά και οι φακοί που βασίζονται στον αρνητικό δείκτη διάθλασης έχουν περιορισμούς στην πράξη, που οφείλονται κυρίως στις απώλειες. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε νέο υλικό θα έχει φανταστικό μέρος για τα ϵ και μ , το οποίο αντιπροσωπεύει τις απώλειες και ανακόπτει τον συντονισμό στον οποίο οφείλονται τα κοντινά πεδία. Από τα σφάλματα, αρχικά ανακόπτονται οι πιο απότομοι συντονισμοί και αυξανόμενων των απωλειών μειώνεται ταχύτατα και η ανάλυση.

Ο Fang και άλλοι σε ένα πείραμά τους μελέτησαν τα παραπάνω φαινόμενα, εκμεταλλευόμενοι το γεγονός ότι για πολύ μικρά συστήματα, πολύ μικρότερα του μήκους κύματος στο κενό, μπορούμε να επικεντρωθούμε σε αμφότερα τα πεδία (ηλεκτρικό και μαγνητικό). Για παράδειγμα, ο άργυρος έχει αρνητικό πραγματικό μέρος για το ϵ . Επομένως, ένα λεπτό υμένιο θα έπρεπε να συμπεριφέρεται σαν αρνητική πλάκα και να ενισχύει το κοντινό πεδίο. Πειραματίστηκαν σε διαφορετικά πάχη λεπτών υμενίων διαλέγοντας όμως πάντα το ίδιο k_x .

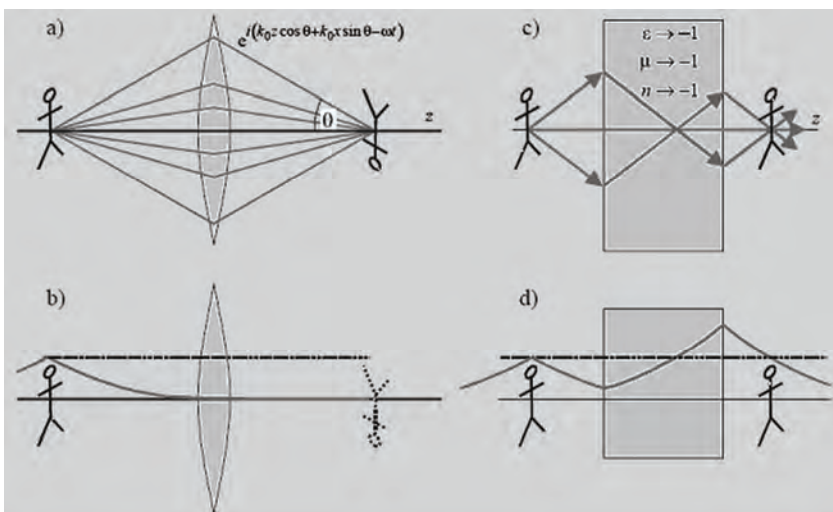
Παρατήρησαν ότι το υμένιο ενισχύει τα κύματα μέχρι ένα κρίσιμο πάχος μετά το οποίο παρεμβαίνουν οι απώλειες και σταματά η ενίσχυση. Παρόλα αυτά, είναι πιθανή μια σημαντική ενίσχυση και αυτό μας κάνει αισιόδοξους ότι μπορούμε να επιτύχουμε περιορισμένη εστίαση χαμηλού μήκους κύματος με υμένια αργύρου. Τα αποτελέσματα του πειράματός τους φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



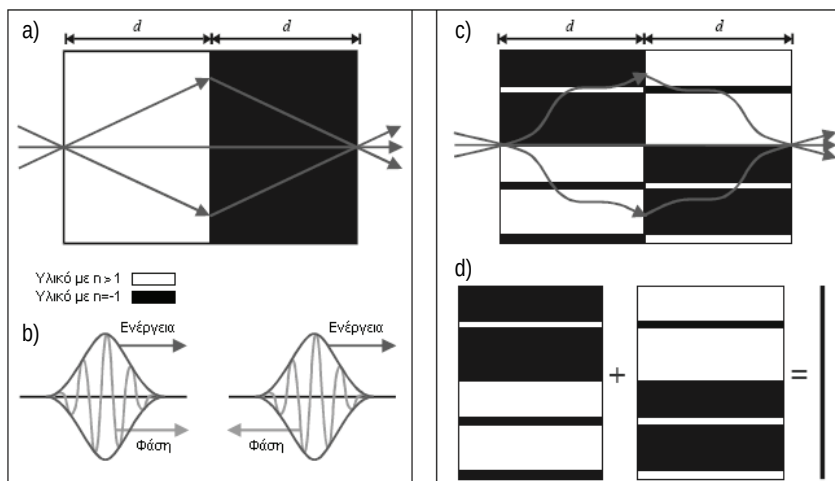
Ενίσχυση του κοντινού πεδίου.

Για να έχουμε εστίαση από ένα υλικό με αρνητικό δείκτη διάθλασης, δεν χρειάζεται το μέσο να αποτελείται μόνο από υλικό με αρνητικά ϵ και μ . Γενικά, μπορεί να επιτευχθεί εστίαση ακόμη και στην περίπτωση που έχουμε δύο πολύπλοκα αντικείμενα, εκ των οποίων το ένα είναι κατοπτρικό του άλλου. Παράδειγμα τέτοιων αντικειμένων φαίνονται στο πρώτο σχήμα της επόμενης σελίδας.

Τα αντικείμενα του σχήματος αυτού αποτελούνται τόσο από υλικό με αρνητικό n όσο και από "φυσιολογικό" υλικό. Στην ουσία, το αρνητικό μέσο επιδρά σαν οπτική αντι-ύλη. Επειδή τα δύο μέσα έχουν διαφορετικούς δείκτες διάθλασης, το φως εκτρέπεται από την ευθύγραμμη διάδοσή του. Η φάση την οποία αποκτά το κύμα καθώς διέρχεται από το πρώτο αντικείμενο ακυρώνεται καθώς περνά από το δεύτερο. Επίσης, εάν τα κύματα έχουν αλλοιωμένη φύση, η αλλοίωση αυτή στο πρώτο κομμάτι θα ακολουθείται από ενίσχυση στο δεύτερο.



Περιορισμός της ανάλυσης στους φακούς.

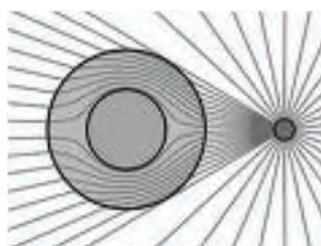


Γενίκευση του τέλει φακού: α) Ένα πλακίδιο με $n = -1$ εστιάζει τέλεια το φως. β) Επίτευξη εστίασης στο αρνητικό υλικό με εξουδετέρωση της φάσης που αποκτήθηκε κατά τη διέλευση του φωτός μέσα στο κενό. γ) Εστίαση μπορεί να προκύψει μέσω δύο σύνθετων υλικών, εφόσον το ένα είναι κατοπτρική εικόνα του άλλου. δ) Σχηματική απεικόνιση της οπτικής εξουδετέρωσης που προκύπτει στα δύο κατοπτρικά υλικά. Ένα αρνητικό μέσο μπορεί να παρομοιαστεί με “οπτική αντίληψη”.

Η χρήση υλικών με αρνητικό δείκτη διάθλασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες εφαρμογές όπως π.χ. του “αόρατου μανδύα”. Αναλύοντας το φαινόμενο αυτό, θα πρέπει αρχικά να τονιστεί ότι, όταν παρατηρούμε ένα αντικείμενο, το βλέπουμε λόγω ανάκλασης και της σκιάς που προκαλεί. Όπως παρατηρούμε όμως στην διπλανή εικόνα, εάν ένα αντικείμενο καλύπτεται από συγκεκριμένο μεταυλικό, λόγω της ιδιομορφίας που παρουσιάζει το τελευταίο, μπορεί να καταστήσει το αντικείμενο αόρατο, καθώς οι ακτίνες που παρατηρούνται μετά το υλικό φαίνεται να ακολουθούν την προτέρα ευθύγραμμη διάδοση. Δεν παρατηρείται δηλαδή αλλαγή στην κατεύθυνσή

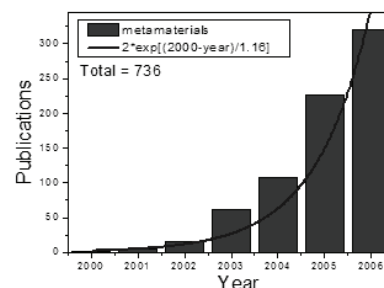
τους, με αποτέλεσμα να μην γίνεται αντιληπτό το ενδιάμεσο “εμπόδιο”.

Η αρνητική διάθλαση είναι ένα θέμα το οποίο μας εκπλήσσει συνεχώς καθώς απλές φαινομενικά παραδοχές οδηγούν σε απρόσμενα αποτελέσματα. Μια από τις πιο εκπληκτικές δυνατότητες απεικόνισης είναι πέρα από το όριο του μήκους κύματος. Πρακτικές εφαρμογές θα απαιτούν υλικά χαμηλού κόστους πράγμα που αποτελεί πρόκληση για τους σχεδια-



στές νέων υλικών. Αυτήν την στιγμή σε αρκετά εργαστήρια μελετώνται προτάσεις σχετικά με την χρήση λεπτών υμενίων αργύρου ως φακών.

Στην παρακάτω εικόνα συγκεκριμένα βλέπουμε την εκθετική αύξηση που παρουσιάζουν οι δημοσιεύσεις που έχουν ως θέμα τα μεταυλικά.



Δημοσιεύσεις με θέμα τα μεταυλικά.

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζονται δεν είναι απλά πειραματικές, καθώς δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη η θεωρία, διότι η υπόθεση της αρνητικής διάθλασης έχει πολλές πτυχές που συνεχίζουν να διερευνώνται. Είναι βέβαιο ότι η σχετική έρευνα θα ρίξει περισσότερο φως στο περίεργο και συναρπαστικό αυτό θέμα!

Βιβλιογραφία

<http://www.phoremmost.org/publications.cfm>

<http://www.physicstoday.org>

<http://www.laserfocusworld.com>

<http://www.metaphotonics.org>

Σάββας Βαρίτης
Φοιτητής Τμήματος Φυσικής

Εκδρομές Α.Π.Θ.



Το Πανεπιστημιακό Γυμναστήριο με την οικονομική υποστήριξη της Εταιρείας Αξιοποίησης και Διαχείρισης της Περιουσίας του Α.Π.Θ., οργανώνει μονοήμερες αποδράσεις στη φύση.

Εκδρομές του Πανεπιστημιακού Γυμναστηρίου

Οι εκδρομές έχουν ψυχαγωγικό, αθλητικό και κοινωνικό χαρακτήρα. Το κόστος της κάθε εκδρομής καλύπτεται κατά 70% από την Ε.Α.Δ.Π. του ΑΠΘ και κατά 30% από τους συμμετέχοντες. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει εκδρομές για φοιτητές και φοιτήτριες, καθώς και εκδρομές για τα μέλη της πανεπιστημιακής κοινότητας γενικά.

Περισσότερες πληροφορίες και αναλυτικό πρόγραμμα των εκδρομών μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα:

<http://gym.web.auth.gr>.

Οι μετρήσεις που γίνονται στους διάφορους τομείς κυριαρχούν πλέον στη ζωή μας, αν και πολύ συχνά δεν το αντιλαμβανόμαστε. Στον ιατρικό τομέα, σε περιπτώσεις όπως η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης ή του σακχάρου αίματος, θεωρείται αυτονόητη η αξιοπιστία της συγκεκριμένης μέτρησης. Αλλά και σε εμπορικές συναλλαγές, όπως όταν βάζουμε βενζίνη στο αυτοκίνητο ή όταν ζυγίζουμε προϊόντα, θεωρούμε αυτονόητο ότι τα όργανα μέτρησης λειτουργούν ορθά και αξιόπιστα, μια και με βάση τις ενδείξεις τους γίνεται η συγκεκριμένη εμπορική συναλλαγή. Τα δορυφορικά συστήματα ναυσιπλοΐας και ο διεθνής συσχετισμός της ώρας καθιστούν εφικτό τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης, επιτρέποντας τη δικτύωση των συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών σε όλο τον κόσμο, και επιτρέποντας στα αεροσκάφη να προσγειώνονται ακόμα και με χαμηλή ορατότητα.

Γενικά, καθημερινά γίνονται μετρήσεις οι οποίες σχετίζονται με θέματα ασφάλειας του πολίτη, προστασίας του καταναλωτή και του περιβάλλοντος, επιστημονικής έρευνας, ποιοτικού ελέγχου της βιομηχανικής παραγωγής, ακρίβειας των συστημάτων εθνικής άμυνας κ.α. Σε όλους αυτούς τους τομείς η ακριβής μέτρηση αποτελεί την απαραίτητη εκείνη προϋπόθεση, η απουσία της οποίας θα αφαιρούσε την αξία και το περιεχόμενο της υλοποίησής τους. Ο πολίτης συνήθως θεωρεί αυτονόητη την αξιοπιστία των μετρήσεων αυτών, χωρίς να αναρωτιέται για την μετρολογική υποδομή που εξασφαλίζει αυτήν την αξιοπιστία.

Ως **μετρολογία**, σύμφωνα με το Διεθνές Λεξικό Μετρολογίας, ορίζεται η επιστήμη των μετρήσεων. Περιλαμβάνει όλους τους πειραματικούς και θεωρητικούς προσδιορισμούς σε κάθε επίπεδο αβεβαιότητας και σε κάθε πεδίο της επιστήμης και της τεχνολογίας. Το περίπλοκο αλλά αόρατο δίκτυο των υπηρεσιών, των προμηθευτών και των επικοινωνιών από το οποίο όλοι εξαρτώμαστε, στηρίζεται στη μετρολογία για την αποδοτική και αξιόπιστη λειτουργία του.

Στα Εθνικά Μετρολογικά Εργαστήρια “υλοποιούνται” πειραματικά οι μονάδες μέτρησης με βάση τον ορισμό τους και με την μικρότερη δυνατή αβεβαιότητα. Οι ορισμοί των μονάδων βασίζονται, όπου είναι δυνατόν, σε φυσικές σταθερές που αναφέρονται σε φυσικά φαινόμενα, συνήθως κβαντικά, τα οποία είναι ανεξάρτητα από το χρόνο και τον τόπο πραγματοποίησής τους, γεγονός που καθιστά δυνατή την αναπαραγωγή όλων των μονάδων σε οποιοδήποτε γεωγραφικό σημείο. Τα φυσικά αυτά φαινόμενα ή πειράματα, που προσδιορίζουν τις μονάδες στο υψηλότερο μετρολογικό επίπεδο, με άλλα λόγια, με τη



Ο Μετρολογικός Ιστός σε αναπαράσταση πυραμίδας.

χαμηλότερη δυνατή αβεβαιότητα, είναι γνωστά ως **πρωτεύοντα πρότυπα** και αποτελούν συνήθως τα εθνικά πρότυπα μιας χώρας.

Τα βασικά πεδία της μετρολογίας είναι τρία:

- Η επιστημονική μετρολογία
- Η βιομηχανική μετρολογία
- Η νομική μετρολογία

Η επιστημονική μετρολογία αποσκοπεί στην ανάπτυξη και τεκμηρίωση της γνώσης, των μεθόδων και των τεχνικών μέτρησης, και παρέχει το υπόβαθρο γνώσης στις διάφορες εφαρμογές της μετρολογίας. Απαιτεί την σύνθεση επιμέρους πεδίων επιστημονικής γνώσης.

Η βιομηχανική μετρολογία αφορά τον έλεγχο ποιότητας προϊόντων και διεργασιών, και κυρίως τον έλεγχο της αξιοπιστίας του μετρητικού εξοπλισμού. Επιβάλλεται κυρίως από πρότυπα όπως ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025 κλπ. και από την ανάγκη ελέγχου συναλλαγών και κόστους, και δεν έχει υποχρεωτικό χαρακτήρα.

Η νομική Μετρολογία αφορά τον έλεγχο μετρητικού εξοπλισμού, εφαρμόζεται υποχρεωτικά βάσει των νομικών απαιτήσεων και των εθνικών/διεθνών προτύπων, και επιβάλλεται μέσα από διεθνείς συμφωνίες.

Το Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (γνωστό ως **ΕΙΜ**, www.eim.org.gr) ιδρύθηκε με το νόμο 2231/1994 και είναι



ο Εθνικός φορέας μετρολογίας και ο επίσημος τεχνικός σύμβουλος της πολιτείας στα θέματα μετρολογίας. Παρομοιάζοντας το εθνικό σύστημα μετρολογίας με μια πυραμίδα, το EIM βρίσκεται στην κορυφή, υλοποιώντας τα εθνικά πρότυπα των μονάδων μέτρησης. Μέσα από μια αδιάσπαστη αλυσίδα διακριβώσεων η αβεβαιότητα των μετρήσεων μεταφέρεται στα εργαστήρια διακριβώσεων και δοκιμών. Η αλυσίδα αυτή ονομάζεται **ιχνηλασιμότητα**.

Στους σκοπούς και στις αρμοδιότητές του EIM περιλαμβάνονται:

- Η υλοποίηση των μονάδων και η τήρηση των προτύπων
- Η ανάπτυξη τεχνικών και μεθόδων μέτρησης
- Η εποπτεία του μετρολογικού συστήματος της χώρας μέσω της εξασφάλισης της ιχνηλασιμότητας των μετρήσεων, της έκδοσης κατευθυντηρίων οδηγιών, της ενημέρωσης και της παροχής συμβουλών και της διοργάνωσης διεργαστηριακών μετρήσεων.
- Η διάδοση και ανάπτυξη της μετρολογίας μέσω της διοργάνωσης σεμιναρίων, της έκδοσης κατευθυντηρίων οδηγιών και δημοσιεύσεων, διοργάνωσης και συμμετοχής σε συνέδρια και ανάπτυξης σχέσεων συνεργασίας με AEI, TEI και ερευνητικά ινστιτούτα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων στο πεδίο της μετρολογίας
- Η διεθνής εκπροσώπηση της χώρας στη Σύμβαση του Μέτρου, στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών (BIPM), στη Διακρατική Συμφωνία Αμοιβαίας Αναγνώρισης (MRA) Μετρολογικών Υπηρεσιών και στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Μετρολογίας (EURAMET)
- Η παροχή υπηρεσιών διακρίβωσης και δοκιμών έγκρισης τύπου, με παράλληλη χορήγηση των σχετικών πιστοποιητικών, υπηρεσιών μετρολογικής υποστήριξης, όπως σεμινάρια εκπαίδευσης και εξειδικευμένες συμβουλές σε θέματα μετρολογίας.

Το EIM διαθέτει δύο κτίρια στη βιομηχανική περιοχή Θεσσαλονίκης (ΒΙ.ΠΕ.Θ) στη Σίνδο, συνολικής επιφάνειας περίπου 6.000 τ.μ. Το κύριο κτίριο, επιφάνειας 4.500 τ.μ., είναι ένα σύγχρονο κτίριο με αυτοματοποιημένη διαχείριση, συνεχή καταγραφή και παρακολούθηση των εργαστηριακών συνθηκών και της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων.

Το EIM εκπροσωπεί τη χώρα στο διεθνή Οργανισμό της "Σύμβασης του Μέτρου", στον οποίο η Ελλάδα είναι πλήρες μέλος από το 2001. Η Σύμβαση του Μέτρου είναι από τις παλαιότερες διεθνείς διπλωματικές συμφωνίες – υπογράφηκε στο Παρίσι το 1875 και τροποποιήθηκε το 1921 – και κυρώθηκε από την Ελληνική Βουλή με το νόμο 2763/1999. Με την ιδιότητα του εκπροσώπου, το EIM συμμετέχει ως πλήρες μέλος στη Γενική Συνέλευση Μέτρων



και Σταθμών (CGPM) και στις δραστηριότητες του BIPM, φορείς αρμοδίου για το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) και οργανισμούς αναφοράς και εποπτείας για το παγκόσμιο σύστημα μετρήσεων.

Η Υποδομή του EIM

Οι εργαστηριακές υποδομές του EIM περιλαμβάνουν 13 κεντρικά εθνικά εργαστήρια, τα οποία απαρτίζουν τις τρεις διευθύνσεις μεγεθών, ηλεκτρικών, φυσικών και μηχανικών. Παράλληλα, υπό την εποπτεία του EIM λειτουργούν και 2 νέα Εθνικά Περιφερειακά Εργαστήρια, αυτό της χημικής μετρολογίας στο Γενικό Χημείο του Κράτους και αυτό των ιονιζουσών ακτινοβολιών στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας.

Στη **Διεύθυνση Ηλεκτρικών Μεγεθών** υπάγονται 3 εργαστήρια:

- Το εργαστήριο χαμηλών συχνοτήτων
- Το εργαστήριο υψηλών συχνοτήτων
- Το εργαστήριο χρόνου και συχνότητας

Εργαστήριο χαμηλών συχνοτήτων

Στο εργαστήριο διατηρούνται τα πρωτεύοντα πρότυπα της τάσης και της αντίστασης. Η τήρηση των προτύπων αυτών αναφέρεται στην υλοποίηση, μέσω κβαντικών φαινομένων, της μονάδας της τάσης (V) και της αντίστασης (Ω).

Εκτός από τα πρωτεύοντα πρότυπα, στο εργαστήριο τηρούνται και τα εθνικά πρότυπα παραγωγών μεγεθών, όπως της χωρητικότητας, της ηλεκτρικής ενέργειας και της μεταφοράς AC/DC

Στο εργαστήριο διακρίβωνονται συσκευές που παράγουν ή μετρούν μεγέθη όπως :

DC τάση & ένταση, λόγο DC τάσεων & εντάσεων, λόγο AC τάσεων, DC αντίσταση, χωρητικότητα, αυτεπαγωγή, AC ισχύ και ενέργεια.

Εργαστήριο υψηλών συχνοτήτων

Στο εργαστήριο διατηρούνται τα εθνικά πρότυπα μικροκυματικής ισχύος και εξασθένισης

Τα μεγέθη που διακρίβωνονται είναι:

- Η ενεργός απόδοση & ο συντελεστής διακρίβωσης (Effective efficiency and calibration factor)
- Η εξασθένιση
- Οι S – παράμετροι



Εργαστήριο χρόνου και συχνότητας

Στο εργαστήριο υλοποιούνται, μέσω κβαντικών φαινομένων, τα πρωτεύοντα πρότυπα του χρόνου (s) και συχνότητας (Hz). Μέσω του συστήματος των τριών ρολογιών καισίου, του GPS Κοινής Θέασης και του υπόλοιπου εξοπλισμού, το EIM διαθέτει τον Εθνικό Χρόνο, τον οποίο συγκρίνει συνεχώς με τον Διεθνή Χρόνο (UTC), όπως αυτός διατίθεται από το διεθνές γραφείο μέτρων και σταθμών (BIPM). Ο Εθνικός Χρόνος διατίθεται σε όλους τους ενδιαφερομένους, ιδιώτες ή φορείς, μέσω των δύο NTP Servers του EIM. Τα μεγέθη που διακρίβωνονται είναι η συχνότητα και το χρονικό διάστημα.

Στη **Διεύθυνση Φυσικών Μεγεθών** υπάγονται 4 εργαστήρια:

- Το εργαστήριο θερμοκρασίας-υγρασίας
- Το εργαστήριο διαστατικών μετρήσεων
- Το εργαστήριο ακουστικής και δονήσεων
- Το εργαστήριο οπτικής και φωτομετρίας

Εργαστήριο θερμοκρασίας

Στο εργαστήριο υλοποιείται η Διεθνής Κλίμακα Θερμοκρασίας ITS-90 από -189.3442 °C (τριπλό σημείο του Αργού) έως +1084.62 °C (σημείο τήξης του Χαλκού).

Στο εργαστήριο διακρίβωνονται πρότυπα θερμομέτρα, ημιπρότυπα θερμομέτρα αντίστασης και θερμοζευγών ευγενών μετάλλων, και θερμομέτρα και αισθητήρες θερμοκρασίας.



Εργαστήριο υγρασίας

Στο εργαστήριο υλοποιούνται οι μονάδες σχετικής υγρασίας (r.h. %) και σημείου δρόσου (°C) με πρότυπη γεννήτρια υγρασίας.

Διακρίβωνονται οπτικά υγρόμετρα σημείου δρόσου και αισθητήρες σχετικής υγρασίας.

Εργαστήριο διαστατικών μετρήσεων

Οι πρότυπες μονάδες που υλοποιούνται στο εργαστήριο είναι αυτές του μήκους (m), βάσει του μήκους κύματος του φωτός δύο Laser αερίου He-Ne σταθεροποιημένων συχνοτήτων στα 633 και 543 nm, με τη χρήση των υπέρλεπτων γραμμών απορρόφησης του φάσματος των ατμών του μοριακού I₂, και της γωνίας (radian / degree).

Διακρίβωνονται συσκευές όπως πηγές λείζερ, πρότυπα μήκους και γωνίας και πραγματοποιείται προσδιορισμός της γεωμετρίας αντικειμένων

Εργαστήριο ακουστικής και δονήσεων

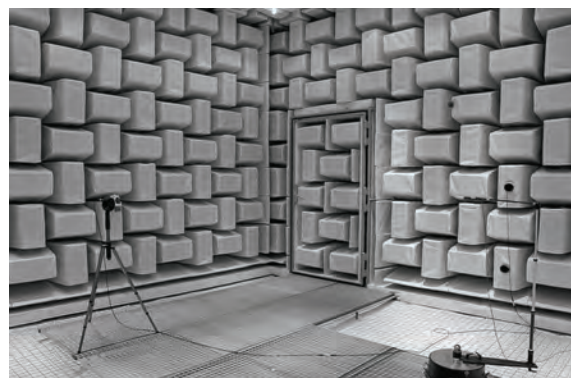
Υλοποιούνται οι μονάδες της πίεσης ήχου (dB) και της επιτάχυνσης (m/s²)

Εξοπλισμός σε πρωτεύον επίπεδο

Διακρίβωση προτύπων και συσκευών μέτρησης ήχου και δονήσεων

Εργαστήριο οπτικής και φωτομετρίας

Στο εργαστήριο υλοποιούνται οι μονάδες της έντασης της φωτεινής ακτινοβολίας πηγής (cd), της φωτεινής ροής πηγής (Lm) και του φωτισμού επιφάνειας (Lux). Διακρίβωνονται συσκευές όπως ανιχνευτές φωτός, φωτόμετρα και φωτεινές πηγές.



Στη **Διεύθυνση μηχανικών μεγεθών** υπάγονται 6 εργαστήρια:

- Το εργαστήριο μάζας
- Το εργαστήριο πυκνότητας
- Το εργαστήριο πίεσης
- Το εργαστήριο δύναμης
- Το εργαστήριο ροής
- Το εργαστήριο όγκου

Εργαστήριο μάζας

Στο εργαστήριο υλοποιείται η μονάδα μάζας σε πρωτεύον επίπεδο και διακριβώνονται πρότυπα βάρη.

Εργαστήριο πυκνότητας

Στο εργαστήριο υλοποιείται η μονάδα της πυκνότητας με μια πειραματική διάταξη υδροστατικής ζύγισης μιας σφαίρας μονοκρυσταλλικού πυριτίου μάζας 1 kg και διαμέτρου περίπου 93 mm (Αρχή του Αρχιμήδη). Στο εργαστήριο διακριβώνονται ψηφιακά όργανα μέτρησης πυκνότητας υγρών και αραιόμετρα.

Εργαστήριο πίεσης

Στο εργαστήριο υλοποιείται η μονάδα της πίεσης σε δευτερεύον επίπεδο. Διακριβώνονται ζυγοί πίεσης (deadweight testers, ball gauges), ψηφιακά και αναλογικά όργανα μέτρησης απόλυτης και σχετικής πίεσης και αισθητήρια μέτρησης κενού.

Εργαστήριο δύναμης

Υλοποιείται η μονάδα δύναμης με νεκρό φορτίο σε πρωτεύον επίπεδο και διακριβώνονται δυναμοκυψέλες.

Εργαστήριο ροής

Στο εργαστήριο υλοποιούνται σε πρωτεύον επίπεδο το μέγεθος της ροής αερίων ογκομετρικά και αυτό της ροής υγρών βάσει της αρχής της δυναμικής ζύγισης ρέοντος υγρού.

Διακριβώνονται βασικοί τύποι ροομέτρων αερίων (τουρμπίνας, διαφραγματικών, περιστροφικών κ.α.) και ροομέτρων υγρών (τουρμπίνας, Coriolis, θετικής μετατόπισης κ.α.)

Εργαστήριο όγκου

Στο εργαστήριο υλοποιείται η μονάδα όγκου με πρότυπα σιφώνια και διακριβώνονται ογκομετρικά δοχεία, εργαστηριακός ογκομετρικός εξοπλισμός και δεξαμενές.

Εκτός από τις υπηρεσίες διακρίβωσης και μετρολογικών συμβουλών, δύο άλλοι τομείς ενδιαφέροντος του ΕΙΜ είναι



αφενός η δημιουργία εγχώριας μετρολογικής κουλτούρας και αφετέρου η ανάπτυξη της μετρολογικής έρευνας στην Ελλάδα, μέσα από στενή συνεργασία με τα εκπαιδευτικά και ερευνητικά ιδρύματα της

χώρας. Τα τελευταία δέκα χρόνια στα εργαστήρια του ΕΙΜ έχουν πραγματοποιηθεί τμήματα διπλωματικών και πτυχιακών εργασιών φοιτητών των ΑΕΙ και ΤΕΙ. Με τον τρόπο αυτό το προσωπικό του ΕΙΜ στοχεύει στην εκπαίδευση των φοιτητών στις βασικές αρχές της μετρολογίας και στην εξοικείωσή τους με τις πλέον συνηθισμένες τεχνικές και πρακτικές των μετρήσεων. Επίσης, το ΕΙΜ συμμετέχει στο Ευρωπαϊκό Μετρολογικό Πρόγραμμα, το οποίο θα ξεκινήσει στο τέλος του 2009 και θα χρηματοδοτηθεί από την ΕΕ. Ήδη έχει αναπτύξει συνεργασίες με Τμήματα του ΑΠΘ και του ΕΜΠ, καθώς και με εργαστήρια του ΕΚΕΦΕ “Δημόκριτος”. Στόχος είναι, μέσα από την ανταλλαγή απόψεων και ιδεών, να αναπτυχθούν πρωτότυπες τεχνικές μέτρησης, οι οποίες θα αποτελέσουν είτε τη βάση ευρωπαϊκών κατευθυντηρίων οδηγιών, είτε ένα τμήμα της έρευνας που πραγματοποιείται διεθνώς για την ανάπτυξη νέων προτύπων μέτρησης.

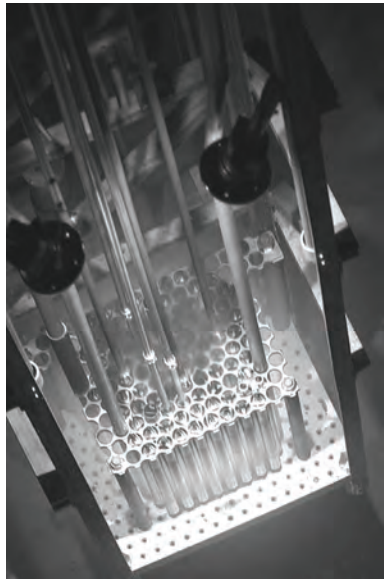
Δρ Ειρήνη Φλουδά

*Απόφοιτος του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.
Δ/τρια Δ/νσης Ηλεκτρικών Μεγεθών Ε.Ι.Μ.*



Ο Pavel Alekseyevich Cherenkov γεννήθηκε σε ένα μικρό χωριό της επαρχίας Voronezh της Ρωσίας, το Novaya Chigla, από γονείς γεωργούς, στις 28 Ιουλίου του 1904. Έλαβε το πτυχίο του από τη Φυσικομαθηματική Σχολή του Πανεπιστημίου του Voronezh το 1928 και δύο χρόνια αργότερα διορίστηκε ως ερευνητής στο Ινστιτούτο Φυσικής P.N. Lebedev της Σοβιετικής Ακαδημίας Επιστημών. Το 1940 τιμήθηκε με το βαθμό του διδάκτορα των Φυσικομαθηματικών Επιστημών και το 1953 ανήλθε στη βαθμίδα του καθηγητή της Πειραματικής Φυσικής.

Η ερευνητική εργασία που τον έκανε διάσημο αφορά την ανακάλυψη της **ακτινοβολίας Cherenkov** στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Εργαζόμενος στο Ιν-



Τα ραδιενεργά υλικά στην καρδιά των πυρηνικών αντιδραστήρων ύδατος δίνουν ένα απόκοσμο γαλάζιο φως λόγω του φαινομένου Cherenkov, που συμβαίνει όταν φορτισμένα σωματίδια της ραδιενεργού ακτινοβολίας διασχίζουν το νερό. Στην εικόνα, οι ράβδοι του σχάσιμου υλικού, φωτίζονται από το φως Cherenkov στον πυρηνικό αντιδραστήρα Penn State's Breazeale Reactor.

στιτούτο Lebedev της Μόσχας για την διδακτορική του διατριβή, υπό την επίβλεψη του Sergei Vavilov, ανέλαβε να μελετήσει τον μηχανισμό με τον οποίο παράγεται γαλάζιο φως όταν ραδιενεργές ουσίες, όπως ένα κομμάτι ραδίου, είναι βυθισμένες σε κάποιο υγρό, π.χ. σε νερό. Η πρώτη παρατήρηση του φωτός αυτού έγινε όταν ένα μπουκάλι με νερό είχε αφεθεί δίπλα σε ραδιενεργά υλικά.

Οι λεπτομερείς παρατηρήσεις του μυστηριώδους φωτός από τον Cherenkov (που γινόταν σε σκοτεινό δωμάτιο και αφού ο παρατηρητής είχε προετοιμαστεί παραμένοντας στο σκοτάδι για αρκετή ώρα) έδειξαν ότι η αρχική υπόθεση, δηλαδή ότι επρόκειτο για φως φθορισμού, δεν ευσταθούσε, αφού το φως είναι ουσιαστικά ανεξάρτητο από το είδος του υγρού. Το τελικό συμπέρασμα ήταν ότι το φως παράγεται κυρίως από τα ταχεία ηλεκτρόνια της ραδιενεργού ακτινοβολίας.

Η θεωρητική ερμηνεία του φαινομένου δόθηκε το 1937 από τους Ilya Frank and Igor Tamm του πανεπιστημίου της Μόσχας, οι οποίοι εξήγησαν ότι η ακτινοβολία Cherenkov εκπέμπεται από τα φορτισμένα σωματίδια που κινούνται μέσα σε διηλεκτρικό μέσο με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός στο μέσον. Πρόκειται δηλαδή για κάτι αντίστοιχο του κύματος που δημιουργεί σκάφος καθώς κινείται στην επιφάνεια του νερού, με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα των επιφανειακών κυμάτων στο νερό, ή του κρουστικού κύματος που δημιουργούν τα υπερηχητικά αεροπλάνα.



Pavel Alekseyevich Cherenkov

Το 1958 οι Cherenkov, Frank και Tamm τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel “για την ανακάλυψη και την ερμηνεία του φαινομένου Cherenkov”. Ο Vavilov είχε πεθάνει νωρίτερα και έτσι δεν πρόλαβε να τιμηθεί και αυτός με το βραβείο Nobel. Είχε τιμηθεί όμως το 1946, με το κρατικό βραβείο Stalin, μαζί με τους Cherenkov, Frank και Tamm.

Εκτός της εργασίας του για το φαινόμενο που φέρει το όνομά του, ο Cherenkov εργάστηκε ερευνητικά και στην ανάπτυξη και κατασκευή επιταχυντών ηλεκτρονίων, καθώς και στη μελέτη φωτο-πυρηνικών και φωτο-μεσονικών αντιδράσεων. Το 1970 έγινε μέλος της Σοβιετικής Ακαδημίας Επιστημών. Απεβίωσε στη Μόσχα, στις 6 Ιανουαρίου του 1990.

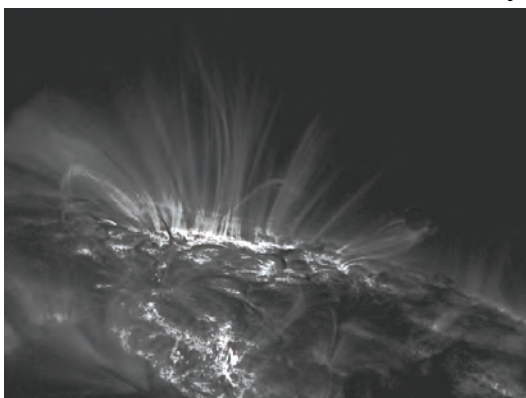


Αναστάσιος Λιόλιος
Αν. Καθηγητής Τμ. Φυσικής

Ανίχνευση κοσμικών σωματιδίων υψηλής ενέργειας με τηλεσκόπια ακτινοβολίας Cherenkov

Κοσμική ακτινοβολία και ατμοσφαιρικοί καταιγισμοί σωματιδίων

Βίαια φαινόμενα στον Ήλιο, στον Γαλαξία αλλά και πολύ πέρα από αυτόν, εκτοξεύουν συνεχώς στο διάστημα σωματίδια τόσο υψηλής ενέργειας που μπορεί να ξεπερνά την ενέργεια των σωματιδίων των σύγχρονων επιταχυντών κατά πολλές τάξεις μεγέθους. Για παράδειγμα, έχουν ανιχνευθεί κοσμικά σωματίδια με ενέργεια που φτάνει και τα $3 \cdot 10^{20}$ eV, ενώ η ενέργεια των πρωτονίων στον επιταχυντή LHC του CERN προβλέπεται να φτάνει “μόλις” στα $7 \cdot 10^{12}$ eV!



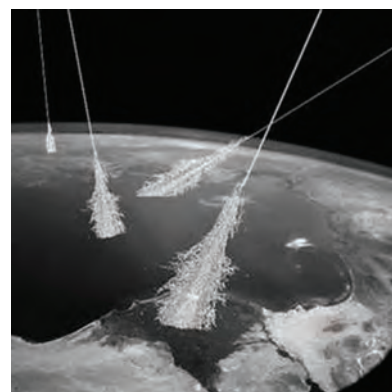
Τα κοσμικά σωματίδια που φτάνουν στη γη, κινούνται στην ατμόσφαιρά της ως σχετικιστικά ιονιστικά σωματίδια, μέχρι να χτυπήσουν σε κάποιον από τους πυρήνες των συστατικών του αέρα. Κατά την πρόσκρουση παράγονται δεκάδες δευτερογενή σωματίδια υψηλής ενέργειας, τα περισσότερα από τα οποία είναι πιόνια π^+ , π^- και π^0 . Έχοντας και αυτά μεγάλη ενέργεια, παράγουν με συγκρούσεις νέα δευτερογενή σωματίδια δημιουργώντας αδρονικούς καταιγισμούς. Όποια από τα σωματίδια είναι ασταθή, διασπώνται σε άλλα σωματίδια ή σε ακτινοβολία γάμμα. Τα φωτόνια ή ηλεκτρόνια που παράγονται προκαλούν δευτερογενή ηλεκτρόνια και φωτόνια μέσω της ακτινοβολίας πέδησης και της δίδυμης γένεσης, δημιουργώντας έτσι ηλεκτρομαγνητικούς καταιγισμούς. Ο αριθμός των σωματιδίων πολλαπλασιάζεται ταχέως, με ταυτόχρονη μείωση της ενέργειάς τους,

έως ότου αυτή γίνει τόσο μικρή ώστε να μην μπορούν να παραχθούν νέα σωματίδια. Τα φορτισμένα σωματίδια που παράγονται σε αφθονία από τους ηλεκτρομαγνητικούς καταιγισμούς είναι τα ηλεκτρόνια, αρνητικά και θετικά ($e^\pm$).

Αυτό που συνολικά δημιουργείται από ένα κοσμικό σωματίδιο πολύ μεγάλης ενέργειας λέγεται **ατμοσφαιρικός καταιγισμός** (Air Shower). Το μέγεθος και η έκταση του καταιγισμού εξαρτώνται κυρίως από την ενέργεια του αρχικού κοσμικού σωματιδίου αλλά και από το είδος του. Το μέτωπο του ατμοσφαι-

ρικού καταιγισμού έχει τη μορφή ενός δισκοειδούς σμήνους από σχετικιστικά σωματίδια, η διάμετρος του οποίου αυξάνεται καθώς διασχίζει την ατμόσφαιρα με την ταχύτητα σχεδόν του φωτός. Η διεύθυνση κίνησης του μετώπου είναι η ίδια με την διεύθυνση του αρχικού κοσμικού σωματιδίου που προκάλεσε τον καταιγισμό. Το σμήνος σωμα-

τιδίων είναι πολύ πυκνότερο στο κέντρο του, όπου παράγονται συνεχώς νέα σωματίδια τα οποία και διασπείρονται βαθμιαία προς τα έξω. Ο άξονας του καταιγισμού αποτελείται κυρίως από αδρόνια: ελαφρείς πυρήνες, πρωτόνια, νετρόνια, πιόνια, καόνια, ήτα, κ.λ.π., τα οποία αποτελούν την αδρονική συνιστώσα του καταιγισμού. Μόνο όταν το πρωτογενές κοσμικό σωματίδιο είναι ένα φωτόνιο, ηλεκτρόνιο ή ποζιτρόνιο υψηλής ενέργειας, ο καταιγισμός αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από γ , e^+ και e^- χωρίς καθόλου αδρόνια (ηλεκτρομαγνητικός καταιγισμός). Οι αλληλεπιδράσεις των αδρονίων με τον αέρα και οι διασπάσεις όσων είναι ασταθή παράγουν πολλά ελαφρύτερα σωματίδια που αποκλίνουν περισσότερο από την αρχική κατεύθυνση και τροφοδοτούν το υπόλοιπο σμήνος του καταιγισμού. Από αυτά, τα γ , e^+ και e^- αποτελούν την ηλεκτρομαγνητική συνι-



στώσα του καταιγισμού, ενώ τα μ^+ και μ^- αποτελούν την μιονική συνιστώσα του καταιγισμού.

Ο πολλαπλασιασμός των σωματιδίων σταματά και η ανάπτυξη του καταιγισμού τερματίζεται όταν η ενέργεια γίνει τόσο μικρή ώστε να μην μπορούν να παραχθούν νέα σωματίδια. Ο αριθμός των σωματιδίων φτάνει τότε στο μέγιστό του. Π.χ. ένας καταιγισμός από κοσμικό σωματίδιο αρχικής ενέργειας 10^{18} eV, που φτάνει στο μέγιστο σε βάθος περί τα 750 g/cm² (ή σε υψόμετρο 3000 m), έχει περί τα 10^9 φορτισμένα σωματίδια στο μέγιστο. Κατόπιν ο καταιγισμός φθίνει επειδή συμβαίνει απορρόφηση της εναπομένουσας ενέργειας των φορτισμένων σωματιδίων από την ατμόσφαιρα με ιονισμούς και διεγέρσεις.

Ο αριθμός των σωματιδίων του καταιγισμού φθίνει μετά το μέγιστο αλλά δεν μηδενίζεται, επειδή πάντα κάποια από τα σωματίδια του καταιγισμού (π.χ. τα μίονια) δεν απορροφώνται αλλά συνεχίζουν και φτάνουν μέχρι το έδαφος όπου και μπορούν να ανιχνευτούν. Όταν το μέτωπο του καταιγισμού φτάσει στο έδαφος μπορεί να έχει εμβαδό της τάξης χιλιάδων m² (εξαρτώμενο βεβαίως από την αρχική ενέργεια), ενώ πάχος μόλις 1 m. Για να φτάνει μέχρι το έδαφος η ανάπτυξη ενός ατμοσφαιρικού καταιγισμού θα πρέπει η ενέργεια του αρχικού σωματιδίου να είναι πάνω από 10^{14} eV. Τότε μιλάμε για **εκτεταμένο ατμοσφαιρικό καταιγισμό** (Extensive Atmospheric Air Shower, EAS).

Ακτινοβολία Cherenkov

Η ακτινοβολία Cherenkov εκπέμπεται όταν φορτισμένο σωματίδιο διέλθει μέσα από διηλεκτρικό μέσο με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός στο μέσον.

Αν v είναι η ταχύτητα του φορτισμένου σωματιδίου και v_ϕ είναι η ταχύτητα του φωτός στο διηλεκτρικό μέσον, τότε θα πρέπει:

$$v \geq v_\phi$$

από την οποία προκύπτει ότι η συνθήκη εκπομπής ακτινοβολίας Cherenkov είναι:

$$v \geq v_\phi \Rightarrow \frac{v}{c} \geq \frac{v_\phi}{c} \Rightarrow \beta \geq \frac{1}{n}$$

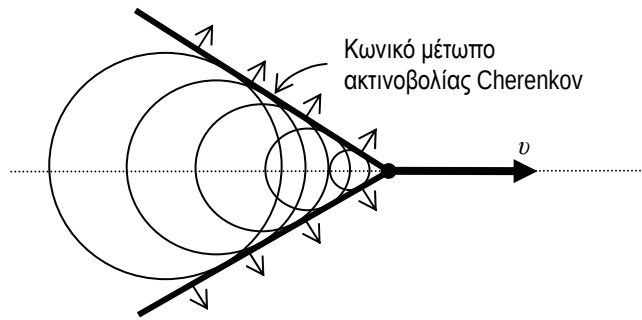
όπου $n = c/v_\phi$ ο δείκτης διάθλασης του διηλεκτρικού μέσου και $\beta = v/c$ η ανηγμένη ταχύτητα του σωματιδίου. Άρα, η ταχύτητα κατωφλίου που πρέπει να έχει ένα φορτισμένο σωματίδιο για να παράγει φως Cherenkov, είναι:

$$\beta_{\min} = \frac{1}{n}$$

Για τον αέρα: $n = 1.000283$ άρα: $\beta_{\min} = 0.9997$

Η ακτινοβολία Cherenkov εκπέμπεται κωνικά, με άξονα συμμετρίας την τροχιά του σωματιδίου. Η γωνία θ που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης εκπομπής της ακτινοβολίας Cherenkov και της τροχιάς του σωματιδίου μπορεί να βρεθεί από τον λόγο της ταχύτητας του φωτός $v_\phi = c/n$ στο μέσο, προς την ταχύτητα v του σωματιδίου:

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$



Σχήμα: Ο κώνος της ακτινοβολίας Cherenkov δημιουργείται από την εποικοδομητική συμβολή των επιμέρους φωτεινών κυμάτων και αποτελεί ισοφασική επιφάνεια.

Για δεδομένο μέσο, η γωνία εκπομπής θ εξαρτάται μόνο από την ταχύτητα του σωματιδίου.

Για τη μέγιστη οριακά ταχύτητα: $\beta_{\max} = 1$, έχουμε συγκεκριμένη μέγιστη γωνία:

$$\beta = \beta_{\max} = 1 \Rightarrow (\cos \theta)_{\min} = \frac{1}{n} \Rightarrow$$

$$\theta = \theta_{\max} = \arccos\left(\frac{1}{n}\right)$$

Έτσι, για τον αέρα: $\beta_{\min} = 0.9997$ (για $\theta = 0$) και $\theta_{\max} = 1.36^\circ$ (για $\beta = 1$).

Παρατηρούμε ότι η εκπομπή φωτός Cherenkov στον αέρα γίνεται πρόσω (forward), δηλαδή κατά την διεύθυνση κίνησης του σωματιδίου.

Ανίχνευση των καταιγισμών

Η διέλευση του σμήνους των σχετικιστικών σωματιδίων ενός καταιγισμού μέσα από την ατμόσφαιρα, εκτός από την πληθώρα σωματιδίων που δημιουργεί, παράγει επίσης και φως, στο ορατό ή στο υπεριώδες (UV). Αυτό γίνεται με την **παραγωγή ακτινοβολίας Cherenkov** και με την **εκπομπή ακτινοβολίας φθορισμού** από τα άτομα και μόρια του αέρα που έχουν διεγερθεί. Η ακτινοβολία Cherenkov εκπέμπεται στα ορατά μήκη κύματος, με τη μορφή δέσμης σχεδόν παράλληλης με την κατεύθυνση κίνησης του καταιγισμού. Αντίθετα, η εκπομπή της ακτινοβολίας φθορισμού (στο υπεριώδες) γίνεται ισότροπα.

Η εκπομπή ακτινοβολίας Cherenkov και ακτινοβολίας φθορισμού έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον γιατί αυτοί οι μηχανισμοί χρησιμοποιούνται

κυρίως για την ανίχνευση των κοσμικών σωματιδίων εξαιρετικά υψηλών ενεργειών. Η αδυναμία ανίχνευσης των σωματιδίων αυτών με άμεσο τρόπο οφείλεται στο ότι ο ρυθμός έλευσης των σωματιδίων πολύ μεγάλης ενέργειας είναι πολύ μικρός, οπότε η άμεση ανίχνευσή τους από ανιχνευτικές διατάξεις στοιχειωδών σωματιδίων καθίσταται εντελώς απίθανη. Για παράδειγμα, ένας ανιχνευτής με εμβαδό 1 m^2 σε τροχιά γύρω από τη γη θα μετρούσε στη διάρκεια ενός έτους μόνο 1 σωματίδιο ενέργειας πάνω από 10^{16} eV , ενώ θα χρειαζόταν διάρκεια 1 εκατομμυρίου ετών για να μετρήσει 1 σωματίδιο ενέργειας πάνω από 10^{19} eV .

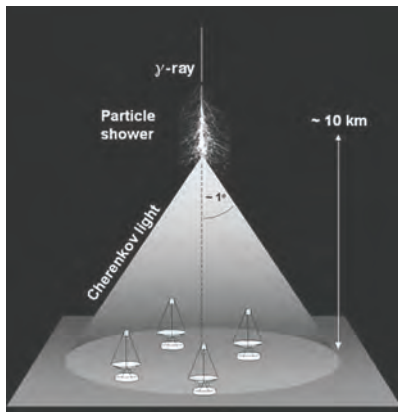
Τα οπτικά πειράματα ανίχνευσης της κοσμικής ακτινοβολίας χρησιμοποιούν μεγάλα κάτοπτρα με τα οποία μπορεί να ανιχνευτούν μεγάλοι αλλά και σχετικά μικροί καταιγισμοί, της τάξης των 10^{12} eV . Τα πειράματα

αυτά μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά μόνο σε καθαρές ανέφελες νύκτες, χωρίς σελήνη και μακριά από την ανθρώπινη φωτορύπανση. Παράδειγμα πειραμάτων ανίχνευσης καταιγισμών μέσω της ακτινοβολίας Cherenkov είναι το HESS, το VERITAS και το MAGIC.

Ανίχνευση των κοσμικών ακτίνων γάμμα με τηλεσκόπια Cherenkov

Η ανίχνευση της ακτινοβολίας Cherenkov που δημιουργείται από τους καταιγισμούς σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, είναι η κύρια πειραματική μέθοδος της **αστρονομίας ακτίνων γάμμα υψηλών ενεργειών** (high energy gamma-ray astronomy), ενός ραγδαίως αναπτυσσόμενου κλάδου της Αστροσωματιδιακής Φυσικής.

Ένα μεγάλο μέρος της ροής των κοσμικών ακτίνων γάμμα δεν φαίνεται να προέρχεται από συγκεκριμένη



κατεύθυνση της ουράνιας σφαίρας, αλλά αποτελεί ένα διάχυτο υπόστρωμα με συνεχές φάσμα. Μεγαλύτερη ένταση το υπόστρωμα αυτό έχει προς το επίπεδο του γαλαξιακού δίσκου. Υπάρχουν όμως και ακτίνες γάμμα με ακόμη μεγαλύτερη ένταση που προέρχονται από συγκεκριμένες περιοχές. Αυτές συνήθως συμπίπτουν με πυκνές περιοχές αστρικής ύλης όπου συμβαίνουν βίαια φαινόμενα, όπως είναι το κέντρο του Γαλαξία. Έντονη ακτινοβολία-γ εκπέ-

μπουν επίσης και διάκριτες πηγές, όπως αστέρες νετρονίων, κατάλοιπα υπερκαινοφανών, AGNs, κβάζαρς κλπ.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που έχει η μελέτη των κοσμικών ακτίνων γάμμα έναντι της μελέτης της κοσμικής ακτινοβολίας φορτισμένων σωματιδίων, είναι ότι τα φωτόνια (όπως και τα νετρίνα) μπορούν να δείξουν τη διεύθυνση στην οποία βρίσκεται η πηγή από την οποία προήλθαν. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι ηλεκτρικώς ουδέτερα και επομένως κινούνται χωρίς επηρεασμό από τα μαγνητικά πεδία του γαλαξία, του ήλιου ή της γης. Αντίθετα, τα φορτισμένα σωματίδια των κοσμικών ακτίνων υφίστανται συνεχώς απόκλιση στις τροχιές τους καθώς κινούνται μέσα στο γαλαξιακό μαγνητικό πεδίο ή σε άλλα μαγνητικά πεδία, με αποτέλεσμα να φθάνουν στη γη σχεδόν ισότροπα και έτσι δεν παρέχουν πληροφορία για την αρχική τους κατεύθυνση.

Η ροή των κοσμικών ακτίνων γάμμα είναι εξαιρετικά χαμηλή, μικρότερη κατά παράγοντα περίπου 10^{-4} από τη ροή των κοσμικών ακτίνων και μειώνεται εκθετικά με την ενέργεια τους. Η σπανιότητά τους σε σχέση με τις κοσμικές ακτίνες (οι οποίες αποτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από φορτισμένα αδρόνια), απαιτεί την αποτελεσματική απόρριψη του αδρονικού υποστρώματος από τις μετρήσεις.

Για ενέργειες κάτω των 10 GeV, η ανίχνευση των κοσμικών ακτίνων γάμμα γίνεται με ανιχνευτές τοποθετημένους σε δορυφόρους, στους οποίους η απόρριψη του αδρονικού υποστρώματος πραγματοποιείται εύκολα και αποδοτικά με καταμετρητές σπινθηρισμών οι οποίοι δίνουν (απορριπτικό) σήμα για κάθε φορτισμένο σωματίδιο που διέρχεται από αυτούς (veto counters). Για ενέργειες, όμως, πάνω από 10 GeV, η αστρονομία ακτίνων γάμμα δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με ανιχνευ-

Ηλεκτρομαγνητικός καταιγισμός

Ένα φωτόνιο ή ηλεκτρόνιο υψηλής ενέργειας που προσπίπτει σε κάποιο υλικό, προκαλεί ένα καταιγισμό από δευτερογενή ηλεκτρόνια και φωτόνια μέσω ακτινοβολίας πέδησης και διδυμής γένεσης. Καθώς προχωρά η ανάπτυξη του καταιγισμού όλο και βαθύτερα μέσα στο υλικό, ο αριθμός των δημιουργούμενων δευτερογενών σωματιδίων αυξάνεται, ενώ η μέση ενέργειά τους μειώνεται. Ο πολλαπλασιασμός των σωματιδίων σταματά όταν η ενέργειά τους πέσει κάτω από την κρίσιμη ενέργεια E_{crit} . Η τελική απορρόφηση της ενέργειας γίνεται με ιονισμούς και διεγέρσεις.

Ένα απλοποιημένο μοντέλο ηλεκτρομαγνητικού καταιγισμού που δημιουργεί π.χ. ένα σωματίδιο γ υψηλής αρχικής ενέργειας E_0 , έχει ως εξής: το αρχικό γ παράγει με διδυμη γένεση ένα e^+ και ένα e^- , τα οποία, εφόσον έχουν υψηλή ενέργεια, παράγουν με πέδηση νέα γ . Αυτά και πάλι με διδυμη γένεση παράγουν νέα e^+ και ένα e^- και έτσι η παραγωγή νέων σωματιδίων γ , e^+ και e^- , συνεχίζεται δημιουργώντας έναν ηλεκτρομαγνητικό καταιγισμό. Μπορούμε χοντρικά να θεωρήσουμε το μήκος ακτινοβολίας X_0 ως το μήκος μέσα στο οποίο γίνεται η παραγωγή μιας γενιάς ηλεκτρονίων από φωτόνια ή μιας γενιάς φωτονίων από ηλεκτρόνια. Στον ηλεκτρομαγνητικό καταιγισμό λοιπόν το μήκος ακτινοβολίας X_0 μπορεί να θεωρηθεί ως το μήκος γενιάς.

Σε κάθε γενιά, ο αριθμός των σωματιδίων διπλασιάζεται. Έτσι, στην γενιά t ο αριθμός των σωματιδίων θα έχει γίνει $n(t) = 2^t$ με ενέργεια ανά σωματίδιο (κατά μέσο όρο):

$$E(t) = \frac{E_0}{n(t)} = \frac{E_0}{2^t}$$

Η συνεχής μείωση της ενέργειας και η αύξηση του αριθμού των σωματιδίων σταματά πρακτικά, σε κάποια γενιά $t = t_{max}$, όταν η ενέργεια ανά σωματίδιο γίνει περίπου ίση με την κρίσιμη ενέργεια $E(t_{max}) = E_{crit}$, δηλαδή στον αέρα περίπου 100 MeV. Άρα στην τελευταία γενιά έχουμε:

$$E(t_{max}) = \frac{E_0}{2^{t_{max}}} = E_{crit} \approx 100 \text{ MeV}$$

οπότε:

$$t_{max} = \frac{1}{\ln 2} \ln \frac{E_0}{E_{crit}}$$

Έτσι π.χ. για αρχική ενέργεια $E_0 = 10 \text{ GeV}$ παράγονται μετά από $t_{max} = \ln 100 / \ln 2 \approx 6.6$ γενιές, $n = 2^{6.6} \approx 100$ σωματίδια, με μέση ενέργεια ανά σωματίδιο $E \approx E_0 / 100 = 100 \text{ MeV}$ (αναμενόμενο). Για αρχική ενέργεια $E_0 = 10^5 \text{ GeV}$ παράγονται μετά από $t_{max} = \ln 10^6 / \ln 2 \approx 20$ γενιές, $n = 2^{20} = 10^6$ σωματίδια.

Τα ηλεκτρόνια της τελευταίας γενιάς στον αέρα έχουν λοιπόν μέση ενέργεια $E_{crit} \approx 100 \text{ MeV}$, την οποία χάνουν

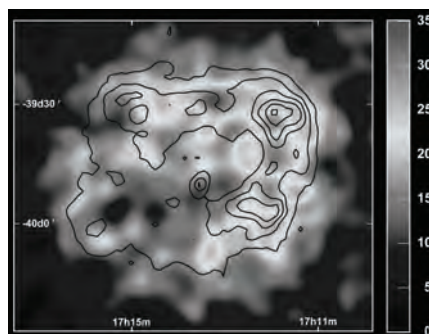
τές τοποθετημένους σε τροχιά, επειδή οι ροές όλων των πιθανών πηγών ακτίνων γάμμα είναι πολύ χαμηλές για να μπορέσουν να ανιχνευθούν από ανιχνευτικές επιφάνειες της τάξης του τετραγωνικού μέτρου, που είναι οι τυπική διάσταση των ανιχνευτών σε δορυφόρους.

Η ανίχνευση των καταιγισμών στην ατμόσφαιρα είναι το πιο πρόσφορο φαινόμενο για την ανίχνευση των κοσμικών ακτίνων γάμμα υψηλών ενεργειών. Χρησιμοποιούμε δηλαδή την ατμόσφαιρα ως το πρώτο μέρος της ανιχνευτικής μας διάταξης. Η μεγάλη πλειοψηφία των δημιουργούμενων στους καταιγισμούς φορτισμένων σωματιδίων είναι τα ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια ($e^\pm$). Είναι γνωστό ότι όταν φορτισμένα σωματίδια κινούνται μέσα σε διηλεκτρικό μέσο, όπως ο αέρας, με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ταχύτητα φάσης του φωτός στο μέσον, εκπέμπεται ακτινοβολία Cherenkov. Επειδή η πυκνότητα του αέρα (άρα και ο δείκτης διάθλασης)

αλλάζει με το ύψος μέσα στην ατμόσφαιρα, το ελάχιστο όριο ταχύτητας των σωματιδίων για να εκπέμπουν ακτινοβολία Cherenkov αλλάζει επίσης βαθμιαία καθώς το σωματίδιο κινείται προς μεγαλύτερα ατμοσφαιρικά βάθη. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τη γωνία εκπομπής Cherenkov. Π.χ. ενώ στην επιφάνεια της θάλασσας ο δ.δ. είναι 1.00029 ή $1+29 \times 10^{-5}$, σε υψόμετρο 2 km ο δ.δ. είναι $1+22 \times 10^{-5}$, σε υψόμετρο 10 km ο δ.δ. είναι $1+0.71 \times 10^{-5}$ και σε υψόμετρο 30 km, ο δ.δ. είναι $1+42 \times 10^{-8}$. Αυτό συνεπάγεται ότι το όριο ταχύτητας ηλεκτρονίων και η

γωνία εκπομπής Cherenkov μεταβάλλονται, από 175 MeV και 0.17° στα 30 km, σε 24 MeV και 1.2° στα 2 km.

Σε έναν ηλεκτρομαγνητικό καταιγισμό τα περισσότερα σωματίδια με $\beta > \beta_{\min}$, κινούνται σε τροχιές πολύ κοντινές με τον άξονα του καταιγισμού και επομένως η περιοχή επί του εδάφους μέσα στην οποία συγκεντρώνεται το φως Cherenkov είναι περίπου κοινή για όλα τα σωματίδια του καταιγισμού. Η περιοχή αυτή είναι, για κατακόρυφο καταιγισμό, ένας δακτύλιος με εσωτερική ακτίνα περί τα 60 m και εξωτερική ακτίνα περί τα 130 m. Από έναν καταιγισμό ολικής ενέργειας 1 TeV, έρχεται ένα φλάς περίπου 1000 φωτονίων μέσα στον δακτύλιο, διάρκειας 1-3 nsec. Ένας ανιχνευτής φωτός, όπως π.χ. ένα τηλεσκόπιο, τοποθετημένο οπουδήποτε μέσα στην περιοχή αυτή, θα ήταν λοιπόν ικανό, κατ' αρχήν, να ανιχνεύσει κοσμικά σωματίδια που έρχονται μέχρι απόσταση



τελικά με ιονισμούς και διεγέρσεις. Τα εναπομένοντα φωτόνια, μετά το μέγιστο του καταιγισμού, απορροφούνται με τον εκθετικό νόμο της απορρόφησης.

Αδρονικός καταιγισμός

Η πρόσπτωση ενός αδρονίου μεγάλης ενέργειας σε κάποιο υλικό, και η αλληλεπίδρασή του με έναν πυρήνα του υλικού μέσω ισχυρών αλληλεπιδράσεων, δημιουργεί έναν **αδρονικό καταιγισμό**. Η ισχυρή αλληλεπίδραση συμβαίνει μόνον όταν το προσπίπτον αδρόνιο "χτυπήσει" κάποιον από τους πυρήνες του υλικού, επειδή η εμβέλεια των ισχυρών αλληλεπιδράσεων είναι πολύ μικρή, της ίδιας τάξης μεγέθους με τους πυρήνες.

Η αλληλεπίδραση με τα νουκλεόνια παράγει κυρίως πιόνια, αλλά και παράδοξα σωματίδια π.χ. καόνια. Τα πιόνια εμφανίζονται με πολύ μεγάλες ενέργειες και διεύθυνση σχεδόν παράλληλη προς αυτήν του προσπίπτοντος σωματιδίου (η κάθετη ορμή τους p_T είναι μικρή, της τάξης των 100 - 200 MeV/c). Τα δευτερογενή σωματίδια μπορούν και αυτά να συγκρουσθούν ισχυρά μέσα στον ίδιο πυρήνα με αποτέλεσμα να παράγεται έτσι ένας εσωτερικός μικρός καταιγισμός.

Ένα άλλο ενδεχόμενο είναι η αποβολή από τον πυρήνα "προϊόντων θρυμματισμού" (spallation fragments) δηλαδή αποβολή συσσωματωμάτων νουκλεονίων. Αυτά είναι στην

ουσία ελαφρείς πυρήνες, ασταθείς ή σταθεροί, πυρήνες οι οποίοι εκπέμπονται σχεδόν ισότροπα από τον αρχικό πυρήνα.

Η απόσταση που διανύεται, κατά μέσο όρο, από ένα αδρόνιο μέχρι να αλληλεπιδράσει ισχυρά με κάποιον πυρήνα, καλείται **μήκος πυρηνικής αλληλεπίδρασης λ** . Το μήκος πυρηνικής αλληλεπίδρασης λ χαρακτηρίζει την κλίμακα της διαμήκους ανάπτυξης των αδρονικών καταιγισμών.

Το λ είναι μεγαλύτερο από το X_0 , ιδιαίτερα στο βαριά στοιχεία, γεγονός που οφείλεται στο ότι η εμβέλεια των πυρηνικών δυνάμεων είναι πολύ μικρότερη από των ηλεκτρομαγνητικών και στο ότι το μέγεθος των πυρήνων αυξάνεται με το $A^{1/3}$ (ενώ η μάζα τους με το A).

Ενώ στους ηλεκτρομαγνητικούς καταιγισμούς το κύριο μέρος της ενέργειας δίνεται σε ιονισμούς, στους αδρονικούς καταιγισμούς μόνο το ένα τρίτο περίπου της ενέργειας δίνεται στο θρυμματισμό των πυρήνων, την εκπομπή νετρονίων-πρωτονίων και σε πυρηνικές διεγέρσεις. Η υπόλοιπη ενέργεια εμφανίζεται ως πιόνια, τα οποία δίνουν το έναυσμα σε αδρονικούς και ηλεκτρομαγνητικούς καταιγισμούς. Η παραγωγή πιονίων συνεχίζεται μέχρι η ενέργεια των αδρονίων να πέσει κάτω από ~ 1 GeV.

από αυτόν 130 m περίπου. Η απόσταση αυτή αντιστοιχεί σε μια ανιχνευτική επιφάνεια της τάξης των 50.000 τετραγωνικών μέτρων.

Η υψηλής απόδοσης ανίχνευση του φωτός Cherenkov σε συνθήκες υψηλού υποστρώματος φωτός από άλλες πηγές, η συσχέτιση της διεύθυνσης των λαμβανομένων φωτονίων για την εύρεση της διεύθυνσης του αρχικού κοσμικού σωματιδίου καθώς και η συσχέτιση του συλλεγόμενου φωτός με την ενέργεια του σωματιδίου, αποτελούν πραγματική πρόκληση για τις σύγχρονες τεχνικές από διάφορους κλάδους της πειραματικής φυσικής του 21^{ου} αιώνα. Για την ανίχνευση κοσμικών ακτίνων γάμμα στην περιοχή ενεργειών 1-10 TeV, η καλύτερη πειραματική διάταξη είναι μια συστοιχία από μεγάλους συλλέκτες φωτός (παραβολοειδή κάτοπτρα) διαμέτρου μερικών μέτρων. Το κάθε κάτοπτρο συγκεντρώνει το φως Cherenkov από τα σωματίδια του ατμοσφαιρικού καταιγισμού, στην "κάμερα", που είναι ένας



πυκνός πίνακας π.χ. ταχέων φωτοπολλαπλασιαστών. Το κάθε σύστημα κατόπτρου-κάμερας έχει ένα οπτικό πεδίο 3-5° ώστε να είναι ικανό ανιχνεύει και τα φωτόνια που έρχονται πλαγίως από τον ατμοσφαιρικό καταιγισμό, που είναι, ούτως ή άλλως, μια μη σημειακή πηγή φωτός στον αέρα.

Στην εικόνα φαίνεται η συστοιχία τεσσάρων συλλεκτών φωτός, διαμέτρου 13 m, του πειράματος HESS, με συνολικό οπτικό πεδίο συστοιχίας 5°. Το HESS είναι εγκαταστημένο στη Ναμίμπια, στην έρημο ενός υψιπέδου στα 1800 m, όπου υπάρχουν πολύ καλές ατμοσφαιρικές συνθήκες παρατήρησης. Μέχρι τώρα το πείραμα έχει ανακαλύψει περισσότερες από 40 πηγές ακτίνων γάμμα που

εκπέμπουν φωτόνια στην περιοχή ενέργειας 100 GeV – 10 TeV, ενώ έχει παρατηρήσει λεπτομερώς και άλλα αντικείμενα στις ακτίνες γάμμα, όπως π.χ. το κέντρο του Γαλαξία.

Το σχεδιαζόμενο Cherenkov Telescope Array (CTA), είναι ένα διεθνές πείραμα επόμενης γενιάς για την ανίχνευση κοσμικών ακτίνων-γ ενέργειας μέχρι μερικές δεκάδες TeV και τον προσδιορισμό των πηγών τους.

Αναστάσιος Λιόλιος
Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής

Πηγές:

www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/
www.auger.org
www.cta-observatory.org
www.magic.mppmu.mpg.de
icthp9.icrr.u-tokyo.ac.jp

● Ημερίδες του Τμήματος

Το Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ. διοργάνωσε την Τετάρτη 27 Μαΐου 2009 ημερίδα με θέμα **"Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κεραιοσυστήματα κινητής τηλεφωνίας"**. Η εκδήλωση πραγματοποιήθηκε στο αμφιθέατρο του Τεχνολογικού Ιδρύματος, και είχε το εξής πρόγραμμα:

10:00-10:20: Χαιρετισμοί

Ιωάννης Σάχαλος

Καθηγητής, Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ.

Γεώργιος Τσαπρούνης

Διευθυντής Εταιρικής Επικοινωνίας, WIND

10:20-10:40: Μέθοδοι μέτρησης και καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον

Θεόδωρος Σαμαράς

Επίκ. Καθηγητής, Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ.

10:40-11:10: Μετρήσεις του επιπέδου της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο περιβάλλον με δίκτυα μετρητών

Αθανάσιος Μανάσας

Φυσικός Ρ/Η, Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ.

11:10-11:40: Μέθοδοι υπολογισμού της έκθεσης του γενικού πληθυσμού σε συστήματα κινητής τηλεφωνίας

Γεώργιος Ζορμπάς

Φυσικός Ρ/Η, Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ.

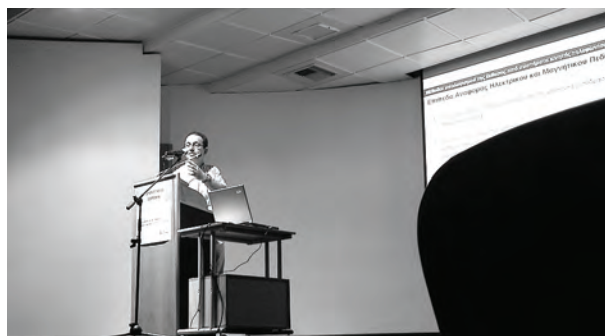
11:40-12:20: Μεθοδολογία υπολογισμού του κοντινού πεδίου από κεραιοσυστήματα κινητής τηλεφωνίας

Απόστολος Νάνος

Φυσικός Ρ/Η, Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών Α.Π.Θ.

12:20-13:00: Ανοικτή συζήτηση

Συντονιστής: καθηγητής Ιωάννης Σάχαλος



Από τη διάλεξη του κ. Θ. Σαμαρά, Επίκουρου Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής.

*Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας,
τα Ορυκτά Καύσιμα και οι Πυρηνικοί Αντιδραστήρες
στο παγκόσμιο παιχνίδι για την ενέργεια*

Το σημείωμα αυτό είναι μια σύνοψη και σαφώς όχι πλήρης αναφορά στις μεθόδους παραγωγής ενέργειας.

Στην Ελλάδα, το καλοκαίρι του 2007, καταφέραμε να ξεπεράσουμε σε ζήτηση τα 10.5 GW. Παρά το ότι έχουμε μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ (~13 GW), υπάρχουν στιγμές που χρειαζόμαστε και εισαγωγές για να καλύψουμε τη ζήτηση, επειδή η ισχύς αυτή δεν είναι διαθέσιμη στο σύνολό της κάθε στιγμή. Αυτή η αυξημένη ζήτηση εμφανίζεται συνήθως τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού, όταν οι πάντες ανάβουν με μανία τα κλιματιστικά τους. Μάλιστα, ιδιαίτερα σε δημόσιες υπηρεσίες, συχνά βλέπουμε να έχουν τον κλιματισμό στο φουλ και ορθάνοιχτες τις τζαμαρίες. Τζάμπα είναι άλλωστε...

Αλλά και πολλοί από εμάς τους λοιπούς, τους εχέφρονες υποτίθεται και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένους πολίτες, βάζουμε το κλιματιστικό μας να κατεβάσει τη θερμοκρασία του χώρου κατά πολλούς βαθμούς, αναγκάζοντάς το έτσι να δουλεύει συνεχώς σε πλήρη ισχύ. Δεν συνειδητοποιούμε ότι και 5-6 βαθμούς να κατεβεί η θερμοκρασία σε σχέση με την εξωτερική, είναι υπεραρκετή διαφορά για να νοιώθουμε καλά. Είναι και καλύτερα μάλιστα, γιατί η υπερβολική διαφορά θερμοκρασίας, μόνο καλό δεν κάνει στην υγεία μας.

Όλα αυτά, τα πέραν της απλής λογικής, δημιουργούν μεγάλο πρόβλημα στο σύστημα παραγωγής και διανομής ενέργειας. Το θέμα είναι τόσο σημαντικό, που θεωρώ ότι ο ίδιος ο εκάστοτε πρωθυπουργός θα έπρεπε να απευθύνει διαγγέλματα όταν φτάνουν οι ημέρες του καύσωνα, για μετρημένη χρήση των κλιματιστικών.

Όχι γενικό και αόριστο διάγγελμα, αλλά συγκεκριμένο: "Ρυθμίστε τα κλιματιστικά σας ώστε να μειώνουν τη θερμοκρασία κατά 5-6 βαθμούς, όχι παραπάνω. Μην ανάβετε ηλεκτρική κουζίνα και θερμοσίφωνα τις μεσημβρινές ώρες". Έτσι γίνεται διαχείριση τέτοιων καταστάσεων. Ή μάλλον, και έτσι. Μέχρι στιγμής, ούτε υπουργός δεν καταδέχτηκε να το κάνει πάντως.

Εξοικονόμηση λοιπόν. Αυτός είναι είναι ο πρώτος και καλύτερος τρόπος "παραγωγής" ενέργειας. Γίνεται με παιδεία, ευαισθητοποίηση, κοινωνική ευθύνη (τα οποία είναι "ουσιώδη εν ανεπαρκεία", εν Ελλάδι). Γίνεται με σωστότερες κατασκευές, μονώσεις, "πράσινες ταράτσες" κλπ κλπ. Γίνεται με θεσμικό πλαίσιο που επιβάλλει ΌΛΑ τα δημόσια κτήρια να κατασκευάζονται ως βιοκλιματικά και κατά το δυνατόν ενεργειακά αυτόνομα. Και που δίνει ισχυρά κίνητρα προς την κατεύθυνση αυτή και για τις ιδιωτικές κατασκευές. Τίς πταίει άραγε που αυτά τα τόσο προφανή και απλά βήματα δεν έχουν γίνει μέχρι σήμερα;

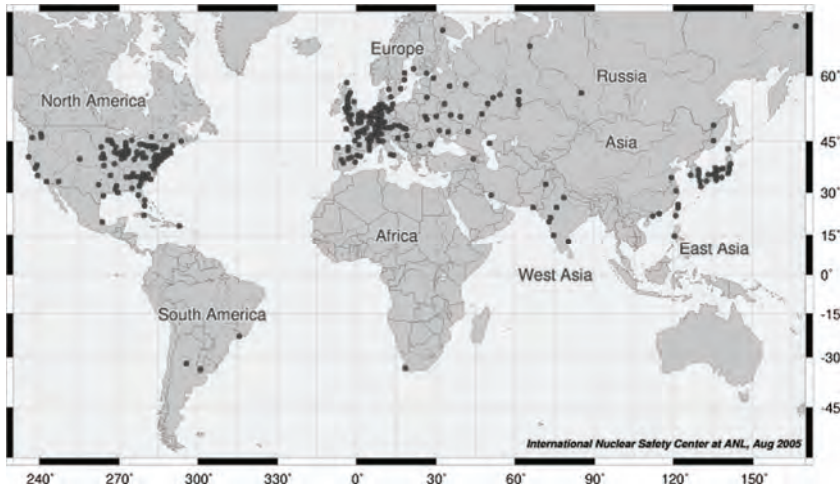
Ας πούμε ότι με τα παραπάνω καλύψαμε την πλευρά αυτή. Και μετά την εξοικονόμηση, τί;

Είναι κοινά αποδεκτό πια ότι οι **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας** (ΑΠΕ) είναι ο καλύτερος για το περιβάλλον τρόπος παραγωγής ενέργειας. Δεν θα συζητήσουμε εδώ τις πηγές αυτές, τα πλεονεκτήματα της παραγωγής ενέργειας με ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά κλπ. είναι γνωστά. Υπάρχει όμως και ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα των ΑΠΕ, που επιβάλλει την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διείσδυσή τους στο σύστημα παραγωγής ενέργειας: η κατανεμημένη παραγω-



γή. Δηλαδή το γεγονός ότι οι πηγές αυτές είναι συνήθως μικρές και κατανεμημένες στη χώρα, οπότε ικανοποιούν τις κοντινές ζητήσεις, χωρίς να χρειάζεται μεταφορά της παραγόμενης ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Ακόμη μειώνονται οι κίνδυνοι εξάρτησης που συνδέονται με κεντρική παραγωγή και που ο καθένας μπορεί να υποθέσει.

Το ερώτημα είναι, τι πρέπει να κάνει η Ελλάδα, που καταναλώνει ενέργεια της τάξης του χιλιοστού της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας; Η απάντηση δεν είναι άλλη από αυτήν που ισχύει για όλους επάνω στον πλανήτη: ό,τι μπορεί. Και αυτό μεταφράζεται σε μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας και παράλληλα αύξηση των ΑΠΕ, ώστε να μειωθεί όσο περισσότερο γίνεται η παραγωγή από κάρβουνο. Μέχρι στιγμής πάντως το αλλοτρώσαλλο θεσμικό πλαίσιο δεν έχει επιτρέψει ουσιαστική διείσδυση των ΑΠΕ στο σύστημα παραγωγής. Ας προστεθεί ότι για μεγάλη αύξηση των ΑΠΕ χρειάζεται διασύνδεση του ηλεκτρικού δικτύου Κρήτης (αλλά σταδιακά και των άλλων νησιών του Αιγαίου) με το ηπειρωτικό δίκτυο. Έτσι θα γλυτώσουμε από τους πετρελαϊκούς σταθμούς των νησιών, που και μεγάλο κόστος έχουν και ρυπογόνοι είναι. Ταυτόχρονα θα καταστεί δυνατή η ενεργειακή εκμετάλλευση του υψηλότατου αιολικού δυναμικού των νησιών μας. Είναι πραγματικά απαραίτητο η ενεργειακή διασύνδεση των νησιών του Αιγαίου να παραμείνει ακόμη στα χαρτιά, εν έτει 2009.



*Κατανομή πυρηνικών αντιδραστήρων στον κόσμο.
Κεντρική Ευρώπη, Ανατολική ακτή των ΗΠΑ και Ιαπωνία ξεχωρίζουν.*

Το κεντρικό ζήτημα που το άρθρο αυτό θέλει να επισημάνει, έχει να κάνει με την διαχείριση του συστήματος παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα (και παντού τελικά). Τεχνικοί λόγοι δεν επιτρέπουν κάλυψη όλων των αναγκών μιας σύγχρονης κοινωνίας μόνο από ΑΠΕ. Τουλάχιστον όσον αφορά τη σημερινή τεχνολογία και του άμεσου μέλλοντος. Ασφαλώς εξοικονόμηση, ασφαλώς ανανεώσιμες (αιολική, φωτοβολταϊκά, θερμικά ηλιακά, υδροηλεκτρικά, γεωθερμία κ.α.), όσο περισσότερο γίνεται. Στο τέλος όμως, για ένα σύστημα που να ισορροπεί την παραγωγή με την ζήτηση, χρειάζεται και παραγωγή από **θερμικές μονάδες**. Των οποίων πηγή ενέργειας μπορεί να είναι είτε το κάρβουνο, είτε το πετρέλαιο, είτε το φυσικό αέριο, είτε η ...ακατονόμαστη ενέργεια (πυρηνική ήθελα να πω).

Πετρέλαιο και φυσικό αέριο σημαίνουν εξάρτηση (εντονότερη για το φυσικό αέριο) από το εξωτερικό. Σημαίνουν ακόμη ρύπανση του περιβάλλοντος (λιγότερη για το φυσικό αέριο). Παρακάμπτοντας δεύτερης τάξης παραμέτρους, θέτουμε και συζητάμε το ερώτημα “κάρβουνο ή πυρηνική ενέργεια;”.

Το **φαινόμενο του θερμοκηπίου**, είναι γνωστό σχεδόν σε όλους. Σε αδρές γραμμές, η ατμόσφαιρα επιτρέπει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας (η οποία θερμαίνει την επι-

φάνεια της Γης), αλλά απορροφά την εκπεμπόμενη από τη Γη υπέρυθρη ακτινοβολία. Η απορρόφηση αυτή αυξάνεται με την αύξηση αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα, οπότε η ενέργεια της υπέρυθρης ακτινοβολίας παγιδεύεται στη Γη και η παγκόσμια θερμοκρασία αυξάνεται. Το αέριο αυτό είναι το προϊόν όλων των καύσεων που περιλαμβάνουν άνθρακα. Για δεδομένη παραγωγή ενέργειας, παράγεται περισσότερο διοξείδιο όταν καίμε κάρβουνο, κάπως λιγότερο όταν καίμε πετρέλαιο και ακόμη λιγότερο όταν καίμε φυσικό αέριο.

Οι συνέπειες του φαινομένου αυτού δεν έχουν γίνει ακόμη κοινή συνείδηση. Με βάση τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα σήμερα, φαίνεται πως προκαλούμε μια αποσταθεροποίηση της ατμόσφαιρας, με συνέπειες που θα είναι βαρύτατες. Η όποια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να προκαλέσει απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου από τις μόνιμα παγωμένες περιοχές της Γης (permafrost), επιτείνοντας ισχυρότατα το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το κακό έρχεται με αργό(;) ρυθμό, αλλά μη αναστρέψιμο (αν δεν αντιδράσουμε άμεσα και έντονα). Σε ό,τι αφορά το φαινόμενο αυτό, καλό είναι να συνειδητοποιήσουμε ότι το κάρβουνο είναι ο βασικός υπαίτιος, ενώ η πυρηνική ενέργεια είναι απολύτως καθαρή.

Στο ερώτημα “κάρβουνο ή πυρηνική ενέργεια;”, η απάντηση δεν είναι εύκολη. Χρειάζεται να δούμε τις παράλληλες δυνητικές συνέπειες και αυτό είναι συνάρτηση της τεχνολογίας σε κάθε περίπτωση.

Για το κάρβουνο δεν χρειάζεται να πούμε πολλά. Ο λιγνίτης που καίμε σε Πτολεμαΐδα–Κοζάνη είναι, λίαν επιεικώς, απαράδεκτος ως καύσιμο. Τα πεδία τύρφης στην περιοχή Δράμας, ακόμα χειρότερα, διότι εκτός της χειρότερης ποιότητας, έχουν και αυξημένη ραδιενέργεια. Οι μονάδες καύσης λιθάνθρακα που επιχειρείται να εισαχθούν στο Ελληνικό σύστημα, πλεονεκτούν ελαφρώς λόγω της μικρότερης ρύπανσης που προκαλούν (παραμένοντας όμως και αυτές εξαιρετικά ρυπογόνες), ενώ εισάγουν το μειονέκτημα της εξάρτησης από το εξωτερικό. Το φυσικό αέριο είναι – με διαφορά – προτιμότερο από τον λιθάνθρακα.

Για τους **πυρηνικούς αντιδραστήρες** τα προβλήματα εστιάζονται σε δύο σημεία: την ασφάλεια και τα πυρηνικά απόβλητα. Αν μιλούσαμε για τεχνολογία τύπου Τσερνομπίλ, με βάση τα δύο παραπάνω σημεία, θα απαντούσα όχι στην πυρηνική ενέργεια. Σήμερα όμως τα δεδομένα είναι άλλα. Ας τα δούμε.

Υπάρχουν τέσσερις γενιές πυρηνικών αντιδραστήρων. Η πρώτη γενιά είναι τα πρώτα πειραματικά συστήματα που κατασκευάστηκαν πριν πολλές δεκάδες χρόνια. Η δεύτερη γενιά είναι η πλειονότητα των αντιδραστήρων που βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία για παραγωγή ενέργειας, οι λεγόμενοι Pressurized Light Water Reactors (PLWR). Πείτε τους αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος υπό πίεση. Χρησιμοποιούν εμπλουτισμένο ουράνιο ως πυρηνικό καύσιμο, άρα χρειάζεται τεχνολογία εμπλουτισμού ουρανίου για την τροφοδοσία τους. Λειτουργούν με πρόκληση σχάσεων (σπάσιμο των πυρήνων του καυσίμου σε δύο μικρότερους, συν 2–3 νετρόνια) από θερμικά, άρα βραδεία, νετρόνια. Παράγουν σημαντικά

ποσά πλουτωνίου-239, από το οποίο παράγεται και μέρος της ενέργειάς τους μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας, αλλά ανακύπτει και ο κίνδυνος χρήσης του για πυρηνικά όπλα. Η ανάκτηση του πλουτωνίου γίνεται με την λεγόμενη μέθοδο PUREX (Plutonium URanium EXtraction).

Οι αντιδραστήρες αυτοί, από το συνολικό ενεργειακό περιεχόμενο των καυσίμων τους, αποδίδουν ένα μικρό ποσοστό, της τάξης του 1%. Ο λόγος είναι ότι αυτό είναι το ποσοστό των πυρήνων που σχάζονται με τα θερμικά νετρόνια, οπότε και παράγεται ενέργεια. Οι υπόλοιποι πυρήνες δεν

τατο μάθημα του Τσερνομπίλ. Δεν είναι όμως ό,τι καλύτερο θα μπορούσαμε να έχουμε σήμερα, ή στο κοντινό μέλλον. Τα συστήματα αυτά είναι της τάξεως του 1 GW και παράγουν περίπου 100 τόνους αποβλήτων κάθε χρόνο. Εκατό τόνοι είναι ασήμαντη ποσότητα σε σχέση με αντίστοιχα νούμερα για σταθμούς που καίνε π.χ. λιγνίτη, αλλά είναι πυρηνικά απόβλητα και η διαχείρισή τους δεν είναι καθόλου απλό πρόβλημα. Με τα σημερινά δεδομένα, θεωρώ ότι οι σταθμοί αυτοί πρέπει σιγά-σιγά να κλείνουν και να μην αντικατασταθούν από άλλους παρόμοιες τεχνολογίας.



σχάζονται (άρα δεν παράγουν ενέργεια) επειδή απαιτούν ενεργειακά νετρόνια, τα οποία όμως στους αντιδραστήρες αυτούς γρήγορα θερμοποιούνται – επιβραδύνονται (τα επιβραδύνει ισχυρά το υδρογόνο του νερού) και παύουν να είναι ενεργειακά. Οι πυρήνες αυτοί μεταστοιχειώνονται με αρπαγές νετρονίων και βήτα διασπάσεις σε βαρύτερους και τελικά συνιστούν το μέγιστο μέρος των πυρηνικών αποβλήτων.

Ένα άλλο πρόβλημα ανακύπτει από την ανάγκη ανακατανομής του καυσίμου σε τακτά χρονικά διαστήματα, πριν αντικατασταθεί εντελώς. Η ανάγκη αυτή είναι συνέπεια του γεγονότος ότι στην κεντρική περιοχή του αντιδραστήρα, το καύσιμο εξαντλείται πολύ πιο γρήγορα από ότι στην περιφέρειά του.

Σε ό,τι αφορά την ασφάλεια των αντιδραστήρων αυτών, μπορούμε να πούμε ότι είναι πλέον πολύ υψηλού επιπέδου, ιδιαίτερα μετά το σκληρό-

Πάμε στους αντιδραστήρες τρίτης γενιάς. Εδώ τα πράγματα είναι σαφώς βελτιωμένα. Ακόμη υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας, καλύτερη απόδοση, καλύτερη διαχείριση καυσίμου με εξασφάλιση της

ομοιογένειάς του, δυνατότητα κατασκευής πιο ευέλικτων μονάδων. Ας μη μείνουμε όμως εδώ.

Ακολουθεί η τέταρτη γενιά αντιδραστήρων, με ακόμη καλύτερα χαρακτηριστικά σε απόδοση, ασφάλεια, έλεγχο. Τυπικό παράδειγμα οι λεγόμενοι Pebble Bed Reactors (PBR). Το καύσιμο εδώ περιέχεται σε σφαίρες σε μέγεθος μπάλας μπιλιάρδου. Χιλιάδες από τις μπάλες αυτές (pebble σημαίνει βότσαλο...), οι οποίες στο εσωτερικό τους περιέχουν πολλά μικρότερα σφαιρίδια καυσίμου, αποτελούν το καύσιμο του αντιδραστήρα. Το μέσο απαγωγής της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από τις σχάσεις είναι αέριο ήλιο και η θερμοκρασία λειτουργίας πολύ υψηλότερη από τους συνήθεις αντιδραστήρες. Αυτό σημαίνει και υψηλότερη απόδοση, αλλά και καλύτερες προϋποθέσεις για παραγωγή υδρογόνου, κάτι σημαντικό για την οικονομία του υδρογόνου που φαίνεται ότι θα διαμορ-

φωθεί στο κοντινό μέλλον. Με τους αντιδραστήρες αυτούς, θεωρώ ότι η πυρηνική ενέργεια αποκτά πλεονέκτημα απέναντι στο κάρβουνο. Ειρήσθω εν παρόδω, ότι το υδρογόνο εξυπηρετεί ως μέσο μετατροπής ενέργειας και όχι παραγωγής ενέργειας.

Η τεχνολογία όμως εξελίσσεται και ήδη συζητούμε για **αντιδραστήρες σχάσης τέταρτης γενιάς ταχέων νετρονίων**, των οποίων τα πλεονεκτήματα είναι τόσο σημαντικά που αφήνουν το κάρβουνο πολύ πίσω τους. Είναι συγκρίσιμοι με τους αντιδραστήρες σύντηξης, που αποτελούν το όνειρο της ανθρωπότητας για ασφαλή και αστείρευτη πηγή ενέργειας. Η μεγάλη διαφορά είναι ότι οι αντιδραστήρες σύντηξης αναμένεται να υλοποιηθούν μετά 50 χρόνια (το ίδιο νούμερο ακούμε εδώ και πολλά χρόνια...), ενώ οι αντιδραστήρες σχάσης τέταρτης γενιάς ταχέων νετρονίων θα μπορούσαν να συμβάλουν στην παραγωγή ενέργειας σε διάστημα μιας δεκαετίας περίπου.

Βασικό χαρακτηριστικό των αντιδραστήρων αυτών είναι οι υψηλές ροές ταχέων νετρονίων. Αυτό εξασφαλίζεται από το γεγονός ότι το ψυκτικό μέσο δεν είναι νερό (τα άτομα υδρογόνου του οποίου επιβραδύνουν πολύ γρήγορα τα νετρόνια), αλλά υγρό μέταλλο. Για το λόγο αυτό, ονομάζονται Advanced Liquid Metal Reactors (ALMR), δηλαδή Προηγμένοι Αντιδραστήρες Υγρού Μετάλλου. Τα ταχεία νετρόνια σχάζουν όχι μόνο το ουράνιο-235 και το πλουτώνιο-239, αλλά και όλα τα άλλα βαρέα στοιχεία που υπάρχουν στον αντιδραστήρα. Τέτοια είναι κατ' αρχήν το ουράνιο-238 που αποτελεί το 99.3% του φυσικού ουρανίου, αλλά και όλα τα υπερουράνια στοιχεία (λέγονται και ακτινίδες) που παράγονται, όπως το πλουτώνιο, κατά τη λειτουργία του αντιδραστήρα. Τα στοιχεία αυτά για τους παλαιότερης τεχνολογίας αντιδραστήρες, είναι πυρηνικά απόβλητα, δηλαδή σοβαρό πρόβλημα. Για τους αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων όμως είναι χρήσιμο καύσιμο και

ταυτόχρονα μια λύση στο πρόβλημα διαχείρισης των πυρηνικών αποβλήτων. Ας σημειωθεί ότι μια τέτοια μονάδα του 1 GW θα παράγει ετήσια απόβλητα μόλις ενός τόνου. Κάνετε τη σύγκριση με τους 100 τόνους αποβλήτων που παράγει σε ετήσια βάση ένας συμβατικός αντιδραστήρας δεύτερης γενιάς και βγάλτε συμπέρασμα.

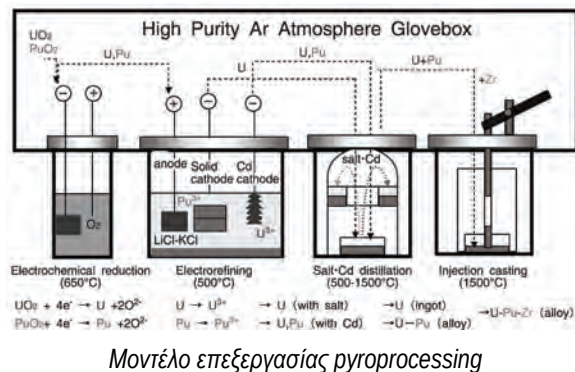
Συχνά ακούγεται ως επιχείρημα (και σωστά) ότι η πυρηνική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη. Τα γνωστά αποθέματα ουρανίου επαρκούν για μερικές δεκαετίες αν γίνει εκτεταμένη χρήση του. Αν όμως σκεφτούμε ότι η απόδοση πολλαπλασιάζεται επί 100 με αντιδραστήρες ταχέων νετρονίων, οι δεκαετίες γίνονται χιλιετίες.

Άρα λοιπόν υπάρχει μια πυρηνική τεχνολογία που όχι μόνο δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με περισσότερα απόβλητα, αλλά αντίθετα καίει τα ήδη υπάρχοντα. Προηγείται μια διαδικασία διαχωρισμού (pyroprocessing) των θραυσμάτων της σχάσης (αυτά είναι τα πραγματικά τελικά απόβλητα) από τα υπερουράνια στοιχεία που είτε δεν σχάστηκαν (ουράνιο-238), είτε παρήχθησαν κατά τη λειτουργία συμβατικού αντιδραστήρα (πλουτώνιο-239 και άλλα). Τα δεύτερα παύουν πλέον να είναι απόβλητα και εισάγονται ως καύσιμα στους νέους αντιδραστήρες. Τονίζεται ότι με την παραπάνω μέθοδο το πλουτώνιο-239 μένει αναμειγμένο με τα άλλα υπερουράνια και το ουράνιο-238 και έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κατασκευή πυρηνικών όπλων. Πρέπει να σημειωθεί ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα ώστε η διαδικασία αυτή (pyroprocessing) να χρησιμοποιηθεί σε εκτεταμένη κλίμακα.

Ένας αντιδραστήρας της παραπάνω λογικής σχεδιάστηκε και μελετήθηκε στο CERN, από διεθνή επιστημονική συνεργασία στην οποία συμμετείχαν και Ελληνικές ομάδες (και ο γράφων), υπό τη διεύθυνση του καθηγητή Carlo Rubbia (βραβείο Nobel 1984). Εκτός από τα πλεονεκτήματα

που έχουν ήδη αναφερθεί, είχε και ένα ακόμη, το οποίο αποκλείει απολύτως τον κίνδυνο απώλειας του ελέγχου του: ήταν υποκρίσιμος, που σημαίνει ότι δεν ήταν δυνατόν να συντηρηθεί μόνος του την πυρηνική καύση χωρίς εξωτερική πηγή νετρονίων. Το γεγονός αυτό αποκλείει απολύτως κάθε πιθανότητα ατυχήματος τύπου Τσερνομπίλ. Η εξωτερική πηγή νετρονίων ήταν ουσιαστικά ένα επιταχυντικό σύστημα πρωτονίων, τα οποία προσπίπτουν επί του μολύβδου στο κέντρο του αντιδραστήρα και παράγουν μεγάλο αριθμό νετρονίων με αντιδράσεις θρυμματισμού. Μικρό ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας, μικρότερο του 10%, καταναλώνεται για τη λειτουργία του επιταχυντή. Με αντίστοιχο κέρδος την απόλυτη βεβαιότητα ότι ο αντιδραστήρας αυτός δεν πρόκειται ποτέ να βγει εκτός ελέγχου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται Accelerator Driven Systems, δηλαδή **συστήματα οδηγούμενα από επιταχυντή**. Η χρήση υγρού μολύβδου ως ψυκτικού μέσου εξασφαλίζει υψηλές ροές ενεργειακών νετρονίων, άρα καύση των βαρέων πυρηνικών αποβλήτων. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα μετατροπής μακροβίων ραδιενεργών θραυσμάτων της σχάσεως σε βραχύβια και σταθερά ισότοπα, μειώνοντας ακόμη περισσότερο τα προς αποθήκευση ραδιενεργά απόβλητα. Οιοδήποτε μη προβλέψιμο πρόβλημα απώλειας ελέγχου, μόνο σε σβήσιμο του αντιδραστήρα μπορεί να οδηγήσει, αποκλειομένου απολύτως κάθε κινδύνου.

Ας προστεθεί ότι το βασικό πυρηνικό καύσιμο στον αντιδραστήρα αυτό είναι το θόριο, του οποίου τα γνωστά αποθέματα είναι περίπου τριπλάσια αυτών του ουρανίου. Το στοιχείο αυτό είτε σχάζεται με ενεργειακά νετρόνια, παράγοντας ενέργεια, είτε συλλαμβάνει ένα νετρόνιο και μετά

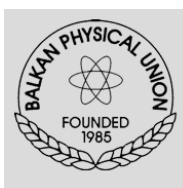


δύο βήτα διασπάσεις μετατρέπεται σε ουράνιο-233, το οποίο είναι εύκολα σχάσιμο και με θερμικά νετρόνια. Υπενθυμίζεται ότι τα σχάσιμα στοιχεία με θερμικά νετρόνια είναι τρία, το ουράνιο-233, το ουράνιο-235 (το μόνο που υπάρχει στη φύση ως το 0,7% του φυσικού ουρανίου) και το πλουτώνιο-239 που παράγεται στους αντιδραστήρες από σύλληψη νετρονίου από πυρήνα ουρανίου-238 και δύο συνακόλουθες βήτα διασπάσεις (με τον ίδιο δηλαδή τρόπο που παράγεται το ουράνιο-233 από το θόριο-232). Αναμένεται ότι το ενδιαφέρον της πυρηνικής βιομηχανίας θα οδηγήσει κάποια στιγμή στην κατασκευή ενός πρωτοτύπου, ως τελικού σταδίου μελέτης πριν την εφαρμογή.

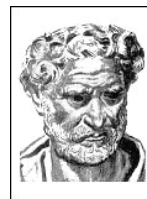
Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η εικόνα που διαχέεται στον κόσμο για την πυρηνική ενέργεια, αδικεί τις νέες τεχνολογίες που είναι προ των πυλών και έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ορυκτών καυσίμων. Ας προστεθεί ότι τα προβλήματα σεισμικότητας, που συχνά αναφέρονται ως αντίλογος, είναι λυμένα και δεν έχει νόημα να τίθενται.

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι πρώτη και καλύτερη έρχεται η εξοικονόμηση ενέργειας. Ακολουθούν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (που η Ελλάδα έχει άφθονες) στον μέγιστο δυνατό βαθμό. Τέλος, στο μέτρο που απαιτείται να υπάρχει και ένα κομμάτι κεντρικής παραγωγής ενέργειας, το κάρβουνο χάνει τη μάχη από τους πυρηνικούς αντιδραστήρες τέταρτης γενιάς (του κοντινού μέλλοντος).

Χρήστος Ελευθεριάδης
Αναπλ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής



The 7th General Conference of the Balkan Physical Union



Το "BPU7" (the 7th General Conference of the Balkan Physical Union) διεξήχθη στην Αλεξανδρούπολη, από 9 έως 13 Σεπτεμβρίου 2009. Οργανωτές ήταν η Βαλκανική Ένωση Φυσικής και η Ένωση Ελλήνων Φυσικών, με την συνεργασία των Τμημάτων Φυσικής των Πανεπιστημίων Αθήνας, Θεσσαλονίκης, Ιωαννίνων, Κρήτης και Πατρών. Συνδιοργανωτές του συνεδρίου ήταν η Νομαρχία Έβρου, ο Δήμος Αλεξανδρούπολης και η Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Έβρου.



Παρουσιάστηκαν 20 κεντρικές ομιλίες προσκεκλημένων ομιλητών, περί τις 160 ομιλίες συμμετεχόντων συνέδρων και περί τις 250 εργασίες με την μορφή αφίσας.

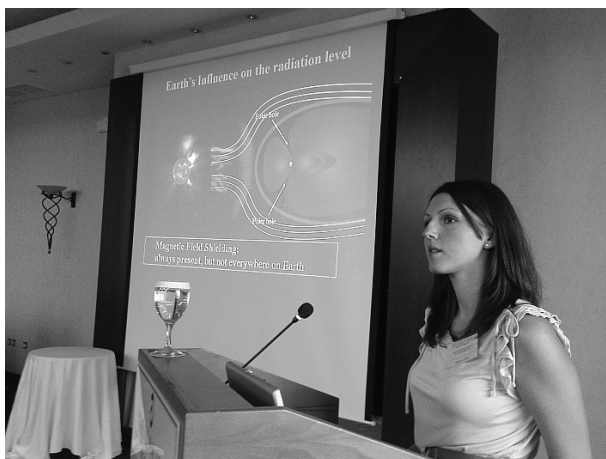
Από τις εργασίες των συμμετεχόντων συνέδρων, οι 17 εργασίες αφορούσαν θέματα Πυρηνικής Φυσικής (οι 10 ήταν ομιλίες), οι 16 τη Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων (οι 13 ήταν ομιλίες), οι 13 θέματα Αστρονομίας και Αστροφυσικής (10 ομιλίες), οι 78 τη Φυσική Στερεάς Κατάστασης (28 ομιλίες), οι 202 την Εφαρμοσμένη Φυσική (67 ομιλίες), οι 24 την Μαθηματική και Υπολογιστική Φυσική (12 ομιλίες), οι 55 την Εκπαίδευση, την Ιστορία της Φυσικής και τη σχέση Φυσικής και Τέχνης (οι 23 ήταν ομιλίες) και, τέλος, 6 ομιλίες στην Φυσική Πλάσματος.

Το συνέδριο απετέλεσε μια ευκαιρία για την παρουσίαση ενός μέρους της δραστηριότητας του Τμήματός μας, συμβάλλοντας παράλληλα και στην ανάπτυξη συνεργασιών μεταξύ των ερευνητικών ομάδων των βαλκανικών χωρών.

Το συνέδριο παρακολούθησαν και φοιτητές του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ., προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί, κάποιοι από τους οποίους παρουσίασαν και τις ερευνητικές τους εργασίες.

Τα πρακτικά του συνεδρίου θα εκδοθούν μετά από κρίση, σε ηλεκτρονική μορφή, με ευθύνη των εκδόσεων του ΑΙΦ (American Institute of Physics).

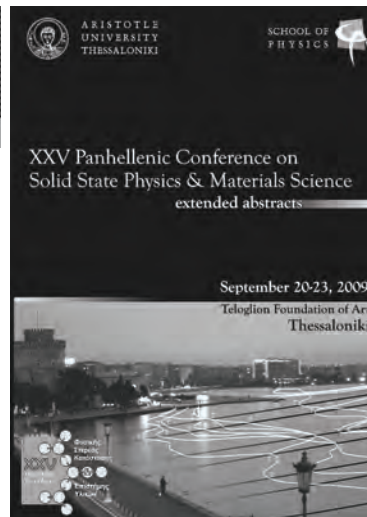
Ιστοσελίδα του συνεδρίου: <http://bpu7.phys.uoa.gr>





XXV Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής Στερεάς Κατάστασης και Επιστήμης Υλικών

Θεσσαλονίκη 20-23 Σεπτεμβρίου 2009



Το “25^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής Στερεάς Κατάστασης και Επιστήμης Υλικών”, που διοργανώθηκε από μέλη ΔΕΠ του Τμήματος Φυσικής, έγινε την χρονική περίοδο 20-23 Σεπτεμβρίου 2009, στις εγκαταστάσεις του Τελλογλείου Ιδρύματος Τεχνών του Α.Π.Θ. Το Συνέδριο παρακολούθησαν 230 επιστήμονες από Ελληνικά και ξένα ΑΕΙ και ερευνητικά Ιδρύματα, καθώς και μεγάλος αριθμός προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών. Παρουσιάστηκαν 208 εργασίες που αφορούσαν καινοτόμες εξελίξεις σε θέματα ανάπτυξης υλικών και διατάξεων, τον χαρακτηρισμό τους με εφαρμογή τεχνικών που βλέπουν τις ιδιότητες σε ατομικό επίπεδο, θεωρία και modeling. Επίσης δόθηκαν τέσσερα βραβεία στους νέους ερευνητές που έκαναν τις καλύτερες παρουσιάσεις (προφορικές ή αφίσας).

Ιστορικά, αναφέρεται ότι το 1^ο Συνέδριο Φυσικής Στερεάς Κατάστασης διεξήχθη στη Θεσσαλονίκη το 1982 και στην αργυρή του επέτειο επιστρέφει στην πόλη και στο Τμήμα του Α.Π.Θ. που το θεμελίωσαν. Τιμητική διάκριση απονεμήθηκε στην κα Ελένη Γκάμαρη-Seale, Πρόεδρο του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής Στερεάς Κατάστασης, για την προσφορά της στην προώθηση του συνεδρίου και την έρευνα στην Ελλάδα, ενώ επίσης τιμήθηκε η μνήμη των πρόσφατα εκλιπόντων συναδέλφων Γ. Κανελλή (2008)–Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ, Α. Κοστίκα (2008) και Α. Σιμόπουλου (2009)–ΕΚΕΦΕ “Δημόκριτος”.

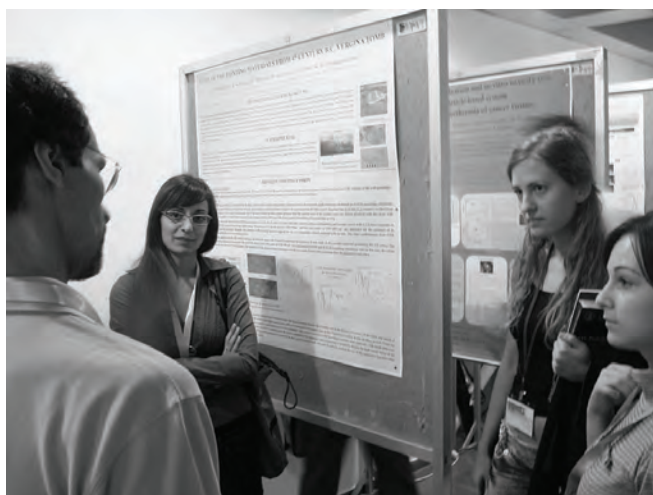


Το πρόγραμμα του συνεδρίου περιείχε 17 προσκεκλημένες ομιλίες. Μεταξύ αυτών, οι παρακάτω τέσσερις ήταν ωριαίας διάρκειας και δόθηκαν από διακεκριμένους επιστήμονες του εξωτερικού.

- Dr. Eric Dooryhee, CNRS, Inst. Neel, Grenoble, France & Brookhaven Lab., USA: “Looking into Art and Cultural Heritage with Synchrotron X-rays”
- Prof. Karl Syassen, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, Germany: “High-pressure studies of transition metal compounds located near the insulator-metal borderline”
- Prof. Federico Boscherini, Department of Physics, University of Bologna, Italy: “New opportunities to study dopants and defects in semiconductors with X-ray Absorption Spectroscopy”
- Prof. Michael Farle, Universität Duisburg-Essen, Germany: “Magnetism at the nanoscale”

Περισσότερες πληροφορίες για το Συνέδριο και τα ερευνητικά θέματα που συζητήθηκαν θα παρουσιαστούν στο επόμενο τεύχος του ‘φαινόμενον’. Επίσης, στην ιστοσελίδα του Συνεδρίου <http://xxv.physics.auth.gr> υπάρχουν τα πρακτικά, φωτογραφικό υλικό και άλλες ενδιαφέρουσες πληροφορίες.

Ελένη Κ. Παλούρα
Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής
Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής



Εκλογή νέου Προέδρου και Αναπληρωτή Προέδρου στο Τμήμα Φυσικής

Το πρωί της Τετάρτης 24 Ιουνίου 2009 στην αίθουσα Α31 της Σχολής Θετικών Επιστημών συγκεντρώθηκαν, μετά από πρόσκληση του Κοσμήτορα Καθηγητή κ. Ιωάννη Παπαδογιάννη, τα μέλη του Ειδικού Εκλεκτορικού Σώματος και εξέλεξαν Πρόεδρο και Αναπληρωτή Πρόεδρο του Τμήματος Φυσικής για τη διετία από 1-9-2009 έως 31-8-2011.

Πρόεδρος εξελέγη ο Καθηγητής του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης κ. **Κωνσταντίνος Μανωλίκας** και Αναπληρωτής Πρόεδρος ο Αναπληρωτής Καθηγητής του Τομέα Ηλεκτρονικής και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών κ. **Θεόδωρος Λαόπουλος**.



Κ. Μανωλίκας
Πρόεδρος
Τμήματος Φυσικής



Θ. Λαόπουλος
Αναπληρωτής Πρόεδρος
Τμήματος Φυσικής



Συνέβησαν στο Τμήμα

Ορκωμοσία Διδασκτόρων

Πρόσφατα ορκίστηκαν οι παρακάτω Διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής (Γ.Σ.Ε.Σ 13 / 29-06-2009):

Ονοματεπώνυμο	Ημερομηνία παρουσίας	Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή	Τίτλος Διδακτορικής διατριβής
Νάνος Απόστολος	10-06-2009	Ι. Σάχαλος Η. Βαφειάδης Θ. Σαμαράς	Έλεγχος Ασφάλειας και Διαχείριση Συστημάτων Ραδιοεπικοινωνιών
Γκότσης Κωνσταντίνος	10-06-2009	Ι. Σάχαλος Α. Σιακαβάρα Θ. Σαμαράς	Σύνθεση Έξυπνων Στοιχειοκεραιών με Ειδικές Προϋποθέσεις
Βασιλειάδης Νικόλαος	10-04-2009	Σ. Νικολαΐδης Σ. Σίσκος Κ. Γκούτης	Επαναπροσδιοριζόμενες Αρχιτεκτονικές για Υλοποίηση Ψηφιακών Συστημάτων
Νούλης Θωμάς	29-05-2009	Σ. Σίσκος Θ. Λαόπουλος Dr. Sarabayrouse Gerard	Σχεδιασμός Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων Επεξεργασίας Σήματος
Γκάρας Αντώνιος	05-06-2009	Π. Αργυράκης Α. Αναγνωστόπουλος Ν. Βλάχος	Στατιστική μηχανική περίπλοκων συστημάτων και δικτύων
Χαλιαμπάλιας Δημήτριος	10-06-2009	Γ. Στεργιούδης Ε.Κ. Πολυχρονιάδης Σ. Σκολιανός	Ελεγχόμενη ανάπτυξη επιστρώσεων υλικών με Χημική Εναπόθεση καθώς και με άλλες εναλλακτικές μεθόδους, μελέτη των δομικών, μηχανικών ιδιοτήτων και της αντιδιαβρωτικής συμπεριφοράς των τελικών προϊόντων



Ονοματεπώνυμο	Ημερομηνία παρουσίασης	Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή	Τίτλος Διδακτορικής διατριβής
Μαραγκάκης Μιχαήλ	13-04-2009	Π. Αργυράκης Ε. Παλούρα Α. Αναγνωστόπουλος	Ανώμαλη Διάχυση σε πολύπλοκα συστήματα με μεθόδους προσομοίωσης
Σακελλάρη Δέσποινα	09-06-2009	Ε.Κ. Πολυχρονιάδης Κ. Ευθυμιάδης Β. Ζασπάλης	Μελέτη της επίδρασης της μικροδομής στις ηλεκτρικές και μαγνητικές ιδιότητες φερριτών νικελίου-ψευδαργύρου
Μουρδικούδης Στέφανος	10-03-2009	Ο. Καλογήρου Θ. Καρακώστας Μ. Αγγελακέρης	Μηχανισμοί αυτοσυγκρότησης μαγνητικών νανοσωματιδίων και ανάπτυξη μακροσκοπικών δικτύων δύο διαστάσεων
Συμεωνίδης Κωνσταντίνος	26-03-2009	Ο. Καλογήρου Θ. Καρακώστας Δ. Νιάρχος	Ανάπτυξη διμεταλλικών μαγνητικών νανοσωματιδίων με διαμορφούμενη μαγνητική συμπεριφορά
Ζυγανιτίδης Ιωάννης	15-06-2009	Σ. Λογοθετίδης Η. Αύφαντης Ν. Φράγκης	Μηχανικές Ιδιότητες Νανοδιάστατων Υλικών: Πειραματική Μελέτη και Ανάλυση με Μεθόδους Υπολογιστικής Μηχανικής
Καλφαγιάννης Νικόλαος	15-05-2009	Σ. Λογοθετίδης Γ. Στεργιούδης Ν. Φράγκης	Ανάπτυξη και Μελέτη Μονοστρωματικών και Πολυστρωματικών Νανοδομικών Επικαλύψεων
Λουσινιάν Σουλβί	15-06-2009	Σ. Λογοθετίδης Μ. Αρσενάκης Ι. Μισιρλής	Ανάπτυξη και Μελέτη Αιμοσυμβατών και Αντιμικροβιακών Υλικών
Γιαννακάκη Ελένη	29-05-2009	Δ. Μπαλής Δ. Μελάς Α. Μπάης	Μελέτη των οπτικών και φυσικών ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματιδίων με μεθόδους τηλεπισκόπησης laser
Κανάκογλου Κωνσταντίνος	08-04-2009	Κ. Δασκαλογιάννης Κ. Κόκκοτας Δ. Μπονάτσος	Δομή Χορτί στις παραμποζονικές και παραφερμιονικές αλγεβρες και εφαρμογές των αλγεβρών αυτών στη Φυσική
Τσορμπατζόγλου Ανδρέας	27-04-2009/3-07-2009	Χ. Δημητριάδης Λ. Παπαδημητρίου Χ. Πολάτογλου	Χαρακτηρισμός και ανάπτυξη μοντέλων τρανζίστορ MOSFET πολλαπλών πυλών νανοδιαστάσεων



Από την ορκομωσία των υποψηφίων Διδασκόντων του Τμήματος Φυσικής στις 29.6.2009, παρουσία του Αντιπρύτανη Καθηγητή κ. Σταύρου Πανά.

Απόψεις για το Πρόγραμμα Σπουδών του Τμήματος Φυσικής

Η αναγκαιότητα της σύνταξης της εισήγησης αυτής ξεκίνησε από την πρότασή μου σχετικά με τις κατευθύνσεις του Τμήματος. Η πρόταση αυτή βασίστηκε κατ' αρχήν στην ανάγκη εξάλειψης του προβλήματος, το οποίο είχε δημιουργηθεί με το παλιό σύστημα των 9 κατευθύνσεων, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Οι κατευθύνσεις, όταν εισήχθησαν στο υπάρχον Πρόγραμμα Σπουδών (ΠΣ), είχαν ως στόχο να βοηθήσουν τους φοιτητές να βελτιώσουν τις γνώσεις τους σε μία κατεύθυνση της Φυσικής (σε βάρος των άλλων κατευθύνσεων), εφ' όσον φυσικά θα είχαν αποκτήσει ένα ικανοποιητικό υπόβαθρο γνώσεων, που θα κάλυπτε με επάρκεια αυτά που πρέπει να ξέρει (κατά κοινή συμφωνία) ένας Φυσικός. Για να γνωρίσουν μάλιστα οι φοιτητές καλύτερα τις κατευθύνσεις, που θα ήταν υποχρεωμένοι με επιλέξουν, είχε τοποθετηθεί στον κορμό του ΠΣ, ως υποχρεωτικό, ένα μάθημα εισαγωγικό της κάθε κατεύθυνσης (εκτός της κατεύθυνσης των Υλικών, ανατιολόγητα, και της Υπολογιστικής Φυσικής που προσετέθη, ως κατεύθυνση, στη συνέχεια). Το σύστημα αυτό όμως δεν λειτούργησε,

λόγω της μεγάλης διασποράς των φοιτητών, που δημιούργησε μικρή έως πολύ μικρή συμμετοχή σε μερικές κατευθύνσεις, κυρίως όμως λόγω της διάθεσης των φοιτητών (κουρασμένων από τα πολλά έτη σπουδών) να επιλέγουν "εύκολες" κατευθύνσεις. Αυτό είχε ως συνέπεια την μεγάλη ανισομέρεια στη συμμετοχή των φοιτητών στις κατευθύνσεις, που δημιούργησε την "ανάγκη" στους Τομείς να "προσελκύσουν" φοιτητές προσπαθώντας να δημιουργήσουν "ελκυστικές" κατευθύνσεις. Τα, ως ένα σημείο λογικά να υπάρχουν, "εύκολα" και "δύσκολα" μαθήματα έγιναν αντίστοιχα "εύκολες" και "δύσκολες" κατευθύνσεις, που οδηγούσαν σε ένα "εύκολο" ή "δύσκολο" πτυχίο. Το πτυχίο, όμως, είναι το ίδιο για όλους και γι' αυτό δεν πρέπει να υπάρχουν διάφορες ταχύτητες απόκτησής του. Άλλη παρενέργεια των τόσο εξειδικευμένων κατευθύνσεων ήταν ότι οι Τομείς "αναγκάστηκαν" να προτείνουν εξαιρετικά ειδικά μαθήματα (μέσα στα δέκα της κατεύθυνσής τους), τα οποία θα μπορούσαν να εμφανιστούν μόνο σε ένα Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ).

Με την **υπάρχουσα πραγματικότητα**

τα, με την οποία δε μπορεί να εξασφαλιστεί η βασική γνώση πριν την επιλογή των κατευθύνσεων (εφ' όσον δεν υπάρχουν προαπαιτούμενα), ακόμη και η μείωση των κατευθύνσεων θα οδηγούσε και πάλι στην ίδια κατάσταση με επακόλουθο τον "ανταγωνισμό" των Τομέων με "εκπτώσεις" στην ποιότητα των σπουδών. Αυτό είναι κατά τη γνώμη μου ένα υπαρκτό πρόβλημα, που πρέπει να αντιμετωπίσει το νέο ΠΣ. Η μόνη κατά τη γνώμη μου λύση στην παθογένεια αυτή είναι ο απεγκλωβισμός των κατευθύνσεων από τους Τομείς, με ένα δραστικό περιορισμό των κατευθύνσεων.

Η έλλειψη όμως απόφασης για ένα **σχέδο στρατηγικής και ανάπτυξης του Τμήματος** δεν δίνει τη δυνατότητα μια συνολικής εκτίμησης του ΠΣ μέσα στο οποίο θα εντασσόταν εναρμονισμένα και το θέμα των κατευθύνσεων. Για το λόγο αυτό πιστεύω ότι η εισήγηση μόνο για τις κατευθύνσεις, αποκομμένη από το ΠΣ, θα προσπαθούσε να δώσει αποσπασματικές λύσεις σε χρόνια και πολυπαραμετρικά προβλήματα. Π.χ. ως βασική αιτία και οδηγός δύναμη για την αλλαγή του προπτυχιακού ΠΣ ετέθη εξ'

Ορκωμοσία Πτυχιούχων

Στις 28 Ιουλίου 2009 ορκίστηκαν οι παρακάτω πτυχιούχοι του Τμήματος Φυσικής. Τον όρκο ανέγνωσε ο πτυχιούχος κ. Μπαξεβάνης Παναγιώτης.

ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΑΡΓΥΡΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΒΑΜΒΑΚΙΔΗΣ ΚΟΣΜΑΣ
ΓΕΡΜΑΝΙΔΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΝΕΟΚΛΗΣ
ΖΩΓΡΑΦΙΣΤΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΙΤΣΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΚΑΡΑΜΑΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΚΑΡΑΜΦΥΛΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ
ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗ ΟΥΡΑΝΙΑ
ΚΟΥΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΟΥΡΠΟΥΑΝΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΚΩΛΕΤΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΩΣΤΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΜΗΝΑΪΔΟΥ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ
ΜΠΑΞΕΒΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΜΠΑΡΛΑΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΜΠΑΣΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΝΕΟΦΥΤΟΥ ΑΝΤΡΕΑΣ
ΝΤΟΓΡΑΜΑΤΖΗ ΜΑΡΙΑ
ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΑΝΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ
ΠΕΤΑΛΑΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ
ΠΕΤΡΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΡΑΠΤΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ
ΡΟΥΜΕΛΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΣΑΡΑΚΙΩΤΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΑΧΠΑΖΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΣΙΑΜΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΤΕΦΑΝΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΣΤΡΑΒΟΥΔΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΣΥΜΕΩΝΙΔΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ
ΣΦΑΜΠΑ ΙΩΑΝΝΑ
ΤΕΡΖΙΔΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ
ΤΣΟΝΤΖΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ
ΤΣΟΥΚΝΗ ΕΛΕΝΗ
ΦΡΑΓΚΕΣΚΟΥ ΦΡΑΓΚΕΣΚΟΣ
ΦΡΑΓΚΟΥ ΔΟΝΑ
ΦΡΑΓΚΟΥΛΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

αρχής η **μείωση των μαθημάτων**, χωρίς να έχει συζητηθεί η απόδοση του προηγούμενου ΠΣ, τα θέματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τη βελτίωση των σπουδών με το υπάρχον ΠΣ, η επισήμανση των προβλημάτων, που τυχόν υπήρχαν και υποβάθμιζαν τις σπουδές, κτλ.

Ως εκ τούτου, η εισήγηση μόνο για τις κατευθύνσεις καθίσταται δύσκολη γιατί **ΔΕΝ μπορεί να είναι αποσπασματική**. Για το λόγο αυτό θα επεκταθεί, ώστε να καλύψει και άλλα θέματα με τα οποία αναγκαστικά έρχεται σε άμεση εξάρτηση.

Συνολική εκτίμηση για το ΠΣ

Όπως πολύ σωστά έχει ήδη αναφερθεί, δεν είναι δυνατόν να χωρέσουν όλα (βασικές γνώσεις και ειδίκευση) μέσα στο ΠΣ. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το Τμήμα μας παρέχει **Πτυχίο Φυσικής**, άρα η παροχή της βασικής γνώσης της Φυσικής είναι απαραίτητη. Δεν πρέπει, όμως, να παραγνωρίζουμε ότι η εξειδίκευση και οι εφαρμογές προσελκύουν τους φοιτητές διότι συνδυάζονται με τις Μεταπτυχιακές τους Σπουδές και την επαγγελματική τους αποκατάσταση. Συγχρόνως, όμως, οι εφαρμογές αναδεικνύουν την “ομορφιά” και τη “χρησιμότητα” της Φυσικής.

Ως εκ τούτου, το πρώτο θέμα που πρέπει να συζητηθεί είναι το “ειδικό βάρος” με το οποίο τα βασικά εργαλεία (μαθηματικά και εφαρμοσμένη πληροφορική), οι βασικές γνώσεις (μαζί με τη στήριξη των εργαστηρίων και φροντιστηριακών ασκήσεων) και οι εφαρμογές της Φυσικής θα ενταχθούν στο ΠΣ. Οπότε, η συζήτηση για την ύπαρξη ή όχι κατευθύνσεων, και αν ναι, πόσες και ποιες, δεν μπορεί να είναι ανεξάρτητη από το **πρόγραμμα των υποχρεωτικών μαθημάτων** “κορμού”.

Προτάσεις

Η **εξειδίκευση** πρέπει, κατά τη γνώμη μου, να υπάρχει στο προπτυχιακό ΠΣ αλλά περιορισμένη για να αφήνει επαρκή χώρο στη βασική Φυσική

(που δεν είναι λίγη). Η σωστή εξειδίκευση θα πρέπει να έλθει αργότερα με τα ΠΜΣ. Όμως, οι φοιτητές μας πρέπει να γνωρίζουν τους άξονες των μεταπτυχιακών σπουδών, που με επιτυχία προσφέρει το Τμήμα. Ένα νέο ΠΣ δεν μπορεί να παραβλέπει ούτε τα υπάρχοντα ΠΜΣ, ούτε την ιστορία και την εγκατεστημένη υποδομή στο Τμήμα μας. Πρέπει κατά τη γνώμη μου να υπάρχουν αντίστοιχα μαθήματα και τα μαθήματα αυτά να είναι υποχρεωτικά (όπως στο υπάρχον πρόγραμμα σπουδών). Από κει και πέρα ο κάθε φοιτητής πρέπει να μπορεί με τις επιλογές του να προσανατολίσει το πτυχίο του.

Προτείνονται να δημιουργηθούν δύο κατευθύνσεις:

α) Βασική Φυσική και Αστρονομία

β) Εφαρμοσμένη Φυσική

Η πρόταση αυτή **ενισχύει τη συνέργεια και την αλληλεπίδραση μεταξύ των κατευθύνσεων της Φυσικής**, κάτι που δεν εξασφάλιζε το προηγούμενο ΠΣ.

Η ύπαρξη κατευθύνσεων δίνει επίσης τη δυνατότητα του προσανατολισμού της πτυχιακής εργασίας ως μάθημα εισαγωγής στην ερευνητική μεθοδολογία. **Η πτυχιακή εργασία θα είναι υποχρεωτική** ως ένα απαραίτητο στοιχείο των σπουδών στο Τμήμα Φυσικής. **Η επιλογή κατεύθυνσης δε θα είναι υποχρεωτική**, μετά όμως από τη συγκατάθεση του Τμήματος. Οι φοιτητές, που θα ήθελαν με τις επιλογές τους να δημιουργήσουν τη “δική” τους κατεύθυνση, θα πρέπει να απευθυνθούν εγγράφως στο Τμήμα και να αιτιολογούν τη δική τους επιλογή μαθημάτων, το δε Τμήμα θα δίνει την συγκατάθεσή του. Το ρόλο αυτό θα μπορούσε να παίξει η θεσμοθετημένη Επιτροπή Προγράμματος Σπουδών ή το Δ.Σ. του Τμήματος.

Οι κατευθύνσεις θα έχουν μόνο μαθήματα επιλογής.

Εκτός κατευθύνσεων (δηλαδή στον κορμό) πρέπει να παραμείνουν όλα τα εισαγωγικά μαθήματα, που θα

δείχνουν στους φοιτητές τους χώρους των εφαρμογών της Φυσικής, που το Τμήμα μπορεί επάξια να προσφέρει μέσω των ΠΜΣ. Αυτά είναι:

1. Αστρονομία - Αστροφυσική

2. Φυσική Στερεάς Κατάστασης

3. Πυρηνική Φυσική και Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων

4. Βασική Ηλεκτρονική

5. Φυσική της Ατμόσφαιρας και

6. Υπολογιστική Φυσική.

Η υποχρεωτική παρακολούθηση όλων αυτών των μαθημάτων θα δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές μας να μαθαίνουν τα απαραίτητα αλλά και να βλέπουν **όλοι**, όλες τις δυνατότητες για παραπέρα σπουδές.

Η **Διδακτική της Φυσικής** δεν θα αποτελεί κατεύθυνση, αλλά θα είναι υποχρεωτικό μάθημα στον κορμό.

Η **επιλογή κατεύθυνσης** συνεπάγεται επιλογή 6 **μαθημάτων** από τη λίστα της κατεύθυνσης και **συναφή πτυχιακή εργασία**.

Οι παλαιές κατευθύνσεις 1 έως και 4 (Αστρονομία, Πυρηνική Φυσική και Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων, Θεωρητική Φυσική, Φυσική Στερεάς Κατάστασης) εντάσσονται στην α' κατεύθυνση και οι κατευθύνσεις 5 έως 9 (Φυσική Υλικών, Ηλεκτρονική και Τηλεπικοινωνίες, Φυσική της Ατμόσφαιρας και του Περιβάλλοντος, Εφαρμοσμένη Φυσική, Υπολογιστική Φυσική) στην β' κατεύθυνση. Οι διδάσκοντες των μαθημάτων στις παλαιές κατευθύνσεις καλούνται να επιλέξουν 5 από τα μαθήματα που υπήρχαν στις παλαιές κατευθύνσεις και τα οποία αθροιζόμενα θα αποτελέσουν τη νέα λίστα των μαθημάτων της κατεύθυνσης. Η επιλογή από τους φοιτητές 6 μαθημάτων, από τη λίστα της κατεύθυνσής τους, τους υποχρεώνει να επιλέξουν ένα μάθημα τουλάχιστον έξω από την αυστηρή εξειδίκευση που επέβαλαν οι 9 παλαιές κατευθύνσεις, κάτι που αυξάνει τη **τη συνέργεια και την αλληλεπίδραση μεταξύ των κατευθύνσεων της Φυσικής**.

Συγχρόνως όμως με τις κατευθύνσεις, θα ήθελα να πω ότι:

► Τα **προαπαιτούμενα** (όπου και όταν **πραγματικά χρειάζονται**) είναι κλειδί για την αναβάθμιση των σπουδών. Η έλλειψη τους καταστρέφει τις σπουδές, αποικοδομεί την εξελικτική προσέγγιση της επιστήμης της φυσικής και δημιουργεί πτυχίο χωρίς περιεχόμενο σε ένα Τμήμα εξεταστικό κέντρο, με ένα “κουβά” μαθημάτων.

► Είναι απολύτως αναγνωρίσιμη η αναγκαιότητα των φροντιστηριακών ασκήσεων και των εφαρμογών στην κατανόηση της θεωρίας. Θα πρέπει κατά τη γνώμη μου να υπάρχουν φροντιστηριακές ασκήσεις και εφαρμογές σε **μικρότερα ακροατήρια**, όπου θα είναι όχι μόνο ευκαία αλλά και εφικτή η **μεγαλύτερη επαφή διδασκόντων-διδασκομένων**.

► Θα μπορούσε να γίνει ενσωμάτωση των μαθημάτων της Χημείας και της Εισαγωγής στη Δομή των Υλικών σε ένα μάθημα με τίτλο **“Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υλικών”**. Από τη Χημεία θα παραμείνουν οι δεσμοί, η σύνθεση ατόμων, μορίων και μακρομορίων, στοιχεία της οργανικής χημείας και κάποιες εφαρμογές. Από τη Δομή των Υλικών μπορούν να φύγουν τα αναφερόμενα στη τεχνική των ακτίνων-Χ, ενώ προστίθεται ένα κεφάλαιο σχετικό με την κατηγοριοποίηση των υλικών. Το περιεχόμενο αυτού του μαθήματος είναι σίγουρο ότι θα αποτελέσει, εφ’ όσον εγκριθεί, αντικείμενο σοβαρής επεξεργασίας. Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα γίνεται συνεπές προς εαυτόν, εφ’ όσον πλέον όλα τα ΠΜΣ έχουν ένα υποχρεωτικό εισαγωγικό μάθημα στον κορμό του προπτυχιακού ΠΣ.

► Καθιερώνεται η **Διδακτική της Φυσικής** ως υποχρεωτικό μάθημα, εφ’ όσον είναι ένα πολύ σημαντικό επιστημονικό αντικείμενο, που ενδιαφέρει όλους τους φοιτητές.

► Παραμένει **υποχρεωτική** η Πτυχιακή Εργασία ως μάθημα **“Εισαγωγή στην Ερευνητική Μεθοδολογία”**, εφ’ όσον αποτελεί βασικό κομμάτι της

εκπαίδευσης των φοιτητών του Τμήματος, κάτι που για το Τμήμα μας αποτελεί παράδοση.

Συσχετισμοί

Το προτεινόμενο σχέδιο προγράμματος σπουδών σε σχέση με αυτό που πρότεινε η επιτροπή για την αναθεώρηση του ΠΣ:

1. Διατηρεί τη μορφή της Γενικής Φυσικής με πέντε εξαμηνιαία μαθήματα και πέντε ώρες διδασκαλίας το καθένα. Σύνολο 25 ώρες.
2. Διατηρεί τη διδασκαλία των Μαθηματικών με έξι εξαμηνιαία μαθήματα και 22 ώρες διδασκαλίας. Μειώνονται οι ώρες από 24 σε 22.
3. Διατηρεί τις ώρες των Εργαστηριακών Μαθημάτων σε 24.
4. Διατηρεί τα πέντε μαθήματα που περιλαμβάνουν τις θεωρίες πλαίσιο με 21 συνολικά ώρες διδασκαλίας. Μειώνονται οι ώρες της κβαντομηχανικής από 9 σε 8.
5. Αυξάνει τα υποχρεωτικά μαθήματα συνέργειας, όπως ονομάστηκαν, από 3 σε έξι, περιλαμβάνοντας τρία από αυτά που περιλαμβάνόταν στη Λίστα 1 (υποχρεωτική επιλογή). Συνολικός αριθμός ωρών διδασκαλίας 18.
6. Ενσωματώνει τη Χημεία με τη Εισαγωγή στη Δομή των Υλικών που υπήρχε ως “υποχρεωτικό επιλογής” και δημιουργεί ένα νέο μάθημα με τίτλο “Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υλικών”, κρατώντας τις 5 ώρες διδασκαλίας.
7. Εισάγει ως υποχρεωτικό το μάθημα της Διδακτικής της Φυσικής, με 3 ώρες διδασκαλίας.

Σε σχέση με το ισχύον ΠΣ, στο προτεινόμενο σχέδιο:

1. Διατηρείται σχεδόν όλος ο κορμός των υποχρεωτικών μαθη-

μάτων. Καταργείται το υποχρεωτικό μάθημα “Ιστορία και εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική”, που κατατάσσεται στα μαθήματα γενικής επιλογής. Ενσωματώνεται η Χημεία με την Εισαγωγή στη Δομή των Υλικών σε ένα μάθημα με τίτλο “Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υλικών”.

2. Ειδικά για τα Μαθηματικά, τα 7 μαθήματα με τις 24 ώρες διδασκαλίας γίνονται 6 μαθήματα με 22 ώρες διδασκαλίας.
3. Συγχρόνως, αλλάζει η ύλη της παλαιάς Γενικής Φυσικής που από δύο εξάμηνα θα διδάσκεται σε πέντε εξάμηνα, ενσωματώνοντας ύλη από άλλα υποχρεωτικά μαθήματα, κρατώντας τις 5 ώρες διδασκαλίας ανά εβδομάδα.
4. Μειώνεται η Κβαντομηχανική κατά μία ώρα διδασκαλίας, από 9 ώρες σε 8.
5. Η βασική τομή γίνεται στις κατευθύνσεις, οι οποίες μειώνονται από 9 σε 2. Συγχρόνως, όλα τα μαθήματα της κατεύθυνσης είναι πλέον επιλεγόμενα.
6. Εισάγει ως υποχρεωτικό το μάθημα της Διδακτικής της Φυσικής.

Ώρες διδασκαλίας

Το σύνολο των ωρών διδασκαλίας είναι 160, όπως δείχνει η κατανομή στον πίνακα που ακολουθεί.

Γενική Φυσική (5x5)	25
Μαθηματικά (4x4 + 2x3)	22
Εργαστήρια (6x4)	24
Θεωρίες πλαίσιο (1x5 + 4x4)	21
Μαθήματα συνέργειας (6x3)	18
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υλικών (1x5)	5
Εισαγωγή στην Ερευνητική μεθοδολογία (1x6)	6
Διδακτική της Φυσικής (1x3)	3
Επιλογές κατεύθυνσης (6x3)	18
Άλλες επιλογές (6x3)	18

Ε.Κ. Πολυχρονιάδης
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής

Μερικά απλά μέτρα για την πρόληψη της μετάδοσης του νέου ιού γρίπης A(H1N1)

Η Επιτροπή Διαχείρισης Επιδημιών Α.Π.Θ. έστειλε στα μέλη της πανεπιστημιακής κοινότητας, στις 11 Σεπτεμβρίου 2009, την εξής ανακοίνωση:

Αγαπητοί φοιτητές, μέλη ΔΕΠ, Διοικητικό και Επιστημονικό Προσωπικό,

Από τον Απρίλιο του 2009 εξελίσσεται πανδημία από νέο ιό γρίπης A(H1N1) που μπορεί να μεταδοθεί από άνθρωπο σε άνθρωπο. Η μετάδοση γίνεται όπως στην εποχική γρίπη, δηλαδή με στενή επαφή (1–2 μέτρα) με κάποιον που νοσεί και διασπείρει σταγονίδια με βήχα ή φτέρνισμα. Ο ιός μπορεί να μεταδοθεί και έμμεσα, αν αγγίζουμε τη μύτη ή το στόμα μας, αφού τα χέρια μας έχουν ακουμπήσει επιφάνειες πρόσφατα μολυσμένες (π.χ. χερούλια). Για τον λόγο αυτό λαμβάνουμε μέτρα για την πρόληψη της μετάδοσης της γρίπης στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο όσο αυτό είναι δυνατό. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα χρειαστούμε τη βοήθεια σας.

Συνεργαζόμαστε στενά με το ΚΕΕΛΠΝΟ και τα Υπουργεία Υγείας και Παιδείας, ώστε να πάρουμε τα κατάλληλα μέτρα που αφορούν το ίδρυμα μας, ανάλογα με την εξέλιξη της πανδημίας. Θα σας κρατάμε ενήμερους αναφορικά με τις νέες εξελίξεις.

Επί της παρούσης κάνουμε ό,τι είναι δυνατό για να συνεχίσει να λειτουργεί το ΑΠΘ όπως συνήθως. Παρακάτω αναφέρονται μερικά από τα πράγματα που μπορείτε να κάνετε για να συμβάλλετε στον περιορισμό της πανδημίας:

► Δώστε ιδιαίτερη σημασία στην ατομική υγιεινή, πλένοντας τα χέρια σας με σαπούνι και νερό, ιδιαίτερα μετά από βήχα ή φτέρνισμα. Τα αλκοολούχα αντισηπτικά είναι επίσης αποτελεσματικά.

► Δώστε ιδιαίτερη σημασία στη προστασία από τα αναπνευστικά συμπτώματα, καλύπτοντας το στόμα και τη μύτη σας με ένα χαρτομάντιλο όταν βήχετε ή φτερνίζετε.

Αν δεν έχετε χαρτομάντιλο, βήξτε ή φτερνιστείτε στον αγκώνα σας ή στο βραχίονα σας, αλλά όχι στα χέρια σας. Αποφύγετε να πιάνετε τα μάτια σας, τη μύτη σας ή το στόμα σας γιατί αυτός είναι ο κύριος τρόπος μετάδοσης των ιών και των μικροβίων.

► Να γνωρίζετε τα σημεία και συμπτώματα της γρίπης: *Πυρετός και Βήχας, Πονόλαιμος, Συνάχι ή ρινική συμφόρηση.* Άλλα συμπτώματα: *Κεφαλαλγία, Πόνοι σε όλο το σώμα, Ρίγος, Διάρροια, Αίσθημα κόπωσης, Έμετος.*

Πυρετός είναι μια θερμοκρασία μεγαλύτερη από 38 °C. Αναζητείστε για πιθανά σημεία πυρετού: αν ένα άτομο αισθάνεται πολύ ζεστό, έχει εξέρυθρο πρόσωπο ή ιδρώνει ή έχει κρυάδες.

► Παραμείνετε σπίτι αν έχετε γρίπη ή συμπτώματα που μοιάζουν με γρίπη για τουλάχιστον 24 ώρες μετά από την ημέρα που είστε πλέον άπυρετοι. Αυτό πρέπει να καθορίζεται χωρίς την λήψη αντιπυρετικών (μπορεί να αλλοιώνουν την εικόνα). Μην πηγαίνετε στη δουλειά ή το μάθημα.

► Απευθυνθείτε στο γιατρό σας για το αν πρέπει να εμβολιαστείτε για την εποχική γρίπη. Επίσης αν έχετε αυξημένο κίνδυνο για επιπλοκές από τη νέα γρίπη H1N1, θα πρέπει να εμβολιαστείτε και έναντι του H1N1 όταν το εμβόλιο γίνει διαθέσιμο. Στα άτομα που βρίσκονται σε υψηλό κίνδυνο για επιπλοκές από τη νέα γρίπη H1N1 περιλαμβάνονται: οι έγκυες και τα άτομα με χρόνια ιατρικά προβλήματα (όπως άσθμα, καρδιακή νόσο ή σακχαρώδη διαβήτη).

► Δηλώστε **οπωσδήποτε** την ασθένεια σας, αν μεν είστε φοιτητής στη Γραμματεία της Σχολής σας, ενώ αν είστε εργαζόμενος στο ΑΠΘ στο τηλέφωνο του ιατρείου του ΑΠΘ 2310 995569

Αν αυτή την ακαδημαϊκή χρονιά η πανδημία της γρίπης γίνει πιο σοβαρή, μπορεί να χρειαστεί να λάβουμε επιπρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο της εξάπλωσης του ιού.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την πανδημία της γρίπης στην πανεπιστημιακή μας κοινότητα και σχετικά με τις δράσεις του ΑΠΘ επισκεφτείτε τον διαδικτυακό τόπο www.auth.gr ή επικοινωνήστε με το ΚΕΕΛΠΝΟ στο 1135.

Άλλοι χρήσιμοι δικτυακοί τόποι είναι:

www.keelpno.org

www.who.com

www.cdc.gov

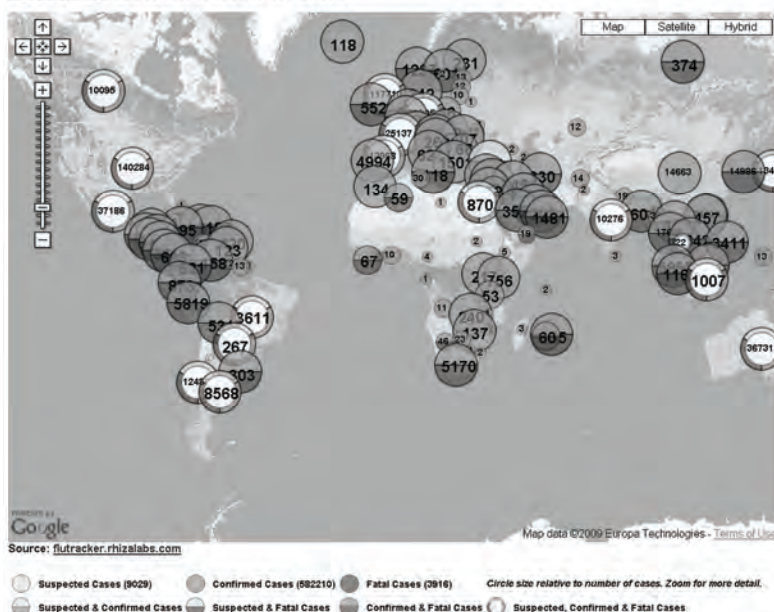
www.flu.gov

www.ecdc.europa.eu

Θα ειδοποιηθείτε ξανά μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για οποιεσδήποτε αλλαγές στη στρατηγική του ΑΠΘ που αφορά την αντιμετώπιση και πρόληψη της νέας γρίπης στο χώρο του Πανεπιστημίου.

Η Επιτροπή Διαχείρισης Επιδημιών ΑΠΘ

FluTracker map data current as of 09:59 EDT 28 Sep



ΠΗΓΗ ΕΙΚΟΝΑΣ: <http://flutracker.rhizalabs.com>

Εκδηλώσεις του Κέντρου Διάδοσης Επιστημών και Μουσείου Τεχνολογίας 'ΝΟΗΣΙΣ'



Το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών & Μουσείο Τεχνολογίας 'Νόησις' βρίσκεται στη Θέρμη Θεσσαλονίκης και αποτελεί έναν πολιτιστικό και επιμορφωτικό φορέα μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με έτος ίδρυσης το 2001. Προσφέρει στο κοινό το κατάλληλο περιβάλλον για τη γνωριμία και την κατανόηση θεμάτων επιστήμης και τεχνολογίας και παρεμβαίνει σε θέματα τεχνικού πολιτισμού.

Νέος Πρόεδρος του Δ.Σ. του 'Νόησις' είναι ο Καθηγητής Αστρονομίας του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ κ. Χάρης Βάρβογλης.

Πληροφορίες για τις εκθέσεις και εκδηλώσεις του 'Νόησις' υπάρχουν στην ιστοσελίδα <http://www.tmth.edu.gr>.



Στο πλαίσιο των εκδηλώσεων του Διεθνούς Έτους Αστρονομίας, το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ οργανώνει έκθεση του Απόστολου Κίλεσσόπουλου με τον τίτλο ΛΑΛΩΝ ΦΩΣ.

Η νέα σειρά έργων του καλλιτέχνη δημιουργείται και παρουσιάζεται με τη συνδρομή αποκλειστικά του "μαύρου φωτός". Κοσμογονίες στις τρισδιάστατες και δυσδιάστατες αυτές δημιουργίες, που λάμπουν μέσα σε ένα σκοτεινό σύμπαν συνοδευμένες από ειδική μουσική υπόκρουση, καλούν τον επισκέπτη να θαυμάσει, αλλά και να κατανοήσει δομές, συμβάντα και "εικόνες". Στη δια-δραστική διάσταση της έκθεσης συμβάλουν, τόσο οι στροβιλιζόμενες στο χώρο αέρινες κατασκευές, όσο και οι προβολές βίντεο.

Διάρκεια έκθεσης: 9 Οκτωβρίου έως 22 Νοεμβρίου 2009



Στο ΚΔΕ&ΜΤ λειτουργεί μόνιμο Εκθετήριο Αυτοκινήτων με οχήματα ιστορικού, συλλεκτικού και εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος, από τη δεκαετία του 1920 μέχρι και σήμερα, μεταφέροντας νοερά τους επισκέπτες σε άλλες εποχές και αναδεικνύοντας την εξέλιξη της αυτοκίνησης.

Για τους λάτρεις των αγωνιστικών αυτοκινήτων, στο χώρο του Μουσείου θα βρίσκεται, από τις 10 μέχρι τις 24 Οκτωβρίου 2009, το μονοθέσιο Vodafone McLaren Mercedes και αυθεντικά αξεσουάρ από το χώρο της Formula 1.

ΕΝΑΣ ΑΙΩΝΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Πριν από 400 χρόνια, η πρώτη παρατήρηση του ουρανού με τηλεσκόπιο έβαλε τα θεμέλια της σύγχρονης Αστρονομίας. Πριν από περίπου 100 χρόνια η ανακάλυψη της κοσμικής ακτινοβολίας έβαλε τα πρώτα θεμέλια σε μια νέα επιστημονική περιοχή, την Αστροσωματιδιακή Φυσική.

Στην Ευρώπη, υπεύθυνη για το συντονισμό και τη χρηματοδότηση της έρευνας στην περιοχή αυτή είναι το ASPERA (AStroParticle ERAnet), ένα δίκτυο από ερευνητικά εθνικά ιδρύματα, στο οποίο συμμετέχει και η Ελλάδα.

Στα πλαίσια του εορτασμού του Παγκόσμιου Έτους Αστρονομίας 2009, η εβδομάδα από 10 έως 17 Οκτωβρίου 2009, σε όλη την Ευρώπη, είναι αφιερωμένη σε εκδηλώσεις με θέμα την Αστροσωματιδιακή Φυσική με συμμετοχή των σχετικών Ευρωπαϊκών ερευνητικών ομάδων.

Οι επόμενες εικόνες σχετίζονται με μερικά από τα βασικά πειράματα Αστροσωματιδιακής Φυσικής και προέρχονται από τον δικτυακό τόπο <http://www.aspera-eu.org>.

