Περίοδος Δ΄ • Τεύχος 25 • Δεκέμβριος 2016

# φαινόμενον:::

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

σκοτεινή ύλη
η ταχύτητα του φωτός
περίεργοι εξωπλανήτες
επιστηκοινωνική φαντασία
ραδιοανοσολογικές μετρήσεις
βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2016
συνεντεύξεις
Ευαγγελία Τσουκαλά
Γιώτα Φωκά

http://phenomenon.physics.auth.gr

φαινόμενον::::

**Περίοδος Δ' · Τεύχος 25**
**Δεκέμβριος 2016**
Περιοδική έκδοση του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. (προεδρία Κ. Χρυσάφη)

**συντακτική ομάδα**

Επιτροπη εκδοσεων του Τμηματος Φυσικης

**Αναστάσιος Λιόλιος**
**Μαρία Κατσικίνη**
**Ιωάννης Στούμπουλος**
**Χαρίκλεια Μελέτη**
**Στυλιανός Στούλος**
**Αργύρης Λασκαράκης**
**Ιωάννης Τσιαούσης**
**Κωνσταντίνος Λιακάκης**

**στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν**

**Νικόλαος Βουρουτζής**
(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
**Πάρης Ζιάμος Αραμπατζής**
(Απόφοιτος Τμ. Φυσικής)
**Μαρία Κατσικίνη**
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
**Ραφαέλα-Χριστίνα Κούμπουλα**
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
**Μαρία Κρικέλη**
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
**Αναστάσιος Λιόλιος**
(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)
**Βασίλης Νιαούρης**
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)
**Δάφνη Παρλιάρη**
(ΜΤΠΧ φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
**Πολυτίμη Σαζακλίδου**
(Απόφοιτος Τμ. Φυσικής)

**εκτύπωση**
COPYCITY Ε.Π.Ε.

**ψηφιακή έκδοση**
http://phenomenon.physics.auth.gr
E-mail επικοινωνίας:
phenomenon@physics.auth.gr
facebook: *Περιοδικό "Φαινόμενον"*

## σημείωμα της σύνταξης

Το παρόν τεύχος του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ» περιέχει θέματα αστρονομίας και αστροφυσικής σχετικά με εξωπλανήτες και σκοτεινή ύλη, καθώς και άρθρα σχετικά με ραδιοανασολογικές μετρήσεις και επιστημονικές ανακαλύψεις. Πλαισιώνεται επίσης από δυο συνεντεύξεις ενώ δεν λείπουν τα επιστημονικά νέα και τα νέα του τμήματος.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

## περιεχόμενα

♦ Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2016 **1**
♦ Είναι η ταχύτητα του φωτός θεμελιώδης σταθερά της Φυσικής; **2**
♦ Έντεκα περίεργοι εξωπλανήτες **3**
♦ Σκοτεινή ύλη και MOND **7**
♦ Η IRMA, η RIA και οι …«συμπτώσεις» **14**
♦ Επιστηκοινωνική φαντασία **17**
♦ Για τη Μεταξία **19**
♦ Παλαιοντολογικές Έρευνες στη Βόρεια Ελλάδα **20**
♦ Διεθνές συνέδριο για τα κουάρκ, τα αδρόνια και την QCD **25**
♦ Απόφοιτοι του Τμήματος– Γ. Φωκά (συνέντευξη) **26**
♦ Συνέβησαν στο Τμήμα **28**

## φωτογραφίες

**Εξώφυλλο:** www.nasa.gov (HD 188753 Ab planet), zebu.uoregon.edu/~soper/Mass/WIMPS.html, http://www.mfi-miliasgrevenon.gr/ (μαστόδοντας)
**Φωτογραφίες εκδηλώσεων**: Ι. Στούμπουλος, Μ. Κατσικίνη

## πνευματικά δικαιώματα

Το δημοσιευμένο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό όρους που καθορίζονται από την 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 αυτό με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: Η *αναφορά στο έργο* πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από το συγγραφέα ή το 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/licences/by-sa/3.0/**

Οι απόψεις που παρουσιάζονται σε κάθε κείμενο εκφράζουν το συγγραφέα του και όχι υποχρεωτικά τη συντακτική ομάδα του περιοδικού.

## Οι υπερδυνάμεις της Φυσικής

**Νόμπελ Φυσικής 2016**

**Δάφνη Παρλιάρη**
Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια
Τμ. Φυσικής

Οκτώβριος του 2016 λοιπόν και είναι η ώρα για τη Σουηδική Βασιλική Ακαδημία των Επιστημών να ανακοινώσει τα φετινά βραβεία Νόμπελ. Και ενώ το Νόμπελ Λογοτεχνίας μας βρίσκει απόλυτα σύμφωνους σιγοτραγουδώντας το "Knockin' on Heaven's Door", το αντίστοιχο βραβείο για τη Φυσική είναι τουλάχιστον δυσνόητο και ομιχλώδες.

Ο **David J. Thouless** (University of Washington), ο **F. Duncan M. Haldane** (Princeton University) και ο **J. Michael Kosterlitz** (Brown University) μοιράζονται φέτος τη δόξα «για θεωρητικές ανακαλύψεις τοπολογικών μεταβάσεων φάσης και τοπολογικών φάσεων της ύλης (for theoretical discoveries of topological phase transitions and topological phases of matter)».

Μπερδευτήκαμε; Ας πάρουμε τα πράγματα από την αρχή. Τοπολογία είναι ο κλάδος των Μαθηματικών που μελετά τις γεωμετρικές ιδιότητες των αντικειμένων, δηλαδή τις ιδιότητες που παραμένουν σταθερές όταν τα παραμορφώσουμε ή τα τεντώσουμε χωρίς να τα σπάσουμε. Οι μετατροπές φάσης της ύλης είναι γνωστό ότι πραγματοποιούνται όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται, οπότε η ύλη αλλάζει ιδιότητες και κατάσταση, εμφανιζόμενη ως στερεή, υγρή ή αέρια. Τα πράγματα όμως περιπλέκονται όταν μιλάμε για υλικό με δύο διαστάσεις μόνο ή όταν πάρει τα ηνία η κβαντική Φυσική.

Κοντά στους μηδέν βαθμούς Kelvin, τα άτομα θεωρητικά σταματούν σχεδόν τις κινήσεις τους και αποκαλύπτουν τον κβαντικό χαρακτήρα τους δημιουργώντας «υπερδομές» με απίστευτες, κυριολεκτικά, ιδιότητες. Οι δύο γνωστότερες είναι τα υπερρευστά και οι υπεραγωγοί.

Τα υπεραγώγιμα υλικά επιτρέπουν στο ηλεκτρικό ρεύμα να διέρχεται παρουσιάζοντας μηδενική αντίσταση, ενώ το υπερρευστό ήλιο παρουσιάζει μηδενικό ιξώδες στους -271 °C με αποτέλεσμα να σκαρφαλώνει στα τοιχώματα του δοχείου ή να παραμένει ακίνητο ενώ το δοχείο του περιστρέφεται.

Αυτός ο τομέας της Φυσικής ήταν γνωστός ήδη από το 1930, όταν ο Pyotr Kapitsa μελέτησε εμβριθώς το υπερρευστό ήλιο και κατέκτησε το Nobel του 1978. Οι τρεις Βρετανοί επιστήμονες όμως πήγαν αυτή τη γνώση αρκετά βήματα πιο πέρα.

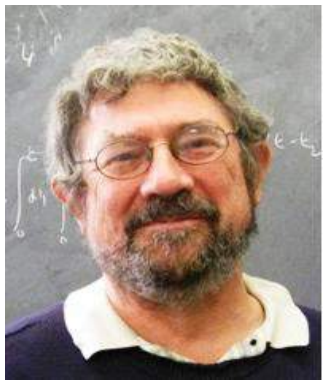
Τη δεκαετία του 1970 ο Kosterlitz και ο Thouless απέδειξαν ότι η υπεραγωγιμότητα και η υπερρευστότητα μπορούν να εμφανιστούν σε λεπτά στρώματα υλικού. Επιπλέον εξήγησαν το μηχανισμό (αλλαγή φάσης) με τον οποίο αυτές οι ιδιότητες χάνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Μερικά χρόνια μετά, ο Thouless απέδειξε ότι η αγωγιμότητα μπορεί να μετρηθεί με ακέραια βήματα και τοποθέτησε αυτή τη διαδικασία στον κλάδο της Τοπολογίας. Ο Haldane από τη μεριά του ανακάλυψε ότι τοπολογικές έννοιες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να κατανοηθούν οι ιδιότητες αλυσίδων μικρών μαγνητών που παρατηρούνται σε κάποια υλικά.

Οι δύο πρώτοι μελέτησαν υλικά με μορφή λεπτών φιλμ πάχους ενός μόνο ατόμου, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν δισδιάστατα αφού στερούνται βάθους, ενώ ο τρίτος ασχολήθηκε με υπέρλεπτες ίνες που θεωρούνται μονοδιάστατες.

Από τότε βέβαια έχει αποδειχτεί ότι παρόμοιες ιδιότητες παρουσιάζουν και συνηθισμένα τρισδιάστατα υλικά, ωστόσο η πρωτοποριακή δουλειά των Thouless, Haldane και Kosterlitz άνοιξε νέους δρόμους στην Επι-

*David J. Thouless*

*F. Duncan M. Haldane*



*J. Michael Kosterlitz*

στήμη των Υλικών και τη Φυσική της Στερεάς Κατάστασης ενώ ένα βήμα πιο κοντά μας ήρθαν οι κβαντικοί υπολογιστές και μια νέα γενιά ηλεκτρονικών.

Το βραβείο Νόμπελ συνοδεύεται φέτος από ένα έπαθλο περίπου 833.000 ευρώ, το ½ εκ των οποίων θα πάρει ο Thouless και από ¼ θα μοιραστεί ο Haldane και ο Kosterlitz. Πριν πιάσετε όμως με πανικό να ξαναδιαβάσετε το βιβλίο του Τραχανά για την Κβάντο 2, θυμηθείτε ότι ο νεότερος εκ των τριών νικητών είναι μόλις 65 χρόνων.

Έχουμε καιρό……

*Πηγές:*
*http://www.nobelprize.org*
*http://physics4u.gr*

## Είναι η ταχύτητα του φωτός θεμελιώδης σταθερά της φυσικής;

**Νικόλαος Βουρουτζής**
Επικ. Καθηγ.
Τμ. Φυσικής

Στη δημοσίευση τους, στις 28 Νοεμβρίου στο περιοδικό Physical Review B, ο João Magueijo από το Imperial College του Λονδίνου και ο Niayesh Afshordi από το Πανεπιστήμιο Waterloo του Καναδά, υποστηρίζουν μια παλαιότερη θεωρία, ότι η ταχύτητα του φωτός μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ζωής του σύμπαντος και περιγράφουν με ποιον τρόπο θα μπορούσε να ελεγχθεί αυτό.

Η θεωρία αυτή αποτελεί μια εναλλακτική πρόταση στη λύση του «προβλήματος του ορίζοντα» της κοσμολογίας. Το πρόβλημα συνίσταται στο γεγονός ότι σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και αν παρατηρήσουμε το σύμπαν φαίνεται να είναι το ίδιο δηλαδή είναι ομογενές και ισότροπο. Αυτό θα μπορούσε να ισχύσει μόνο εάν όλες οι περιοχές του σύμπαντος ήταν σε θέση να επηρεάσουν η μία την άλλη. Ωστόσο, εάν η ταχύτητα του φωτός είναι πάντα η ίδια, τότε δεν έχει περάσει αρκετός χρόνος για το φως να ταξιδέψει από τη μια άκρη του σύμπαντος στην άλλη.

Η επικρατούσα θεωρία για την ερμηνεία των παρατηρήσεων είναι αυτή του πληθωρισμού, σύμφωνα με την οποία το πρώιμο σύμπαν πέρασε από μία φάση βίαιης και απότομης διαστολής, η οποία κατάφερε να του «χαρίσει» ομοιογένεια, που διήρκησε ένα απειροελάχιστο χρονικό διάστημα. Στη θεώρηση αυτή για να διατηρούνται τόσο η ταχύτητα του φωτός όσο και οι νόμοι της φυσικής όπως τους γνωρίζουμε, απαιτείται η εφεύρεση ενός «inflaton πεδίου» - δηλαδή ενός συνόλου συνθηκών που υπήρχαν μόνο κατά τη χρονική εκείνη στιγμή και αυτό αποτελεί την αδυναμία της θεώρησης αυτής.

Σύμφωνα με τη θεωρία της μεταβαλλόμενης ταχύτητας του φωτός, αυτή ήταν πολύ μεγαλύτερη στο πρώιμο σύμπαν, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο να συνδέονται τα μακρινά άκρα του καθώς αυτό επεκτεινόταν. Επίσης η ταχύτητα του φωτός θα έπρεπε να μειώνεται με προβλέψιμο τρόπο σε σχέση με την μείωση της πυκνότητας του σύμπαντος.

Με τη θεωρία της μεταβολής της ταχύτητας θα πρέπει το μέγεθος που μετρά τις διακυμάνσεις της πυκνότητας στο πρώιμο σύμπαν, και ονομάζεται φασματικός δείκτης, να ισούται με 0,96478. Από τις μέχρι τώρα αστρονομικές παρατηρήσεις αυτός είναι ίσος περίπου με 0,968. Για να επιβεβαιωθεί λοιπόν η θεωρία θα πρέπει να γίνουν πιο ακριβείς μετρήσεις. Το αποτέλεσμα των μετρήσεων θα οδηγήσει στην αποδοχή ή μη μιας ακόμη θεωρίας για την ερμηνεία του κοσμολογικού προβλήματος του ορίζοντα. Αν αυτό επαληθευθεί θα έχει σαν συνέπεια η ταχύτητα του φωτός να μην είναι μια από τις θεμελιώδεις σταθερές της φυσικής κάτι που κλονίζει τα θεμέλια της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας του Einstein σύμφωνα με την οποία η ταχύτητα του φωτός στο κενό, c, ισούται με 299.792.458 μέτρα το δευτερόλεπτο και παραμένει αμετάβλητη για οποιονδήποτε παρατηρητή.

*Πηγές:*
*N. Afshordi, J.Magueijo, Critical geometry of a thermal big bang, Phys. Rev. B 94, 101301R, (2016).*

*http://www.pronews.gr/portal/20161129/genika/epistimes/27120/epistimones-ypostirizoyn-pos-ypostirizoyn-oti-i-tahytita-toy-fotos*

*http://www3.imperial.ac.uk/newsandeventspggrp/imperialcollege/newssummary/news_24-11-2016-10-12-58*

*https://www.newscientist.com/article/2113797-gravity-may-have-chased-light-in-the-early-universe/*

*http://www.wired.co.uk/article/putting-einstein-theory-relativity-test*

*http://egno.gr/2016/12/tachitita-tou-fotos-theoria-pou-prokaloi-ti-fisiki-tou-einstein-tha-borouse-na-elegchthoi-sintoma/*

# Έντεκα περίεργοι εξωπλανήτες

**Βασίλειος Νιαούρης**
Φοιτητής
Τμ. Φυσικής

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες από αστροφυσικούς και αστρονόμους για να εντοπιστούν πλανήτες πέρα από το ηλιακό μας σύστημα. Μέχρι πριν λίγο καιρό, αυτό ήταν αδύνατο, καθώς το φως των άστρων (τα οποία είναι ήλιοι, σχεδόν σαν τον δικό μας) ήταν πολύ πιο δυνατό σε σχέση με το χρώμα που εξέπεμπαν οι πλανήτες. Όμως, όταν περνά ένας πλανήτης μπροστά από το μητρικό του άστρο, το χρώμα του άστρου που φτάνει στην γη αλλάζει. Αυτή η αλλαγή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του πλανήτη και είναι αρκετά μικρή. Αλλαγή του χρώματος μπορεί να προκληθεί και με την κίνηση ενός πλανήτη γύρω από το άστρο του, καθώς το άστρο κινείται ανεπαίσθητα εξαιτίας του πλανήτη. Με τη σύγχρονη τεχνολογία, είναι δυνατός ο εντοπισμός αλλαγών τέτοιας κλίμακας.

Με τον εντοπισμό εξωπλανητών, οι επιστήμονες είναι σε θέση να μάθουν περισσότερα για τη δημιουργία των ηλιακών συστημάτων, πλανητών και των άστρων που τους φιλοξενεί, και από αυτά να καταλάβουν περισσότερα ακόμα και για το δικό μας ηλιακό σύστημα. Τέλος, είναι δυνατό να εντοπίσουν πλανήτες σαν την Γη, οι οποίοι είναι ίσως φιλόξενοι για το ανθρώπινο είδος και ίσως (πολύ μεγάλο ίσως!) έχουν εξωγήινη ζωή. Πρέπει να γίνει ξεκάθαρο, ότι όταν γίνεται αναφορά σε εξωγήινη ζωή, δεν σημαίνει ότι οι εξωγήινοι είναι απαραίτητα ανθρωπόμορφοι, όπως βλέπουμε σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας, αλλά μπορεί να είναι βακτήρια ή άλλα είδη μικροοργανισμών.

Έχουν ανακαλυφθεί αρκετοί εξωπλανήτες μέχρι σήμερα, αλλά κάποιοι είναι ακόμα πιο απίθανοι και από αυτούς στις ταινίες.

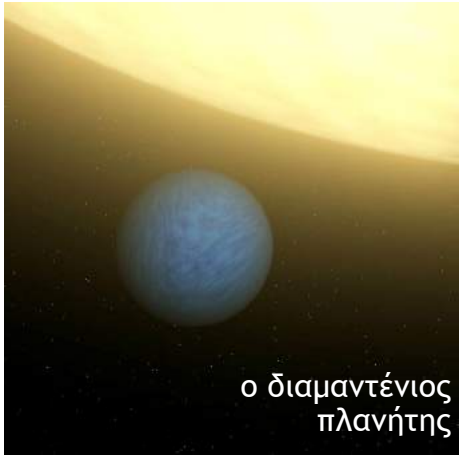
### *Ο σκοτεινός γίγαντας*

Πρόκειται για τον πιο σκοτεινό και αρκετά καυτό πλανήτη που έχει εντοπιστεί. Σε απόσταση 750 ετών φωτός, ο TreS 2b, καταβροχθίζει σχεδόν όλη την ακτινοβολία που δέχεται, ανακλώντας μόνο το 1 % από αυτή. Η θερμοκρασίες του αγγίζουν τους 980 $^{o}$C, μοιάζει σε μέγεθος με τον Δία (τον μεγαλύτερο πλανήτη του ηλιακού μας συστήματος), είναι ένας γίγαντας αερίων και η ελάχιστη ακτινοβολία που εκπέμπει είναι κόκκινη (λόγω της θερμοκρασίας του). Το σύνολο των χαρακτηριστικών αυτών τον κάνουν έναν από τους πιο τρομακτικούς πλανήτες που έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα.

### *Ο διαμαντένιος πλανήτης*

Αυτός ο εξωπλανήτης, είναι ένας από τους πιο περίεργους που έχουν βρεθεί, καθώς το 1/3 του αποτελείται από διαμάντι. Ο 55 Cancri – e βρίσκεται 40 έτη φωτός μακριά και με μέγεθος 2 Γαιών χαρακτηρίζεται ως υπεργαία. Αυτοί οι πλανήτες, είναι μεγαλύτεροι από τη Γη, μπορεί να αποτελούνται από αέρια, από βραχώδες έδαφος ή και από συνδυασμό αυτών, αλλά παρόλα αυτά είναι ελαφρύτεροι από τους αέριους γίγαντες. Ο πλανήτης αυτός βρίσκεται πάρα πολύ κοντά στο άστρο του, 18 φορές πιο κοντά από τον Ερμή, και δεν περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του, καταλήγοντας έτσι σαν την σελήνη η μία πλευρά του να κοιτά μόνο το άστρο του. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων που επικρατούν στον πλανήτη, σχηματίζονται διαμάντια, ενώ πολλά υγρά εμφανίζονται σε υπέρρευστη φάση.

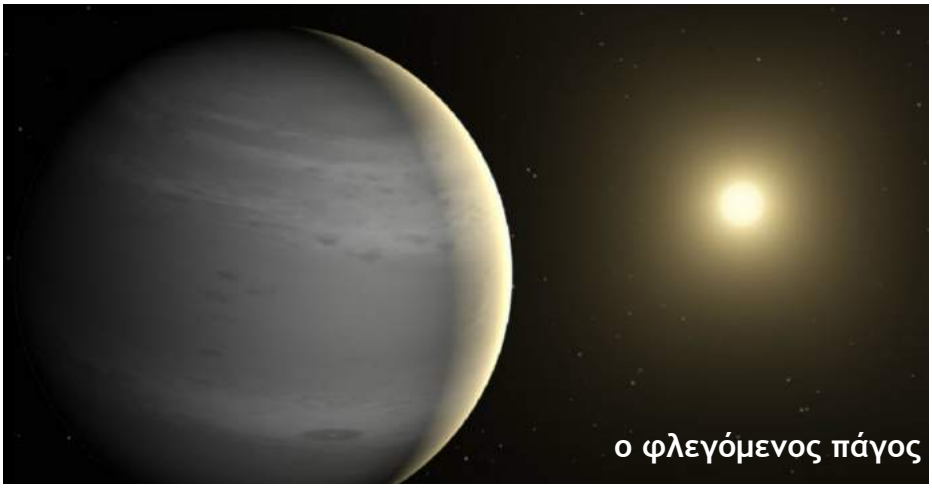
ο σκοτεινός γίγαντας



ο διαμαντένιος πλανήτης

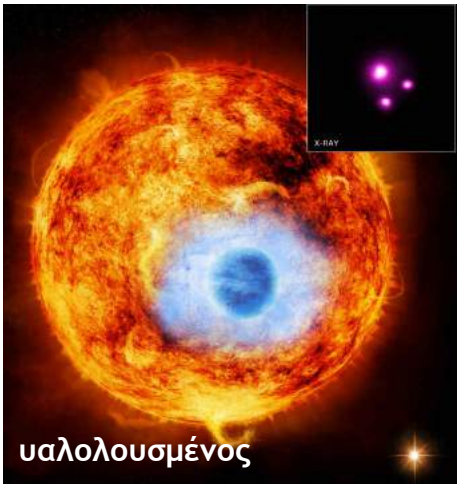
### *Φλεγόμενος Πάγος*

Ο πλανήτης αυτός είναι αρκετά περίεργος, καθώς, ενώ αποτελείται από πάγο, η θερμοκρασία του είναι περίπου 440 °C. Ο Gliese 436b μοιάζει πολύ με τον Ποσειδώνα (αέριος γίγαντας) αλλά δεν είναι καθόλου σαν αυτόν. Λόγω της μεγάλης βαρύτητας, ασκούνται τεράστιες πιέσεις στα αέρια του πλανήτη, τα οποία αναγκάζονται να στερεοποιηθούν, αφήνοντας ένα στρώμα αερίων από πάνω τους σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ακόμη, μια πλήρης περιστροφή γύρω από το μητρικό του άστρο διαρκεί μόλις δύο ημέρες.


ο φλεγόμενος πάγος

### *Υαλολουσμένος*

Ο εξωπλανήτης με κωδικό όνομα HD 189773b είναι ακόμα ένας αξιοπερίεργος πλανήτης. Αυτός, μοιάζει με το Δία, αλλά είναι πολύ πιο θερμός καθώς βρίσκεται πολύ κοντά στο άστρο του. Απέχει μόλις 63 έτη φωτός, επομένως είναι εύκολος στόχος για τη μελέτη παρόμοιων πλανητών από τους επιστήμονες. Όμως δεν είναι μόνο αυτό. Η ατμόσφαιρά του αποτελείται κυρίως από αέριο πυρίτιο, κύριο συστατικό του γυαλιού, το οποίο πέφτει σαν βροχή στην επιφάνεια του πλανήτη, όχι όμως κάθετα, αλλά οριζόντια. Οι άνεμοι γυαλιού μπορούν να φτάσουν τα 6000 km/h!



υαλολουσμένος

### *Καυτό Γεύμα*

Ο εξωπλανήτης Wasp – 12b είναι ένας από τους πιο καυτούς πλανήτες που έχει βρεθεί, με θερμοκρασία που αγγίζει τους 1.500 °C. Βρίσκεται περίπου 600 έτη φωτός μακριά από τη Γη, μοιάζει με το Δία, αν και λόγω θερμοκρασιών φαίνεται μεγαλύτερος και είναι τόσο θερμός γιατί βρίσκεται πολύ κοντά στο μητρικό του άστρο. Τόσο κοντά, που το άστρο του τον καταβροχθίζει. Η διάρκεια του έτους είναι 1.1 ημέρες και με τις ισχυρές δυνάμεις που ασκούνται πάνω του και την αδηφαγία του άστρου, ο πλανήτης δεν είναι σφαιρικός αλλά ωοειδής.

καυτό γεύμα

### *Κατοικήσιμο δακτυλίδι*

Ο Gliese 581b περιστρέφεται γύρω από έναν κόκκινο νάνο (είδος άστρου). Ο πλανήτης αυτός ήταν ένας από τους πρώτους που θεωρήθηκε ότι είναι ικανός να φιλοξενήσει ζωή. Είναι περίπου 3 – 4 φορές βαρύτερος από τη Γη, θεωρείται ότι είναι βραχώδης σαν τη γη, έχει βαρύτητα αρκετή ώστε να συγκρατήσει την ατμόσφαιρά του και περιστρέφεται γύρω από το άστρο του σε μόλις 37 ημέρες. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει η έννοια της ημέρας και της νύχτας σε αυτόν τον πλανήτη όπως την ξέρουμε εμείς οι γήινοι. Αυτός ο πλανήτης, όπως και η Σελήνη για τη Γη, βλέπει μόνο με τη μια πλευρά του άστρου του, με αποτέλεσμα η μια πλευρά του να είναι καυτή και να έχει συνεχώς μέρα, ενώ η άλλη να είναι παγωμένη και να έχει συνεχώς νύχτα. Υπάρχει όμως μια ζώνη ανάμεσα σε αυτές τις δύο περιοχές,

κατοικήσιμο δακτυλίδι

που ενώνει τους δύο πόλους, και θεωρείται από τους επιστήμονες κατοικήσιμη. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πιθανότητα να φιλοξενεί ήδη εξωγήινη ζωή ή ότι θα μπορούσαν να ζήσουν σε αυτόν άνθρωποι. Βρίσκεται μόλις 20 έτη φωτός μακριά από τη Γη και για αυτόν το λόγο στάλθηκε ένα μήνυμα από εμάς το οποίο αναμένεται να φτάσει το 2029.

### *Το μαύρο πρόβατο*

Ο πλανήτης αυτός είναι ένας από τους επιστημονικά αξιοπερίεργους. Το όνομά του είναι Wasp 17b και βρίσκεται περίπου 1000 έτη φωτός μακριά. Το μέγεθός του είναι 1.9 φορές μεγαλύτερο από αυτό του Δία και έχει πολύ χαμηλή πυκνότητα. Αυτό τον κάνει πρακτικά έναν εξωπραγματικό πλανήτη για τους επιστήμονες, καθώς θεωρητικά δε θα έπρεπε να υπάρχει. Ακόμη, βρέθηκε στην ατμόσφαιρά του νερό. Εκτός αυτών όμως, περιστρέφεται ανάποδα σε σχέση με το άστρο του. Γενικότερα, οι περισσότεροι πλανήτες, περιστρέφονται με την ίδια φορά περιστροφής του άστρου τους. Αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν τον Wasp 17b έναν αξιοπρόσεκτο πλανήτη.

### *Ηλιολουσμένος*

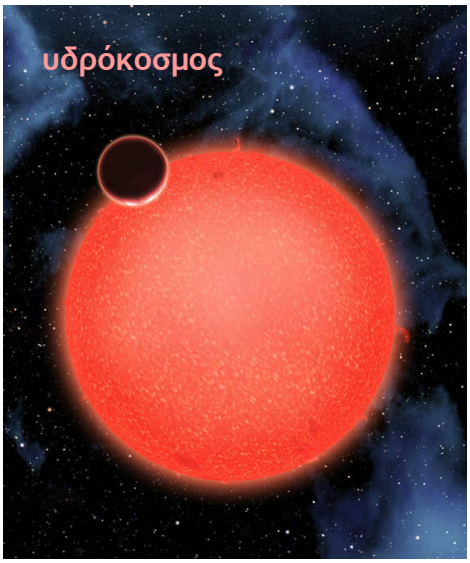
Ο πλανήτης HD 188753 Ab δεν έχει ένα, ούτε δύο, αλλά τρία μητρικά άστρα. Είναι ένας θερμός Δίας, λίγο μεγαλύτερος από το Δία και στην επιφάνειά του θα μπορούσαν να ειδωθούν καταπληκτικά φαινόμενα όπως εκλείψεις ηλίων, πολλαπλές ανατολές και δύσεις και άλλα παρόμοια φαινόμενα. Στην εικόνα φαίνεται ένα φεγγάρι του πλανήτη.

### *Υδρόκοσμος*

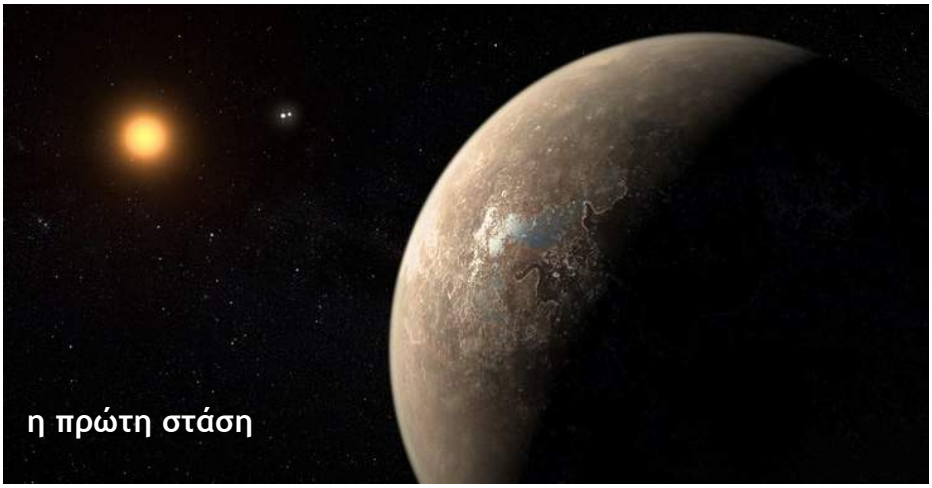
Ο εξωπλανήτης GJ 1214b είναι ένας πλανήτης γεμάτος νερό. Για την ακρίβεια ακόμα και το έδαφος αποτελείται από πάγο, ο οποίος έχει δημιουργηθεί λόγω ισχυρών πιέσεων. Γενικότερα το νερό υπάρχει σε όλες τις πιθανές μορφές του (αέριο, υγρό, υπερρευστό). Ακόμη, ίσως είναι από του πιο κρύους πλανήτες που έχουν βρεθεί μέχρι στιγμής, με θερμοκρασίες που δεν ξεπερνούν τους 300 $^{o}$C.

### *Σαν τη Γη*

Ένας από τους πιο αξιοπρόσεκτους είναι ο πλανήτης Kepler 438b. Βρέθηκε τον Ιανουάριο του 2015 και μοιάζει στη Γη κατά 88%. Πιθανότατα είναι ένας βραχώδης πλανήτης, είναι λίγο μεγαλύτερος από τη Γη, βρίσκεται στην κατοικήσιμη ζώνη στο



ηλιακό του σύστημα (δηλαδή βρίσκεται σε απόσταση τέτοια ώστε να μην υπερθερμαίνεται από το άστρο του αλλά ούτε και να είναι παγωμένος) και περιστρέφεται γύρω από το άστρο του σε λιγότερο από 36 μέρες. Οι θερμοκρασίες του κυμαίνονται περίπου στους 0 με 60 $^{o}$C γεγονός που τον καθιστά κατοικήσιμο.




### *Η πρώτη στάση*

Ο εξωπλανήτης Proxima b είναι ο πιο κοντινός που έχει βρεθεί μέχρι στιγμής, μιας και το άστρο γύρω από το οποίο περιστρέφεται είναι ο Εγγύτατος του Κενταύρου, αστέρι που απέχει μόλις 4,24 έτη φωτός από το ηλιακό μας σύστημα. Εκτός αυτού, βρίσκεται και στην κατοικήσιμη ζώνη του άστρου του και περιστρέφεται γύρω του σε λιγότερο από 12 μέρες. Είναι βραχώδης, 1,3 φορές μεγαλύτερος από τη Γη και στην επιφάνεια του ίσως υπάρχει νερό σε υγρή μορφή καθώς οι θερμοκρασίες του το επιτρέπουν. Οι συνθήκες που επικρατούν στον Proxima b τον καθιστούν πιθανότατα κατοικήσιμο. Ακόμα και αν δεν υπάρχει ζωή πάνω σε αυτόν, μπορεί να είναι η πρώτη στάση σε ένα δια-γαλαξιακό ταξίδι.

Η εύρεση εξωπλανητών είναι μια μεγάλη αστρονομική εκστρατεία, η οποία μόλις ξεκίνησε και έχει πολύ δρόμο ακόμα. Έχουν βρεθεί πάνω από 8 χιλιάδες πιθανοί εξωπλανήτες, ενώ έχει επιβεβαιωθεί η ύπαρξη περισσότερων από 3 χιλιάδες. Στα επόμενα χρόνια, αυτοί οι αριθμοί θα αυξάνονται εκθετικά, ανακαλύπτοντας όλο και πιο παράξενους νέους κόσμους. Και ποιος ξέρει, ίσως βρεθεί ένας που να μοιάζει σχεδόν απόλυτα με τη Γη. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα έχει ζωή, πόσο μάλλον νοήμονα, αλλά αν είναι κοντά μας, τότε ίσως υπάρχει μια πιθανότητα αποίκησής του. Ακόμα και αυτό όμως είναι αδύνατο με την σημερινή τεχνολογία των διαστημοπλοίων.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι εικόνες είναι καλλιτεχνικές απεικονίσεις των πλανητών και σε καμία περίπτωση δεν είναι φωτογραφίες τηλεσκοπίου. Ακόμη, τα προσωνύμια που δόθηκαν σε κάθε πλανήτη είναι καθαρά ονόματα που επέλεξε ο αρθρογράφος και δεν αποτελούν επίσημα ονόματα.

***Πηγές:***
***www.nasa.gov***
***en.wikipedia.org***

## Εξωγήινοι χαρακτήρες στο σινεμά * http://screenpicks.com, http://www.telegraph.co.uk *

# Σκοτεινή ύλη και τροποποιημένη Νευτώνεια δυναμική

**Μαρία Κρικέλη**
Φοιτήτρια
Τμ. Φυσικής

### *Ιστορική ανασκόπηση*

Σήμερα είναι γνωστό, ότι το Σύμπαν μας αποτελείται από 4,9% (ορατή) ύλη, 68,3% σκοτεινή ενέργεια, και 26,8% σκοτεινή ύλη. Τι εννοούμε όμως με τον όρο σκοτεινή ύλη και γιατί χρειάστηκε να την συμπεριλάβουν στα μοντέλα τους οι επιστήμονες; Πώς ανιχνεύθηκε και ποιος ο ρόλος της στην εξέλιξη των γαλαξιών και κατά επέκταση του Σύμπαντος; Αυτά και άλλα τόσα ερωτήματα έχουν απασχολήσει τους ερευνητές προσπαθώντας να δώσουν ικανοποιητικές εξηγήσεις σε αντιφάσεις που προέκυψαν από παρατηρήσεις που είχαν γίνει το 1932, από τον Ολλανδό Αστρονόμο Jan Oort (1900-1992) και τον Ελβετό Αστρονόμο Fritz Zwicky (1898-1972). Αναφορικά, ο Jan Oort υπολογίζοντας τις ταχύτητες των αστέρων που κινούνται γύρω από το κέντρο του Γαλαξία μας, αλλά και αυτών που κινούνται στην άλω, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η τροχιακή ταχύτητα των αστέρων, δεν μειωνόταν όπως προέβλεπε ο 2ος νόμος του Νεύτωνα, αλλά αντίθετα παρέμενε σταθερή. Ο Fritz Zwicky, μελετώντας ένα μικρό σμήνος αποτελούμενο από γαλαξίες (Coma cluster ή Abell 1656) και υπολογίζοντας τη δυναμική μάζα του, δηλαδή τη μάζα που προκύπτει από τους νόμους του Νεύτωνα, καθώς και τη «φωτεινή» μάζα, δηλαδή τη μάζα που αντιστοιχεί σε αέρια, αστέρες, ακτινοβολία ακτίνων Χ και σε ουδέτερο Υδρογόνο (στα 21 cm), και είναι ανιχνεύσιμη από διαστημικά (και μη) τηλεσκόπια, παρατήρησε ότι η δυναμική μάζα του σμήνους ήταν 400 φορές μεγαλύτερη από τη «φωτεινή» μάζα. Εκτός από αυτό, η κινητική ενέργεια του σμήνους βρέθηκε να είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι υποθέτονταν (θεώρημα Virial). Αυτό σήμαινε ότι κάποιο μη ανιχνεύσιμο είδος ύλης ένωνε τους γαλαξίες μεταξύ τους. Βέβαια, για κάποιο μη προφανή λόγο, οι επιστήμονες δεν έδωσαν βάση σε αυτές τις ανακαλύψεις με αποτέλεσμα να περιπέσουν σε αφάνεια για τουλάχιστον 50—60 χρόνια. Μετέπειτα, στην δεκαετία του '90, ερευνητές βλέποντας πως τα μοντέλα τους, στη γαλαξιακή δυναμική, απέκλιναν από τις παρατηρήσεις, κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα με αυτών του Fritz Zwicky και του Jan Oort.

Η πιθανότητα ύπαρξης ύλης η οποία δεν έχει ανιχνευθεί ακόμη, προκάλεσε μεγάλη εντύπωση και ερωτηματικά στους επιστήμονες. Από τι μπορεί να αποτελείται λοιπόν η σκοτεινή ύλη; Υπάρχουν πολλές θεωρίες και προτάσεις, οι οποίες όμως δεν έχουν επαληθευθεί ακόμη. Μέχρι στιγμής, οι ερευνητές έχουν καταφέρει να αποκλείσουν μόνο μερικές ιδέες. Σύμφωνα με τα τωρινά δεδομένα, η σκοτεινή ύλη δεν είναι αστέρες φασματικού τύπου K ή M ούτε αντιύλη μιας και θα έπρεπε να είχαμε παραγωγή ακτίνων γ μόλις επιδρούσε με την ορατή ύλη. Επίσης, αν και διατυπώθηκε η ιδέα ότι μπορεί να αποτελείται από μελανές οπές, αποκλείστηκε καθώς θα έπρεπε να είχαμε το σχηματισμό δίσκου προσαύξησης και κατά συνέπεια εκπομπή ακτίνων Χ, κάθε φορά που ορατή ύλη παγιδευόταν σε αυτή λόγω του τεράστιου βαρυτικού πεδίου της. Παρόλα αυτά ερευνητές από το Πανεπιστήμιο του Harvard, και συγκεκριμένα ο αστροφυσικός Avi Loeb με την ομάδα του, πιστεύουν ότι η σκοτεινή ύλη είναι μικροσκοπικές μελανές οπές, οι οποίες λόγω της ταχύτατης περιστροφής τους, ανακλούν το φως αν αυτό έρχεται υπό συγκεκριμένη γωνία. Αν και σαν ιδέα μπορεί να λειτουργήσει σε μεμονωμένους γαλαξίες δεν δίνει επαρκή εξήγηση για τα σμήνη των γαλαξιών.

### *MACHOs, WIMPs και ο ρόλος της υπερσυμμετρίας*

Άρα τι ισχύει λοιπόν; Σύμφωνα με τα τελευταία μοντέλα, η αντίληψη που επικρατεί είναι ότι η σκοτεινή ύλη είναι κατά 97% μη βαρυονική ενώ μόλις το 3% είναι βαρυονική (δηλαδή αποτελείται από τα γνωστά σωματίδια, νετρόνια, ηλεκτρόνια και πρωτόνια). Από τα μέχρι τώρα δεδομένα, θεωρείται ότι η βαρυονική σκοτεινή ύλη κατά πάσα πιθανότητα αποτελείται από:

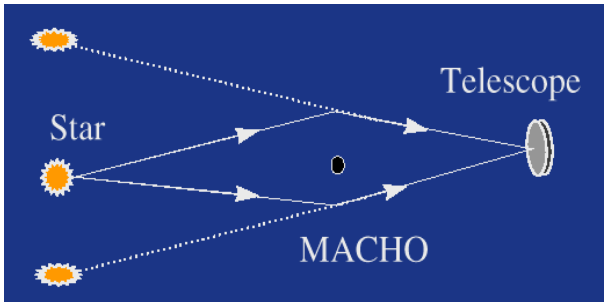
- Πλανήτες, οι οποίοι περιφέρονται ελεύθερα και δεν ανήκουν σε κανένα πλανητικό σύστημα.
- Μαύρους νάνους, δηλαδή νεκρά αστρικά σώματα τα οποία έχουν διοχετεύσει όλη την εναπομείνασα ενέργεια που είχαν ως λευκοί νάνοι στο διά-

στημα, με αποτέλεσμα τώρα να φαίνονται σκοτεινοί και αόρατοι από τον παρατηρητή.

- Αστρικά υπολείμματα από εκρήξεις υπερκαινοφανών τύπου II.
- Αέρια, τα οποία δεν έχουν συμπεριληφθεί στις μετρήσεις.
- Αστέρες 1ης γενιάς.

Βέβαια, έχει προταθεί η ιδέα από τον αστροφυσικό Kim Griest, ότι η βαρυονική σκοτεινή ύλη μπορεί να αποτελείται από υπερμεγέθη αστρικά σώματα (MACHOs: Massive Compact Halo Objects), τα οποία έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό, τη μη αλληλεπίδραση τους με την ύλη. Θεωρείται ότι το 10% αυτών είναι σώματα με διαστάσεις της τάξης των $10^{-5} M_\odot \leq M \leq 10^{-3} M_\odot$ (όπου $M_\odot$ είναι η ηλιακή μάζα) ενώ το υπόλοιπο 90% των MACHOs είναι της τάξης των $M \geq 0{,}1\ M_\odot$. Τι είναι όμως τα MACHOs; Η φύση των εξωτικών αυτών αντικειμένων δεν είναι απόλυτα γνωστή. Παρόλα αυτά, τρεις αποστολές που ασχολούνται με το θέμα, η MACHO, EROS, και OGLE, παρατηρώντας εκατομμύρια αστέρες από το Μεγάλο Μαγγελανικό Νέφος (LMC), το Μικρό Μαγγελανικό Νέφος (SMC) και το Γαλαξιακό κέντρο, βρήκαν τις πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη MACHOs. Χρησιμοποίησαν μια μέθοδο παρόμοια με αυτή των βαρυτικών φακών ή αλλιώς της βαρυτικής εστίασης, τη λεγόμενη βαρυτική μικρό-εστίαση (gravitational microlensing). Αν και αυτές οι δύο μέθοδοι είναι παρόμοιες, διαφέρουν σε δύο σημεία:

- Η μέθοδος των βαρυτικών φακών βασίζεται, για την ανίχνευση μιας αστρικής πηγής, στην κάμψη της διεύθυνσης του φωτός που εκπέμπει, και η οποία δημιουργείται από μεγάλης μάζας αστρικά αντικείμενα (π.χ. σμήνη γαλαξιών), ενώ η μέθοδος της βαρυτικής μικρό-εστίασης (ή των μικρο-φακών) εστιάζει στην ανίχνευση ενός αστρικού αντικειμένου που εκπέμπει λιγοστό ή καθόλου φως, μέσω αστρικών αντικειμένων, π.χ. άστρα ή πλανητικά συστήματα, τα οποία λειτουργούν ως πηγές.
- Η παρατήρηση ενός τέτοιου συμβάντος βαρυτικής μικρο-εστίασης, μπορεί να ανιχνευθεί μόνο σε μικρές αποστάσεις, δηλαδή στον Γαλαξία μας, στα Μαγγελανικά νέφη (LMC, SMC) και στην Ανδρομέδα. Ενώ η παρατήρηση βαρυτικής εστίασης επεκτείνεται σε αστρικά αντικείμενα πολύ μεγάλης μάζας, π.χ. γαλαξιακά σμήνη, και σε πολύ μεγάλες αποστάσεις r>100 kpc.




*Η μέθοδος της μικρο-εστίασης για την ανίχνευση MACHOs*

Αν και σαν μέθοδος ανίχνευσης τέτοιων αντικειμένων δεν θεωρείται απόλυτα έγκυρη λόγω της σπανιότητας που παρουσιάζουν τέτοια φαινόμενα (6-8 συμβάντα/ 9.500.000), παρόλα αυτά, θεωρώντας ότι το σχήμα που θα αποκτήσει το αστρικό αντικείμενο στο οπτικό μας πεδίο λόγω της βαρυτικής μικρό-εστίασης είναι δακτυλιοειδές (δακτύλιος Einstein), μπορούμε να υπολογίσουμε την ακτίνα του σκοτεινού αστρικού σώματος που παρεμβάλλεται μεταξύ του οπτικού μας πεδίου και του αστρικού αντικειμένου, σύμφωνα με την εξίσωση:

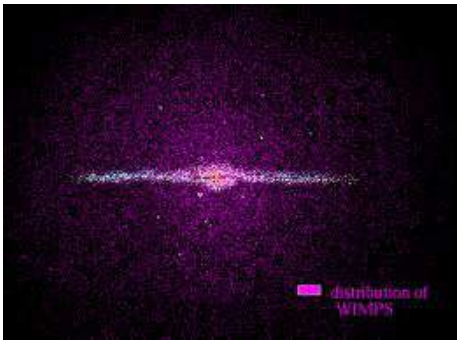
$$r = 610 R_\odot \left( \frac{m}{M_\odot} \frac{L}{kpc} x(x-1) \right)^{1/2}$$

όπου L είναι η απόσταση του αστρικού αντικειμένου από τη Γη, m η μάζα του MACHO, $R_\odot$ και $M_\odot$ τυπικές τιμές ακτίνας και μάζας του Ήλιου και x είναι η απόσταση του MACHO διαιρεμένη με την απόσταση του αστρικού αντικειμένου.

Η βαρυτική μικρο-εστίαση, έχει ευαισθησία ανίχνευσης αστρικών σωμάτων που να ανήκουν στην κατηγορία των MACHOs από $10^{-8} M_\odot$ μέχρι $10^{3} M_\odot$. Η επικρατούσα άποψη σχετικά με τη φύση τους, είναι ότι τα MACHOs με μικρή μάζα, $\sim 10^{-8} M_\odot$, πιθανότατα δημιουργήθηκαν από άστρα πρώτης γενιάς τα οποία αποτελούνται από υδρογόνο και ήλιο με μάζα $10^{-9} M_\odot \leq M \leq 10^{-7} M_\odot$ και θα έχουν εξατμιστεί σε χρόνο λιγότερο από 12 δισεκατομμύρια χρόνια, ενώ τα υπόλοιπα με μάζα περίπου $10^{-3} M_\odot$, συγχωνεύτηκαν σε αστρικά σμήνη.

Βέβαια υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα και ελάχιστα δεδομένα, τα οποία δεν μπορεί να καλύψει αυτή η επιστημονική προσέγγιση του θέματος γι' αυτό και διατυπώθηκε μια άλλη θεωρία για το τι μπορεί να είναι η σκοτεινή ύλη, κάνοντας μια μικροσκοπική προσέγγιση.

Μια δεύτερη, αλλά εξίσου σημαντική αντίληψη που δημιουργήθηκε στην επιστημονική κοινότητα, είναι ότι η βαρυονική σκοτεινή ύλη αποτελείται από σωματίδια, τα οποία αλληλεπιδρούν ελάχιστα ή καθόλου με τη «συνηθισμένη» ύλη και ονομάζονται WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles). Όπως, περιγράψαμε και παραπάνω, τα σωματίδια αυτά αλ-




***Η πιθανότερη κατανομή των WIMPs στο γαλαξιακό επίπεδο.***

ληλεπιδρούν ασθενώς με την ύλη, μέσω της βαρύτητας ή της ασθενούς πυρηνικής δύναμης, όχι όμως με την ισχυρή πυρηνική ή την ηλεκτρομαγνητική. Γι' αυτό θεωρείται ότι τα WIMPs μπορεί να είναι νετρίνα, μιας και έχουν παρόμοιες ιδιότητες, αλλά με πολύ μεγαλύτερη μάζα, τα οποία κατακλύζουν όχι μόνο το πλανητικό σύστημα αλλά και τον Γαλαξία μας. Δυστυχώς είναι σχεδόν αδύνατο να ανιχνευθούν λόγω του ότι δεν αλληλεπιδρούν με φωτόνια ούτε με πυρήνες ατόμων. Ωστόσο, σε θεωρητικό επίπεδο, λύνουν αρκετά κοσμολογικά προβλήματα που προκύπτουν από αυτό. Πάντως, σύμφωνα με τις τελευταίες θεωρητικές έρευνες, τα WIMPs δημιουργήθηκαν λίγο μετά τη μεγάλη έκρηξη και είχαν την ίδια αριθμητική πυκνότητα με αυτή των φωτονίων, όταν το Σύμπαν είχε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και βρίσκονταν σε θερμική ισορροπία. Όταν το Σύμπαν άρχισε να ψύχεται, ο αριθμός των φωτονίων και των WIMPs μειωνόταν. Όταν η θερμοκρασία έφθασε μια συγκεκριμένη τιμή (χαμηλότερα από τη μάζα των WIMPs, $M_{WIMPs}$), η αριθμητική πυκνότητα τους μειωνόταν εκθετικά σύμφωνα με την εξίσωση $N=e^{-M_{WIMPs}/T}$ μέχρι τη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας του Σύμπαντος. Με βάση τους παραπάνω συλλογισμούς πρέπει να έχουν μείνει πλέον πολύ λίγα σε σχέση με τον αρχικό αριθμό τους. Η εξίσωση του Boltzmann περιγράφει με πολύ καλή ακρίβεια τη διαδικασία αυτή, αλλά δεν θα αναφερθούμε διότι ξεφεύγουμε από την λογική του παρόντος άρθρου.

Η φύση της σκοτεινής ύλης έχει συνδεθεί και με υπερσυμμετρικά σωματίδια όπως τα Higgsinos, Z-inos, photinos, τα squarks και τα selectrons (τα σωματίδια με κατάληξη –inos είναι υπερσυμμετρικά φερμιόνια των μποζονίων, ενώ αυτά με το γράμμα "s" είναι υπερσυμμετρικά μποζόνια των φερμιονίων). Ο συνδυασμός των παραπάνω (photino, Higgsino και Z-ino) μπορούν να δημιουργήσουν τα λεγόμενα νετραλίνα, υπερσυμμετρικά σωματίδια που αλληλεπιδρούν με ήλεκτροασθενείς δυνάμεις με την ύλη. Αυτή τους η ιδιότητα τα καθιστά ιδανικό υποψήφιο για την φύση της σκοτεινής ύλης. Πειράματα στο LHC του CERN δεν έχουν ανιχνεύσει κάποιο υπερσυμμετρικό σωματίδιο, αλλά αν συμβεί αυτό θα είναι μεγάλη επανάσταση!

## *Προς αναζήτηση των WIMPs*

Πολυάριθμα πειράματα έχουν στηθεί ανά ήπειρο, επίγεια και μη, προς αναζήτηση των WIMPs. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι το LUX, CDMS, SCDMS, CREST-II, DAMA/NaI, DAMA LIBRA, PICASSO, XENON100, ZEPLIN III και το Heidelberg-Moscow germanium experiment. Μερικοί επιστήμονες που συμμετέχουν στα πειράματα αυτά, υποστηρίζουν ότι έχουν ανιχνεύσει ήδη σκοτεινή ύλη. Βέβαια τίποτα δεν είναι σίγουρο ακόμη. Σε αυτό σημείο θα ήθελα να κάνω μια ιδιαίτερη αναφορά στο πείραμα PICASSO, μιας και είχα την τιμή να το επισκεφτώ καθώς και το SCDMS, διότι τα αποτελέσματα του παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

### *Πείραμα PICASSO*

Ο ανιχνευτής PICASSO, βρίσκεται στο εργαστηριακό κέντρο SNOLAB (Sudbury Neutrino Observatory-Laboratory), λίγο έξω από την πόλη Sudbury στο Ontario του Καναδά. Αυτό που κάνει μοναδικό το συγκεκριμένο κέντρο είναι, ότι βρίσκεται 2 km κάτω από την επιφάνεια της γης! Η πρόσβαση στα πειράματα γίνεται μόνο με ειδικό ανελκυστήρα και μετά από περπάτημα 1-2 km μέσα σε τούνελ. Η μέση θερμοκρασία που επικρατεί σε αυτό το βάθος είναι 43-45 $^{o}$C.

Μέσα στα εργαστήρια βρίσκεται ο ανιχνευτής, στον οποίο περιέχονται εκατομμύρια μικροσκοπικά σταγονίδια υπερθερμαινόμενου υγρού (πάνω από το σημείο βρασμού), χημικής σύστασης $C_4F_{10}$ και είναι διασκορπισμένα σε πολυμερές ή παχύρευστο μέσο. Η κύρια ιδέα αυτού είναι πως η ανίχνευση ενός σωματιδίου WIMPs γίνεται αν αυτό προσκρούσει πάνω στο σταγονίδιο και αλληλεπιδράσει με το άτομο του F. Αν γίνει αυτό, η κινητική ενέργεια από αυτή την αλληλεπίδραση θα μεταφερθεί στο σταγονίδιο, με αποτέλεσμα, να αυξηθεί το μέγεθος του και να εξατμιστεί λόγω της ασταθούς κατάστασης του. Η ανίχνευση τέτοιου συμβάντος γίνεται μέσω πιεζοηλεκτρικών στοιχείων τα οποία μετατρέπουν αυτή την αλληλεπίδραση σε ακουστικό παλμό. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές πραγματοποιούνται σε συγκεκριμένες ενέργειες ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε απορρόφηση ακτινών γ κ.λ.π. καθώς και οι συγκρούσεις με

*Η διάταξη του ανιχνευτή PICASSO*

μιόνια.

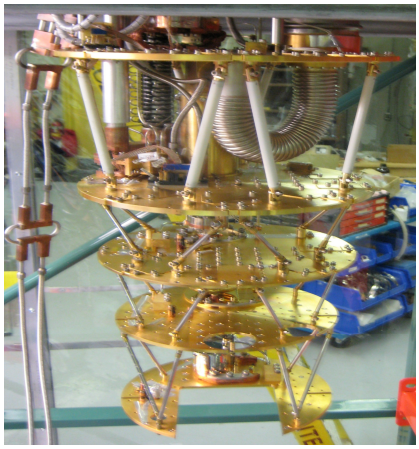
Μέχρι στιγμής, δυστυχώς δεν υπήρξε καμία ανίχνευση τέτοιου συμβάντος από τον PICASSO. Η κύρια σκέψη όλων ήταν ότι ο ανιχνευτής δεν έχει ακόμη φθάσει σε ικανό βαθμό ευαισθησίας για να ανιχνεύσει τέτοιου είδους σωματίδια. Η μόνη βελτίωση που θα υπάρξει είναι η αλλαγή του «υπερθερμαινόμενου» υγρού.

*Πείραμα SCDMS*

Ένα ακόμη πείραμα που σχεδιάστηκε για την ανίχνευση των WIMPs είναι το Super Cryogenic Dark Matter Search (SCDMS). Αρχικά είχε τοποθετηθεί στο Stanford University αλλά μετέπειτα μεταφέρθηκε στο Soudan της Minnesota των ΗΠΑ. Βέβαια, μέσα στο 2014 θα μεταφερθεί εκ νέου στις εγκαταστάσεις του SNOLAB (Sudbury, Canada). Ο στόχος του πειράματος βασίζεται στην μέτρηση της ενέργειας πέδησης (recoil energy) η οποία προκύπτει όταν ένα σωματίδιο (στην περίπτωση μας ένα WIMP) συγκρούεται ελαστικά με ένα άτομο ή πυρήνα ενός συγκεκριμένου υλικού. Στο συγκεκριμένο πείραμα, η διάταξη περιέχει 15 κυλινδρικούς κρυστάλλους Ge (Γερμανίου), βάρους 0,6 kg ο καθένας, ομαδοποιημένους σε 3 ή 5 ομάδες. Κάθε κρύσταλλος, είναι εφοδιασμένος με ανιχνευτές φωνονίων (phonons) και ιονισμένων φωνονίων (iZIP). Η χρησιμότητα τους στηρίζεται στο γεγονός ότι, μόλις ένα WIMP εισχωρήσει μέσα στο υλικό, δεν θα συγκρουστεί ελαστικά μόνο με ένα άτομο ή πυρήνα, αλλά με όλα τα υπόλοιπα, καθώς και με τα ηλεκτρόνια του κρυστάλλου. Οι συγκρούσεις αυτές προκαλούν την ταλάντωση τους με αποτέλεσμα να μεταφέρονται κβάντα ενέργειας (φωνόνια) μεταξύ αυτών. Οι ανιχνευτές βρίσκονται σε χαμηλή θερμοκρασία έτσι ώστε η ενέργεια που θα μετράται να είναι λόγω της αλληλεπίδρασης WIMPs-πυρήνων και όχι από θερμικές διεργασίες των πυρήνων του υλικού.

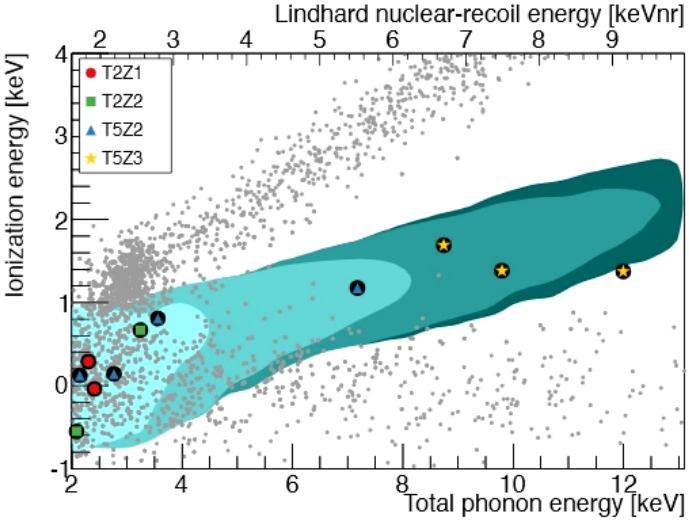
Μετά από 577 ημέρες λειτουργίας του πειράματος, ανιχνεύθηκαν 11 «γεγονότα» που υποδηλώνουν ότι WIMPs, ενέργειας E ≤ 30 GeV, αλληλεπίδρασαν με τα άτομα του υλικού. Μάλιστα, η ενέργεια πέδησης που μετρήθηκε βρίσκεται στην περιοχή των 1,6-10 keV.

Βέβαια για να εξαχθούν τα παραπάνω συμπεράσματα, απέκλεισαν «γεγονότα» χαμηλής ενέργειας (<1,6 keV) τα οποία περιείχαν θόρυβο, εξαιτίας του συνεχούς χαμηλού θορύβου των ανιχνευτών φωνονίων. Επίσης, έπρεπε να απορριφθούν «γεγονότα» τα οποία παρήγαγαν μιόνια καθώς και αυτά που εντοπίστηκαν από περισσότερους από έναν, ανιχνευτές, διότι προέκυπταν από άλλου είδους αλληλεπιδράσεις



*Η διάταξη του ανιχνευτή SCDMS*

Δυστυχώς οφείλουμε να τονίσουμε ότι στα αποτελέσματα του SCDMS, υπεισέρχονται εκτός από τυχαία και κάποια συστηματικά σφάλματα με αποτέλεσμα να μειώνουν την απόδοση του πειράματος και κατά συνέπεια την αξιοπιστία των μετρήσεων. Μάλιστα, ο αριθμός




*Αποτελέσματα του πειράματος του SCDMS. Οι αποχρώσεις του μπλε υποδηλώνουν την περιοχή στην οποία, με βάση θεωρητικούς υπολογισμούς, υπάρχει αυξημένη πιθανότητα να ανιχνευθούν WIMPs, ενώ οι γκρι κουκίδες τον αριθμό φωνονίων. Οι χρωματιστές κουκίδες δείχνουν τα 11 ανιχνευμένα «γεγονότα». Είναι εντυπωσιακή η συμφωνία του πειράματος με τους θεωρητικούς υπολογισμούς.*

των γεγονότων είναι πολύ μικρός ώστε να υπάρξει μια οριστική απάντηση. Υπάρχουν τα WIMPs ή όχι; Το πείραμα διεκόπη, αλλά θα λειτουργήσει ξανά μόλις εγκατασταθεί πλήρως στο SNOLAB.

### *Η περίπτωση των αξιονίων*

Ένας άλλος σημαντικός υποψήφιος για σωματίδιο της σκοτεινής ύλης θεωρείται το αξιόνιο (axion). Πρόκειται για ένα ψευδοβαθμωτό μποζόνιο, που η ύπαρξή του προτάθηκε θεωρητικά τη δεκαετία του 1970 για να αιτιολογήσει την παρατηρούμενη απόλυτη διατήρηση της συμμετρίας CP στις ισχυρές αλληλεπιδράσεις. Αρχικά θεωρήθηκε ότι το μποζόνιο αυτό πρέπει να έχει μάζα $m_a \cong 100$ keV και να είναι ασταθές σωματίδιο, διασπώμενο σε δύο ισοενεργειακά φωτόνια, σε χρόνο της τάξης του 1 sec. Σύντομα τα πειράματα υψηλών ενεργειών έδειξαν ότι τέτοιο σωματίδιο δεν υπάρχει. Προτάθηκε λοιπόν το 1980 αναμορφωμένη η αρχική θεωρία η οποία τώρα προέβλεπε για το αξιόνιο μάζα $m_a \leq 10^{-2}$ eV και χρόνο ζωής πρακτικά άπειρο. Ένα τέτοιο "αόρατο" αξιόνιο, αποτελεί προφανώς έναν καλό υποψήφιο για σωματίδιο σκοτεινής ύλης. Τα αξιόνια είναι δυνατόν να έχουν παραχθεί στο πρώιμο σύμπαν σε αφθονία αρκετή για να κλείσει το σύμπαν.

Από τις πρώτες προτάσεις για πειράματα ανίχνευσης των «αόρατων» αξιονίων είναι αυτή του P. Sikivie το 1983. Αυτός στηρίχτηκε στην ιδέα ότι ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο μετατρέπει τα αξιόνια σε φωτόνια ίσης μάζας, άρα σε μικροκύματα για κάποια αντίστοιχη τιμή μάζας. Πρότεινε λοιπόν την ανίχνευση αυτών των μικροκυμάτων με κοιλότητες συντονισμού από χαλκό, σε χαμηλή θερμοκρασία ώστε να μην υπάρχει θερμικός θόρυβος. Ρυθμίζοντας κανείς τη συχνότητα συντονισμού θα πρέπει να δει απότομη αύξηση της ενέργειας στην κοιλότητα σε συγκεκριμένη συχνότητα. Το πρώτο τέτοιου είδους πείραμα πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ το 1987, υπό την καθοδήγηση του A. Μελισσινού, σε μια στενή περιοχή περί την τιμή $5\times10^{-6}$ eV, με τη χρήση υπεραγώγιμου μαγνήτη. Το αποτέλεσμα ήταν αρνητικό παρά τη μεγάλη ευαισθησία του πειράματος. Παρόμοια πειράματα έγιναν και αργότερα σε άλλες περιοχές ενέργειας μικροκυμάτων και πάλι όμως χωρίς θετικό αποτέλεσμα.

Έτσι οι ερευνητές αναζήτησαν και άλλες πηγές που θα μπορούσαν να παράγουν αξιόνια. Μια από αυτές θεωρήθηκε το μητρικό μας άστρο, ο Ήλιος.

### *Το πείραμα CAST*

Το πείραμα CAST (Cern Axion Solar Telescope) σχεδιάστηκε ειδικά για την ανίχνευση αξιονίων προερχόμενων από τον Ήλιο, μάλιστα με συμμετοχή ερευνητών και από το ΑΠΘ. Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιείται ένας υπεραγώγιμος μαγνήτης 9.5 T με μήκος 10 m, ο οποίος είναι σε ευθυγράμμιση με τον ήλιο και είναι ικανός να ανιχνεύσει τα αξιόνια εφ' όσον αυτά εκπέμπονται από τον Ήλιο. Πρόκειται δηλαδή για ένα «τηλε-σκόπιο ηλιακών αξιονίων». Τα ηλιακά αξιόνια υποτίθεται ότι δημιουργούνται από τα φωτόνια του πυρήνα του Ήλιου, υπό την επίδραση των ισχυρών ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων του. Τα ηλιακά αξιόνια ταξιδεύουν μέχρι τη Γη, και όταν εισέρχονται στον μαγνήτη του CAST, υπάρχει πιθανότητα να μετατρέπονται σε ακτίνες X της ίδιας θερμικής κατανομής με αυτήν των αξιονίων από τα οποία προήλθαν. Οι ακτίνες X θα ανιχνεύονται με κάποιον κατάλληλο ανιχνευτή χαμηλού κατωφλίου (ανιχνευτής micromegas). Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του πειράματος είναι ότι μπορεί να συγκρίνει τις καταγραφές των ανιχνευτών του όταν ο μαγνήτης παρακολουθεί τον Ήλιο, με αυτές που καταγράφονται όταν δεν τον παρακολουθεί, εξαλείφοντας έτσι σχεδόν κάθε πιθανότητα συστηματικού σφάλματος.

Δυστυχώς, από τις αναλύσεις των αποτελεσμάτων του πειράματος δεν βρέθηκε καμία ένδειξη η οποία να υποδηλώνει ανίχνευση ηλιακών αξιονίων.

### *Μια διαφορετική προσέγγιση*

Πολλοί φυσικοί αμφισβητούν τα παραπάνω αποτελέσματα, θεωρώντας πως δεν υπάρχει σκοτεινή ύλη. Προτάθηκαν μάλιστα δύο αξιόλογες ιδέες, η MOND (Modified Newtonian Dynamics) και η λύση Tully-Fisher. Θα αναφερθούμε σε αυτές τις δύο, συνοπτικά, καθώς και στον ρόλο που είχαν στην δική μας εργασία που κά-

*Η διάταξη του πειράματος CAST*

ναμε στο Perimeter Institute for Theoretical Physics με supervisor μας τον Dr. Sean Gryb.

*Η θεωρία MOND*

Η MOND (Modified Newtonian Dynamics) προτάθηκε για πρώτη φορά από τον φυσικό Mordehai Milgram το 1983, για να εξηγήσει το πρόβλημα της ταχύτητας περιστροφής των σπειρών των γαλαξιών. Βασίζεται στην τροποποίηση του νόμου της βαρύτητας του Νεύτωνα έτσι ώστε δεν χρειάζεται να εισαχθεί η ύπαρξη σκοτεινής ύλης. Ο νόμος της βαρύτητας λειτουργεί αρκετά ικανοποιητικά στο κέντρο ενός γαλαξία, θεωρώντας τον σφαιρικά συμμετρικό. Δηλαδή, θεωρώντας ένα δοκιμαστικό σωματίδιο μάζας m να κινείται σε απόσταση r από το κέντρο μιας σφαιρικής μάζας M(r), η δύναμη που δέχεται είναι ελκτικής φύσεως και της μορφής:

$$F_g = G_N \frac{M(r)m}{r^2} \qquad (1)$$

όπου $G_N = 6.67384 \times 10^{-11}\ m^3kg^{-1}s^{-2}$ (παγκόσμια σταθερά).

Η επιτάχυνση που θα έχει το σωματίδιο κινούμενο ομαλά επιταχυνόμενο μέσα στο πεδίο βαρύτητας που δημιουργεί το σώμα μάζας M(r), υπολογίζεται πολύ εύκολα από τον 1ο νόμο του Νεύτωνα:

$$F_g = mg \Rightarrow g = G_N \frac{M(r)}{r^2} \qquad (2)$$

Αν δε το σωματίδιο κάνει κυκλική κίνηση, τότε η επιτάχυνση γύρω από το M(r), θα είναι:

$$a = \frac{\upsilon^2}{r} \qquad (3)$$

όπου υ η ταχύτητα του σωματιδίου μάζας m.

Μπορούμε να θεωρήσουμε εύκολα ότι:

$$a = g \Rightarrow \frac{\upsilon^2}{r} = G_N \frac{M(r)}{r^2} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \upsilon^2 = G_N \frac{M(r)}{r} \qquad (4)$$

και κατά συνέπεια προκύπτει ότι: $M \propto \upsilon^2$

Μεταφέροντας αυτό το συλλογισμό στους γαλαξίες, εφαρμόζεται αρκετά ικανοποιητικά και με σχετική ακρίβεια σε περιοχές κοντά στο κέντρο του γαλαξία, λόγω του ότι όπως αναφέραμε παραπάνω, μπορούμε να τον θεωρήσουμε σφαιρικό. Τι γίνεται όμως στην περιοχή των σπειρών όπου εκεί η μορφή του γαλαξία μας είναι δισκοειδής; Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν η ταχύτητα περιστροφής των σπειρών σε σχέση με τη μάζα, αυξάνεται αντί να μειώνεται, όπως προβλέπεται από τη νευτώνεια θεωρία, κατά $10^3$ ή $10^4$ φορές. Δηλ. ισχύει: $M \propto \upsilon^3$ ή $M \propto \upsilon^4$.

Γι' αυτό προτάθηκε η ιδέα από τον Mordehai Milgram, να εισάγει μια αδιάστατη παράμετρο $\mu(\alpha/\alpha_0)$ στην επιτάχυνση. Δηλαδή:

$$g\mu(\alpha/\alpha_0) = \frac{GM}{r^2}$$

όπου $\mu(\alpha/\alpha_0)=1$ αν $\alpha/\alpha_0 \ll 1$ και $\mu(\alpha/\alpha_0)=\alpha/\alpha_0$ αν $\alpha/\alpha_0 \gg 1$. Έτσι θεωρώντας $\alpha/\alpha_0 \gg 1$ έχουμε ότι:

$$g\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{GM}{r^2} \overset{g=a}{\Rightarrow} \frac{\alpha^2}{\alpha_0} = \frac{GM}{r^2}$$

και αντικαθιστώντας την (3) καταλήγει σε μια σχέση της μορφής: $\upsilon^4 = GM\alpha_0$ ή διαφορετικά $M \propto \upsilon^4$ όπου το $\alpha_0$ μετράται σε $m/sec^2$ (όπως και το $\alpha$) και βρέθηκε εμπειρικά ότι ισούται με $\alpha_0 = 1{,}34\times10^{-10}\ m/s^2$.

Με άλλα λόγια, προβλέπει ότι η ταχύτητα ενός αστρικού αντικειμένου μακριά από το κέντρο του γαλαξία αυξάνεται κατά 4 τάξεις μεγέθους σε σχέση με την μάζα του, ανεξάρτητα της απόστασης του από το κέντρο! Όπως ακριβώς δείχνουν τα δεδομένα!

*Η λύση Tully-Fisher*

Σε παρόμοια αποτελέσματα είχαν καταλήξει, προγενέστερα βέβαια από τον Mordehai Milgram, οι αστρονόμοι R. Brett Tully και J. Richard Fisher, το 1977. Υποθέτοντας ότι όλοι οι γαλαξίες έχουν τον ίδιο λόγο μάζας- φωτεινότητας (ενέργεια που εκπέμπεται/ μονάδα χρόνου), ότι η ταχύτητα σχετίζεται με τη μάζα του μέσω της σχέσης $M(r) = r\upsilon^2$, η μάζα σχετίζεται με τη λαμπρότητα του από την $M=L\times(M/L)$ όπως επίσης και ότι η φαινόμενη λαμπρότητα του γαλαξία, δηλαδή η ενέργεια που διέρχεται κάθετα από επιφάνεια στην μονάδα του χρόνου, σχετίζεται με την απόλυτη λαμπρότητα και την απόσταση, r, από εμάς, μέσω της:

$$l \propto \left(\frac{L}{r^2}\right) \qquad \text{ή} \qquad r \propto \left(\frac{L}{l}\right)^{1/2}$$

προκύπτει με απλούς υπολογισμούς ότι:

$$L^{1/2} \propto \upsilon^2 \times l^{-1/2}(M/L)^{-1}$$

ή πιο απλά

$$\boxed{\upsilon^4 \propto L}$$

Αν δε θεωρήσουμε ότι η μάζες των αστέρων σε γαλαξία είναι ανάλογες με την λαμπρότητα τους ($M \propto L$) τότε καταλήγουμε και πάλι ότι:

$$\boxed{M \propto \upsilon^4}$$

### *Η δική μας προσπάθεια*

Το 2010, συμμετέχοντας σε καλοκαιρινό εκπαιδευτικό πρόγραμμα στο Perimeter Institute for Theoretical Physics, πραγματοποιήσαμε με άλλους 5 ερευνητές από τον Καναδά και την Αμερική ένα ερευνητικό project [*]. Τα αποτελέσματά μας ήταν παραπάνω από ικανοποιητικά. Συγκεκριμένα, εξηγήσαμε την περιστροφή ενός γαλαξία χωρίς την παρουσία της σκοτεινής ύλης ακολουθώντας την παρακάτω συλλογιστική, χρησιμοποιώντας DATA του Γαλαξία NGC 4217 (NASA). Όπως και στη MOND έτσι και εδώ εισαγάγαμε μια αδιάστατη παράμετρο

$$\left(\frac{g_N}{a_0}\right)^{-1/2f(g_N/a_0)}$$

στην εξίσωση (4) και έτσι είχαμε:

$$\upsilon^2 = \frac{GM}{r}\left(\frac{g_N}{a_0}\right)^{-1/2f(g_N/a_0)} \qquad (5)$$

όπου $g_N$ είναι η επιτάχυνση ενός δοκιμαστικού σωματιδίου σε πεδίο βαρύτητας και $a_0=1{,}3\times 10^{-10}$ m/s² (πειραματική προσέγγιση). Μάλιστα, η αυθαίρετη συνάρτηση $f(g_N/a_0)$, που τέθηκε στην (5) ικανοποιεί τις παρακάτω συνθήκες:

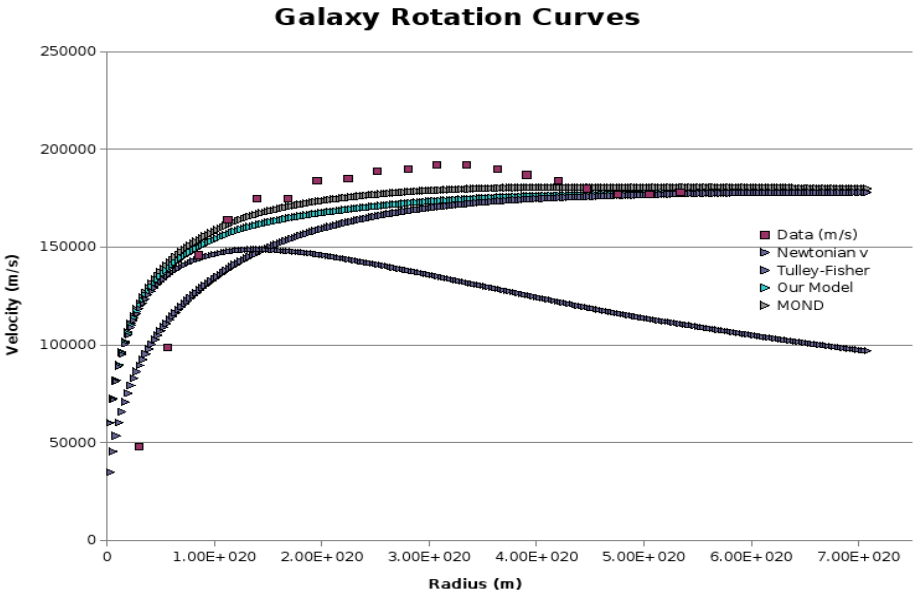
$$f\left(\frac{g_N}{a_0}\right)=0 \qquad \text{για} \qquad \frac{g_N}{a_0}\gg 1$$

$$f\left(\frac{g_N}{a_0}\right)=1 \qquad \text{για} \qquad \frac{g_N}{a_0}\ll 1$$

Μετά από δοκιμές, καταλήγοντας στη χρήση συνάρτησης της μορφής:

$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}$$

καταλήξαμε στην εξίσωση:




***Σχήμα 1: Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το ερευνητικό μας project και η σύγκριση του με τα υπόλοιπα μοντέλα [Mackenzie Carter, Sean Gryb, Maria Krikeli, Valerie Losier, Xuan Sun, Adam Bene Watts, and Julia Ziac et al 2010] .***

$$\upsilon^2 = \frac{GM}{r^2} \qquad \text{όταν} \qquad g_N \gg a_0$$

$$\upsilon^4 = \frac{GM}{a_0} \qquad \text{όταν} \qquad g_N \ll a_0$$

Η πρώτη περίπτωση, όταν $g_N \gg a_0$, ικανοποιεί τις περιοχές κοντά στο κέντρο του γαλαξία, ενώ η δεύτερη, $g_N \ll a_0$, ισχύει για περιοχές εκτός γαλαξιακού κέντρου όπως στις σπείρες και στην άλω.

Τα αποτελέσματα μας επιδέχονται σφαλμάτων λόγω του γεγονότος ότι θεωρήσαμε ότι το κέντρο του γαλαξία είναι σφαιρικά συμμετρικό ενώ στην πραγματικότητα δεν ισχύει. Παρόλα αυτά, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1[*], προσεγγίσαμε σε πολύ καλό βαθμό τα παρατηρησιακά δεδομένα σε σχέση με το αποτέλεσμα που δίνει η λύση Tully- Fisher. Η εισαγωγή βέβαια αυθαίρετων παραμέτρων δυσαρεστεί πολλούς επιστήμονες και έτσι έχουν απορριφθεί τέτοιες προσεγγίσεις σε γενικό σύνολο. Από την άλλη, υπάρχουν πολλές ενδείξεις από επίγεια τηλεσκόπια, όπως για παράδειγμα από το VLT στη Χιλή αλλά και από διαστημικές αποστολές, ότι υπάρχει σκοτεινή ύλη. Βέβαια τίποτα δεν είναι σίγουρο ακόμη. Οι έρευνες συνεχίζονται...

### *Πηγές*


***[*] Fresh views on Dark Matter, Mackenzie Carter, Sean Gryb, Maria Krikeli, Valerie Losier, Xuan Sun, Adam Bene Watts, and Julia Ziac (Perimeter Institute for Theoretical Physics-July 2010)***

***- wikipedia.org***

***- University of Oregon, Institute for Theoretical Science-Davison E. Soper***

***- Cosmic Hide and Seek: the Search for the Missing Mass***

***- eso.org/ dark matter***

***- PICASSO experiment: picassoexperiment.ca***

***- Observational Evidence for Dark matter-Simona Murgia, SLAC-KIPAC***

***- Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics (CalTech)***

***- SuperCDMS experiment: http://cdms.berkeley.edu/***

***-CAST experiment: http://cast.web.cern.ch/CAST/***

# Η IRMA, η RIA και οι …«συμπτώσεις»

**Πολυτίμη Σαζακλίδου**
Απόφοιτος
Τμ. Φυσικής

Όχι, δεν πρόκειται να σας περιγράψω κάποιες σκανδιναβές καλλονές, αλλά δύο μεθόδους εξέτασης *in vitro* της λειτουργίας του θυρεοειδούς! Τα … «καλλιτεχνικά ψευδώνυμα» στον τίτλο είναι στην πραγματικότητα δύο ακρωνύμια, το ένα για τη μέθοδο immunoradiometric assay (IRMA) και το άλλο για τη μέθοδο radioimmunoassay (RIA), τις οποίες θα σας περιγράψω παρακάτω.

### *Ραδιοανασολογικές μετρήσεις για in vitro εξετάσεις της λειτουργίας του θυρεοειδούς*

Οι ραδιοανοσολογικές μετρήσεις της κυκλοφορίας των ορμονών του θυρεοειδούς μέσα στο πλάσμα του αίματος, είναι οι κυριότερες *in vitro* μέθοδοι για την εκτίμηση της κατάστασης του θυρεοειδούς. Σκοπός τους είναι ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης κάποιας ουσίας στον ορό, στο πλάσμα ή σε άλλο βιολογικό υλικό του εξεταζομένου. Προτιμούμε αυτόν τον τύπο εξετάσεων έναντι των μικροβιολογικών, για την ευαισθησία τους, την ακρίβεια και την ευκολία στην εφαρμογή τους. Το νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ, όπως και κάθε τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής, διαθέτει ένα εργαστήριο για τέτοιες *in vitro* εξετάσεις.

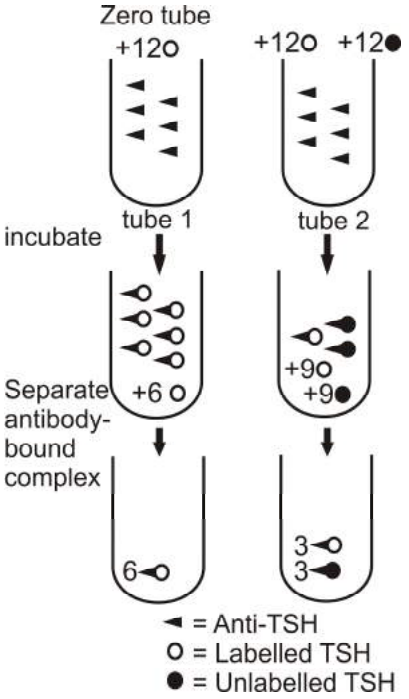
Οι μέθοδοι διαχωρισμού της ορμόνης της οποίας την συγκέντρωση θέλουμε να εξετάσουμε, από τα υπόλοιπα συστατικά που βρίσκονται μέσα στο βιολογικό υλικό, γίνεται με επικαλυμμένα σωληνάρια (coated tubes), φυγοκέντριση και μαγνητικό διαχωρισμό. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι αυτή των coated tubes και μπορεί να είναι:

- Ανταγωνιστική μέθοδος – όπως η RIA
- Μη ανταγωνιστική μέθοδος – όπως η IRMA.

Και στις δύο χρησιμοποιείται ένα ραδιενεργό ισότοπο ιωδίου, το $^{125}$I, η ραδιενέργεια του οποίου παράγει την τελική ποσοτική ένδειξη της εξέτασης. Οι δύο τύποι μεθόδων βασίζονται στην αντίδραση κάποιου αντισώματος με το κατάλληλο αντιγόνο.

### *IRMA*

Στη μέθοδο αυτή, που ελληνικά θα μπορούσε να αποδοθεί ως "ανοσο-ραδιομετρική μέθοδος", χρησιμοποιούμε σωληνάρια των οποίων τα εσωτερικά τοιχώματα έχουν επικάλυψη του αντισώματος της υπό εξέταση ορμόνης π.χ. της TSH. Η TSH είναι η ορμόνη διέγερσης του θυρεοειδούς αδένα, η οποία παράγεται και απελευθερώνεται στην κυκλοφορία του αίματος από την υπόφυση. Ελέγχει την παραγωγή των θυρεοειδικών ορμονών, της θυροξίνης (T4) και της τριιωδοθυρονίνης (T3) οι οποίες είναι απαραίτητες ορμόνες για τη διατήρηση του μεταβολικού ρυθμού, τη λειτουργία της καρδιάς και άλλων οργάνων. Η ποσότητα των αντισωμάτων που περιέχονται στην επικάλυψη των τοιχωμάτων του σωληναρίου είναι σταθερή. Έπειτα προστίθεται στο σωληνάριο το βιολογικό υλικό (αίμα) που περιέχει την TSH. Η TSH θα κολλήσει στα τοιχώματα του σωληναρίου και θα ενωθεί με το αντίσωμα της. Εν συνεχεία προστίθεται ποσότητα υγρού το οποίο περιέχει και πάλι αντίσωμα TSH, σημασμένο όμως με $^{125}$I, το οποίο συνδέεται με την TSH που βρίσκεται στα τοιχώματα του σωληναρίου, δημιουργώντας έτσι μία τριάδα αντίσωμα-TSH-αντίσωμα. Η ποσότητα του σημασμένου αντισώματος TSH προστίθεται σε περίσσεια. Μετρώντας κατόπιν την ενεργότητα του σωληναρίου με το δείγμα, προσδιορίζουμε τη συγκέντρωση της TSH στο αίμα. Οπότε, συμπερασμα-




*Σχηματική αναπαράσταση της μεθόδου ραδιο-ανοσολογικού προσδιορισμού (RIA).*

τικά, στη μέθοδο IRMA έχουμε σημασμένο το αντίσωμα και περίσσεια αυτού.

### *RIA*

Και στη μέθοδο αυτή, που ελληνικά θα μπορούσε να αποδοθεί ως "ραδιο-ανοσο μέθοδος", έχουμε εσωτερική επικάλυψη του σωληναρίου με σταθερή ποσότητα αντισώματος, μόνο που τώρα, μαζί με το δείγμα αίματος που περιέχει την TSH, προσθέτουμε σταθερή ποσότητα σημασμένου αντιγόνου, αντί για αντίσωμα όπως στην IRMA. Όπως φαίνεται στο σχήμα, στο σωληνάριο που δεν περιέχει TSH, όλη η σημασμένη TSH προσδένεται στο αντιγόνο TSH και έχουμε μεγάλη ενεργότητα για μικρή συγκέντρωση. Στο δεύτερο σωληνάριο θα έχουμε μικρότερη ενεργότητα αλλά μεγαλύτερη συγκέντρωση.

### *Βαθμονόμηση της εξέτασης*

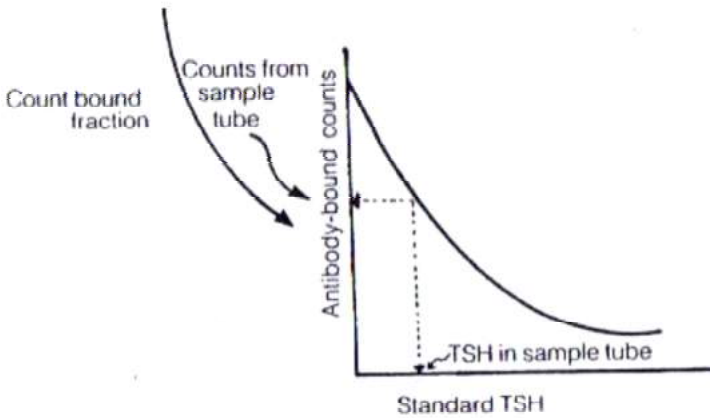
Υπάρχουν πρότυπες καμπύλες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αναγωγή του μετρούμενου ρυθμού κρούσεων R (ενεργότητα σε cpm) από τον ανιχνευτή ραδιενέργειας, σε συγκέντρωση της υπό μέτρηση ουσίας. Ο ανιχνευτής ραδιενέργειας του εργαστηρίου είναι well-counter, δηλαδή σπινθηριστής τύπου πηγαδιού, ο οποίος έχει καλύτερη γεωμετρία ώστε να προσεγγίζεται με στερεά γωνία 4π. Για να κατασκευαστούν οι καμπύλες χρησιμοποιούνται πρότυπα δείγματα (standards) γνωστής συγκέντρωσης τα οποία δουλεύονται μαζί με τα άγνωστα δείγματα. Γνωρίζοντας τη συγκέντρωση των προτύπων δειγμάτων, μετρούμε την ενεργότητά τους και κατασκευάζουμε την πρότυπη καμπύλη. Χρησιμοποιώντας αυτήν την καμπύλη και έχοντας το ρυθμό κρούσεων R που μετρούμε στον ανιχνευτή, προσδιορίζουμε την συγκέντρωση στο δείγμα.

### *Τεχνική σύμπτωσης και μετρήσεις απόλυτης ενεργότητας*

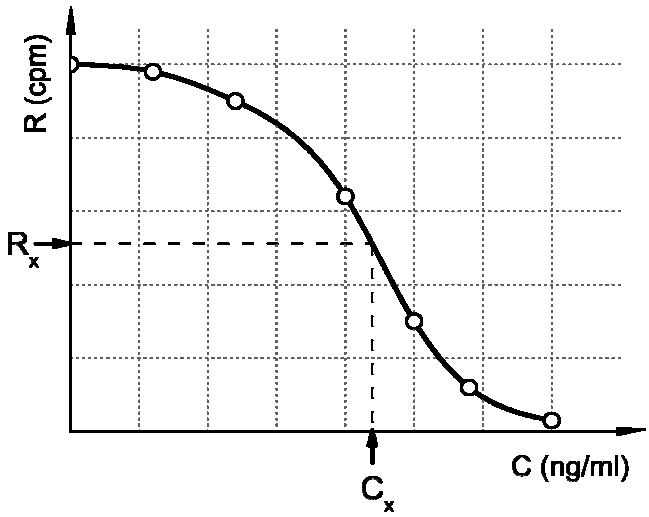
Όπως αναφέραμε, οι ραδιοανοσολογικές εξετάσεις που γίνονται στο εργαστήριο *in vitro* είναι απόλυτα ακριβείς. Όμως, οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των ορμονών στο αίμα γίνονται με τη βοήθεια του well counter που είναι σπινθηριστής. Το $^{125}$I εκπέμπει ακτινοβολία γάμμα και η απόδοση ενός σπινθηριστή σε αυτήν δεν μπορεί να είναι 100%, καθώς τα φωτόνια γάμμα υπάρχει σημαντική πιθανότητα να τον διαπεράσουν χωρίς να αλληλεπιδράσουν με τον κρύσταλλο. Η απόδοση του σπινθηριστή μεταβάλλεται συναρτήσει της ενέργειας των φωτονίων. Για να προσδιορίσουμε λοιπόν την ακριβή ενεργότητα του δείγματος που είναι σημασμένο με $^{125}$I, πρέπει να γνωρίζουμε την απόδοση του well counter σε αυτό. Η απόδοση ε (counting efficiency) είναι το πηλίκο του αριθμού των κρούσεων που μετρούνται R (cpm), προς τον πραγματικό αριθμό κρούσεων I (dpm) που συμβαίνουν στο υπό μελέτη δείγμα (και η είναι ο παράγων γεωμετρίας):

$$\varepsilon = \frac{R}{I \cdot \eta} \times 100\%$$

Για τον προσδιορισμό της απόδοσης, δεδομένου του μικρού χρόνου ημιζωής του $^{125}$I που είναι μόνο 59,4 ημέρες, χρησιμοποιούμε βαθμολογημένες πρότυπες πηγές με το εξαιρετικά μακρόβιο ραδιο-ισότοπο $^{129}$I. Το $^{129}$I έχει χρόνο ημιζωής 15,7 εκατομμύρια χρόνια, ενέργεια των γάμμα ακτίνων (25 keV)




*Καμπύλη RIA*




*Πρότυπη καμπύλη-προσδιορισμός συγκέντρωσης*

παραπλήσια με την ενέργεια των γάμμα ακτίνων του $^{125}I$ (35 keV) και είναι εμπορικά διαθέσιμο.

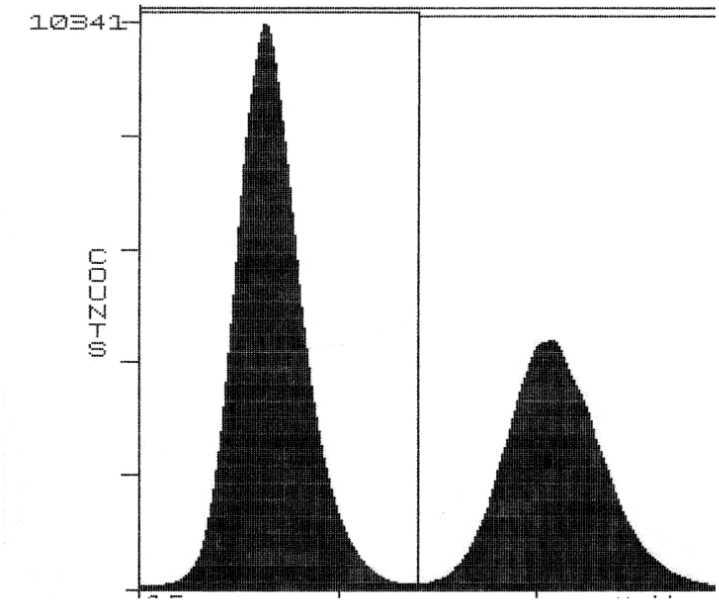
Υπάρχει όμως και μια μέθοδος, ευφυέστατη ομολογουμένως, που μας δίνει τη δυνατότητα να μετρούμε την απόδοση, και κατ' επέκταση την απόλυτη ενεργότητα, η οποία ονομάζεται μέθοδος σύμπτωσης γ-γ. Για να εξηγήσουμε αυτήν τη μέθοδο, ας υποθέσουμε ότι το ραδιενεργό ισότοπο που μελετούμε διασπάται εκπέμποντας ταυτόχρονα δύο φωτόνια παρόμοιας ενέργειας. Το $^{125}I$ πράγματι εκπέμπει φωτόνια Χ και γ στα 27,5 και στα 35,5 keV, αντίστοιχα. Οι ενέργειες αυτές δεν είναι πολύ διαφορετικές, γεγονός που μας επιτρέπει να προχωρήσουμε στους υπολογισμούς μας θεωρώντας ότι η απόδοση του ανιχνευτή σε αυτά είναι περίπου ίση.

Επειδή από κάθε διάσπαση ραδιονουκλιδίου παράγονται τα δύο φωτόνια $\gamma_1$ και $\gamma_2$, στο φάσμα του σπινθηριστή εμφανίζονται οι εξής φωτοκορυφές:

- Φωτοκορυφή φωτονίων $\gamma_1$ που δεν ανιχνεύονται μαζί με φωτόνια $\gamma_2$
- Φωτοκορυφή φωτονίων $\gamma_2$ που δεν ανιχνεύονται μαζί με φωτόνια $\gamma_1$
- Φωτοκορυφή όπου τα $\gamma_1$ και $\gamma_2$ φωτόνια ανιχνεύονται ταυτόχρονα.

Στον well-counter του ΑΧΕΠΑ, λόγω της περιορισμένης διακριτικής του ικανότητας, το όργανο δεν διακρίνει την διαφορά μεταξύ των 27,5 - 35,5 και του αθροίσματος τους που είναι 63 keV, γι' αυτό εμφανίζονται μόνο δυο φωτοκορυφές. Μετρώντας το εμβαδό των δύο αυτών φωτοκορυφών και επειδή οι αποδόσεις μπορούν να θεωρηθούν ίδιες, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόλυτη ενεργότητα του δείγματος.

Έτσι σε καθημερινή βάση στο *in vitro* εργαστήριο, γνωρίζοντας την απόδοση του σπινθηριστή, καθορίζουμε τη απόλυτη ενεργότητα και κατ' επέκταση την ακριβή συγκέντρωση των ορμονών του θυρεοειδούς των υπό εξέταση ασθενών.




***Φάσμα $^{125}I$ από well-counter εργαστηρίου in vitro του τομέα Πυρηνικής Ιατρικής του νοσοκομείου ΑΧΕΠΑ***

**Πάρης**
**Αραμπατζής - Ζιάμος**
Απόφοιτος
Τμήματος Φυσικής

Στις αρχές του εικοστού αιώνα η ανθρωπότητα είχε καταφέρει ήδη πολλά. Οι δυνάμεις αυτού του "πολλά υποσχόμενου" μυαλού, αφαιρούσαν ένα - ένα όλα τα "γιατί" και τα "πως" που σκαρφίζονταν αυτά τα όντα.

Περίεργοι εκ φύσεως όμως οι άνθρωποι, πάντα έφτιαχναν νέα "γιατί" και νέα "πως", για να αφιερώνουν έπειτα τη ζωή τους στην απάντηση αυτών των νέων ερωτημάτων.

Έτσι, δημιούργησαν θρησκείες για να απαντήσουν στο μεγαλύτερο "γιατί" απ' όλα και επιστήμες για να απαντήσουνε στο "πως".

Με κάθε καινούρια απάντηση πλησίαζαν ένα βήμα κοντύτερα στο μέγα δημιουργό, μέγα αρχιτέκτονα του σύμπαντος, πατέρα της ζωής, πατέρα τους.

Από κάθε καινούρια απάντηση ξεπηδούσαν νέες ερωτήσεις, που κι αυτές με τη σειρά τους θα έδιναν απαντήσεις.

Κάθε νέα απάντηση γεννούσε γνώση. Οι άνθρωποι ήξεραν πολύ καλά τι να κάνουν με την γνώση.

**Τη χρησιμοποιούσαν.**

Τη χρησιμοποιούσαν με όποιο τρόπο μπορούσαν.

**Κι αν δεν μπορούσαν,**

την αποθήκευαν, για να τη χρησιμοποιήσουν απλά όταν θα μπορέσουν.

Λίγες φορές μόνο στην ιστορία τους, οι άνθρωποι έχασαν κάποια γνώση, την οποία όμως, λίγα χρόνια μετά, ανακάλυπταν ξανά.

Χρησιμοποιούσαν τη γνώση, μάλιστα, για να παράγουν περισσότερη γνώση.

Και αυτό ήταν μακράν το ομορφότερο επίτευγμα τους. Και το λάτρευαν, σχεδόν όσο και τους εαυτούς τους.

Οι άνθρωποι **γνώριζαν πολύ καλά την άξια της γνώσης**. Γι' αυτό άλλωστε η γνώση ήταν το ακριβότερο αγαθό στον κόσμο που ζούσαν. Και την κυνηγούσαν λυσσαλέα.

Κάθε γενιά είχε τους επιστήμονες της που αναζητούσαν γνώση. Κάθε γενιά εκμεταλλευόταν αυτή την γνώση, και το σημαντικότερο, κάθε γενιά την έχτιζε ακόμη περισσότερο, φτάνοντας ακόμη πιο ψηλά, μεγαλώνοντας το χάσμα ανάμεσα στην ζωώδη φύση και το μεγαλειώδες ανθρώπινο μυαλό.

Γιατί, περισσότερο απ' όλα, **ο άνθρωπος απεχθανόταν να τον αποκαλούν ζώο**. Είχε παλέψει πολύ σκληρά για να ξεφύγει από αυτόν τον προσδιορισμό. Και τα 'χε καταφέρει θαυμάσια!

Λίγους αιώνες πριν, δάμασαν το θεό του κεραυνού και τον έκαναν σκλάβο τους. Ο ένας μετά τον άλλο, όλοι οι αρχαίοι θεοί δαμάστηκαν και οι μυστικές δυνάμεις τους έγιναν ανθρώπινη γνώση.

Και ο κόσμος των ανθρώπων μεγάλωνε. Και μαζί του, μεγάλωνε και η δίψα τους.

Πριν καλά-καλά τελειώσουν με τον κόσμο τους, ξεθάβοντας κάθε μικρή γνώση από κάθε γωνία του, οι άνθρωποι κοίταξαν ψηλά και άρχισαν να κατεβάζουν γνώση από τους ουρανούς.

Ο θεός ήλιος ο ζωογόνος υποβιβάστηκε σε λαμπερό αστέρι, και μάλιστα μικρό σε σχέση με τους άλλους γίγαντες του ουρανού.

Η μάγισσα σελήνη η σαγηνευτική, κατάντησε ένας σκονισμένος άγονος συνοδοιπόρος.

Τα τρεμάμενα φώτα του νυχτερινού ουρανού, άλλοτε θεότητες αστερισμοί που σε ρυθμούς απόκοσμους κινούνταν, έγιναν πληροφορίες μακρινών κόσμων και χρόνων.

...

Το πείραμα που στήθηκε στην Ευρώπη ήταν κάτι περισσότερο από πετυχημένο. Κατάφερε να επιβεβαιώσει θεωρίες που ο άνθρωπος υποψιαζόταν για αιώνες και πολλά περισσότερα.

Η σημαντικότερη επιτυχία του πειράματος δεν ήταν κάποια επιστημονική ανακάλυψη. Ήταν ότι **αφαίρεσε από τον άνθρωπο τον φόβο να ξεπεράσει τα όρια του**.

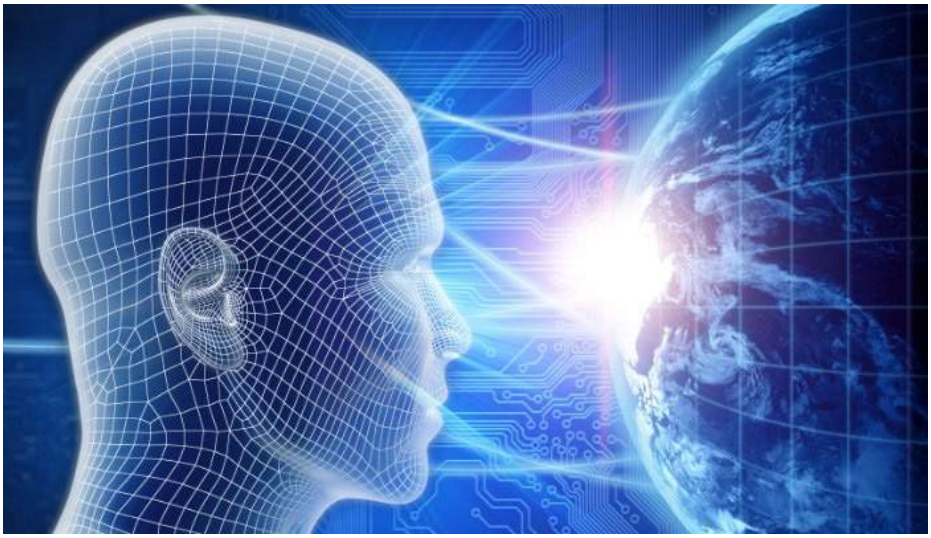
Για πρώτη φορά στην ιστορία του ο άνθρωπος ακουμπούσε, με τις άκρες των δακτύλων του, την στιγμή της δημιουργίας.

Επιτέλους θα δινόταν απάντηση στο μεγαλύτερο "πως" απ' όλα. Και ίσως, όταν απαντούσαν το "πως", θα μάθαιναν και το "γιατί".

Ο άνθρωπος εμπιστευόταν την επιστήμη για δυο βασικούς λόγους.

Πρώτον, με αυτήν απαντήθηκαν πολλά «πως» και «γιατί», ιδίως τα τελευταία χρόνια της ανθρώπινης ιστορίας.

Δεύτερον, σε αντίθεση με τις



άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος για την απόκτηση γνώσης, η γνώση που ξεπηδούσε από την επιστήμη ήταν άμεσα εφαρμόσιμη στην καθημερινότητα του.

Αυτό το 'χε μάθει ο άνθρωπος από πολύ νωρίς, όταν η φωτιά και τα πρώτα εργαλεία του εξασφάλισαν όχι απλά την επιβίωση, αλλά την κυριαρχία του στον κόσμο.

Εδώ και πολλά χρόνια, η ανθρωπότητα ήταν στην κορυφή του κόσμου. **Ο άνθρωπος έγινε θεός!**

Ο θεός όμως ξέρει τα πάντα. Και ο άνθρωπος δεν ήξερε ακόμη τα πάντα. Για να ξέρεις τα πάντα, πρέπει ή να σου τα μάθουν ή να τα ανακαλύψεις μόνος σου.

Για να σου τα μάθει όμως κάποιος, πρέπει πρώτα να τα ξέρει αυτός. Η κορυφή λοιπόν που 'χε φτάσει η ανθρωπότητα, έκρυβε μια παγίδα.

Δεν υπάρχει τίποτε άλλο να διδαχθείς. Δεν υπάρχει κανένας άλλος, να σου μάθει αυτά τα περισσότερα που αγνοείς.

Όμως ο άνθρωπος πάντα έψαχνε κάποιον να του μάθει.

Αυτός είναι άλλωστε ο ευκολότερος τρόπος μετάδοσης της γνώσης. Αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούσαν οι διάφορες γενιές ανθρώπων για να την μεταδώσουν η μια στην άλλη.

Έψαξε λοιπόν στ' αστέρια και στη Γη για να βρει νοήμονες ζωές.

Όμως όποια πόρτα κι αν χτυπούσε, η απάντηση ήταν είτε παγερή σιγή είτε κραυγαλέες φωνές, που ο άνθρωπος αποκαλούσε ζωώδεις.

Η φράση «νοήμων ζωή» για τον άνθρωπο σήμαινε ζωή, μα όχι ζώο.

Ο άνθρωπος λοιπόν, **στο ταξίδι της γνώσης τουλάχιστον, ήταν μόνος του.**

...

Όλες οι ετοιμασίες για το νέο πείραμα είχαν τελειώσει εδώ και μήνες. Τα προκαταρκτικά πειράματα έδειχναν καλά. Τα περισσότερα κράτη του κόσμου είχαν συμβάλει κάπως, άλλα περισσότερο και άλλα λιγότερο, για την υλοποίηση του.

Οι τελικές διαβουλεύσεις για τα δικαιώματα της γνώσης τελείωσαν μόλις λίγες εβδομάδες πριν. Ολόκληρες διακρατικές συμφωνίες στήθηκαν από την αρχή.

Οι τεχνικοί του Π.Κ.Ε.Τ. «παγκόσμιο κέντρο επιστήμης και τεχνολογίας» που στήθηκε γι' αυτό τον σκοπό, δεν έπαψαν να τρέχουν.

Τα πάντα έπρεπε να ελεγχθούν ξανά και ξανά. Τίποτε δεν έπρεπε να πάει λάθος.

Μετά την επιτυχία του πειράματος της Γαλλίας και αυτών που ακολούθησαν, αυτό ήταν το επόμενο βήμα.

Έπρεπε να πετύχει με την πρώτη καθώς το κόστος του πειράματος ήταν τέτοιο που χώρες ολόκληρες λύγισαν από το βάρος, λαοί πείνασαν.

Αλλά χαλάλι. Για τη γνώση που θα κέρδιζε η ανθρωπότητα;

**Χαλάλι!**

Η αίθουσα τύπου ήταν γεμάτη από δημοσιογράφους απ' όλο τον κόσμο.

Εκείνη τη μέρα όλη η ανθρωπότητα έστρεφε το βλέμμα της σ' αυτή την κατάμεστη αίθουσα. Μέχρι και οι επιστήμονες του παρελθόντος κοιτούσαν μέσα από τα κρεμασμένα κάδρα τους με θαυμασμό.

Δημόκριτος, Νεύτων,
Μάξγουελ, Πλανκ,
Αϊνστάιν, Χάιζενμπεργκ,
Λεμετρ, Χαμπλ,
Γκάμοφ, Φέινμαν,
Γκλάσοου, Σάλαμ,
Γουάινμπεργκ, Γκουθ,
Γκρην, Σβαρτζ

και πολλοί-πολλοί άλλοι, που ήταν όλοι τους εκεί.

Ένα ταξίδι που άρχισε χιλιάδες χρόνια πριν, θα τελείωνε σήμερα.

Ο στόχος του πειράματος ήταν να ξεπεράσει τον προκάτοχό του.

Ο άνθρωπος με αυτό το πείραμα, δεν θα πλησίαζε απλά, μα θα έβλεπε την ώρα μηδέν, τη στιγμή της δημιουργίας.

Στο κέντρο έλεγχου επικρατούσε μια αίσθηση ανήσυχου ενθουσιασμού καθώς απέμεναν δυο λεπτά από την τελική φάση.

«Η ώρα των απαντήσεων» όπως λεγόταν, ήταν μια φράση, δημιούργημα ενός ευρηματικού δημοσιογράφου, που τους τε-

λευταίους μήνες ακουγόταν σε ολόκληρο τον κόσμο.

**Ήταν αυτή η ώρα.**

Τα βλέμματα των τεχνικών στο κέντρο έλεγχου ήταν καρφωμένα στην οθόνη, έτοιμοι να δουν τα πρώτα δεδομένα, καθώς η αντίστροφη μέτρηση τελείωνε...

...

Μια μικρή φυσαλίδα ξεπήδησε από το πείραμα.

Μετά από $10^{-35}$ δευτερόλεπτα η φυσαλίδα πληθωρίστηκε, διπλασιάζοντας το μέγεθος 100 φορές κάθε $10^{-35}$ δευτερόλεπτα.

Μετά το τέλος της εποχής πληθωρισμού, η φυσαλίδα ήταν μια υπερσφαίρα που εκτεινόταν πλέον εκατομμύρια έτη φωτός, έχοντας προ πολλού καταστρέψει τον κόσμο των ανθρώπων.

Δυο δισεκατομμύρια χρόνια περίπου από εκείνη την «ώρα των απαντήσεων», μέσα στη φυσαλίδα, υπάρχουν σμήνη γαλαξιών.

Ένας γαλαξίας συγκεκριμένα μοιάζει πολύ με το γαλαξία που εκείνοι οι άνθρωποι μελετούσαν.

Ένας ήλιος στις άκρες αυτού του γαλαξία έχει στη γειτονία του ένα πλανήτη γαλάζιο, με λευκά σύννεφα και πράσινες πεδιάδες.

**Σε αυτόν τον πλανήτη ζούμε** οι άνθρωποι, εσύ κι εγώ, κύριοι του κόσμου μας, θεοί.

Πλάσματα περίεργα, με λαχτάρα για νέα γνώση.

Πλάσματα που πλάθουν τον κόσμο τους με «γιατί» και «πως».

Πλάσματα κοινωνικά που όμως νιώθουν μόνα.

Πλάσματα που φοβούνται τους θεούς, που τα δημιούργησαν, και τους αγαπάνε.

Πλάσματα που τα ψάχνουμε σε ότι κάνουμε και αναρωτιόμαστε...

**Επιτέλους, ποιος είναι ο λόγος που μας πλάσαμε;**

# Αυτοί που έφυγαν...

## Για τη Μεταξία

Και φέτος τέτοιες μέρες, το μυαλό μας έρχεται στο δύσκολο Νοέμβρη του 2014. Ήταν τότε που, τόσο πρόωρα, η συνάδελφός μας **Μεταξία Μανωλοπούλου** έφυγε από κοντά μας. Ήταν στην πιο παραγωγική της ηλικία, 52 ετών.

Ένας άνθρωπος χαμογελαστός, προσηνής, μειλίχιος. Η πιο ευγενική παρουσία στους χώρους του εργαστηρίου Πυρηνικής Φυσικής του ΑΠΘ. Παράλληλα, πάντα ενημερωμένη, με σαφείς στόχους, με σχέδιο για το τι πρέπει να γίνει. Ανοικτή στο διάλογο και σε νέες προτάσεις, έδινε προοπτική στα τεκταινόμενα, άνοιγε δρόμους. Και το κυριότερο, έκανε τα πάντα να φαίνονται εφικτά, πραγματοποιήσιμα. Σου έδινε σιγουριά και ελπίδα. Δεν ανησυχούσε, δεν φοβόταν ότι κάτι θα πάει στραβά. Μια απλή κουβέντα μαζί της σε έκανε να βλέπεις τον ουρανό λίγο πιο φωτεινό. Ένοιωθες ότι η έρευνα που κάνουμε αξίζει, το μάθημα που διδάσκουμε αξίζει. Ακόμη και η πιο μικρή συμβολή σε κάτι αξίζει. Τι μεγάλο προτέρημα για έναν δάσκαλο! Τι μεγάλη τύχη για τους φοιτητές της! Θυμάμαι όταν τον τελευταίο χρόνο πριν φύγει μου ζήτησε και της έφερα στάχτη από το τζάκι του σπιτιού μου για να μελετήσει τα ίχνη ραδιενέργειας που περιείχαν τα καυσόξυλα. Μια εργασία της που έτυχε σχετικής δημοσιότητας και που την έκανε με πραγματική αφοσίωση και ενδιαφέρον, παρά το ότι ήταν ήδη άρρωστη και πάλευε με την ασθένειά της. Με ευχαρίστησε πολλές φορές και με κρατούσε συνεχώς ενήμερο για τις μετρήσεις της, θυμίζοντας μου πάντα ότι χάρη και στη δική μου «προσφορά» (δηλαδή τη στάχτη!) πραγματοποιείται η έρευνα! Όταν ένας άνθρωπος καταφέρνει να σε κάνει να νιώθεις χρήσιμος επειδή του χάρισες ...στάχτη(!), ο κόσμος σου γίνεται πολύ φτωχότερος όταν τον χάνεις. Ένας κόσμος μικρός αλλά τόσο σημαντικός, ο χώρος μεταξύ των δύο απέναντι γραφείων μας που καθημερινά φωτιζόταν από το χαμόγελο της Μεταξίας και τη ζεστή "καλημέρα" της...

Μεταξία, μας λείπεις...

*Τάσος Λιόλιος*
*Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής*

## Συνέντευξη από την Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας Ευαγγελία Τσουκαλά

Στα τέλη Ιουλίου 2016 βρεθήκαμε στην Πλατανιά του Δήμου Παρανεστίου Δράμας όπου η κ. Ευαγγελία Τσουκαλά, Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ, με την ομάδα της διενεργούσε μια παλαιοντολογική ανασκαφή. Η κ. Τσουκαλά γεννήθηκε στη Θεσσαλονίκη και τελείωσε το Α' Γυμνάσιο Θηλέων Θεσσαλονίκης. Απέκτησε πτυχίο Γεωλογίας (1978), πτυχίο Βιολογίας (1983) και διδακτορικό δίπλωμα (1989) από το ΑΠΘ. Εδώ και 35 χρόνια υπηρετεί το Τμήμα Γεωλογίας του ΑΠΘ και από το Νοέμβριο του 2016 είναι Καθηγήτρια. Το γνωστικό της αντικείμενο είναι «Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών».

***- κ. Τσουκαλά, πριν πόσα χρόνια ξεκινήσατε την ανασκαφή σε αυτήν την περιοχή;***

Είναι η 4η χρονιά που κάνουμε τις ανασκαφές στην Πλατανιά. Ξεκινήσαμε από πληροφορίες που μας έδωσε η κ. Βάσω Πουλιούδη, αρχαιολόγος της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας Δράμας. Με βάση αυτήν την πληροφορία ήρθαμε και ανακαλύψαμε μια καινούρια θέση με πολύ πλούσιο υλικό απολιθωμάτων.

***- Ποια είναι τα σημαντικότερα μέχρι τώρα ευρήματα και ποια είναι η ηλικία τους;***

Τα απολιθώματα είναι λείψανα ζώων που έζησαν στην περιοχή πριν από 7 εκατομμύρια χρόνια και χαρακτηρίζονται από μια ποικιλία πανίδας η οποία αποτελείται μεταξύ άλλων από δύο είδη ιππαρίων, γαζέλες, αντιλόπες, ρινόκερο, καμηλοπάρδαλη, μαστόδοντα (ένα προϊστορικό προβοσκιδωτό), αγριόχοιρο, γιγαντιαία ύαινα, χελώνα.

***- Ποιο ενδιαφέρον παρουσιάζουν αυτά τα ευρήματα;***

Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι ότι πρώτη φορά βρέθηκαν σε τόση ποικιλία και αριθμό απολιθωμάτων στην Ανατολική Μακεδονία, στη Δράμα και στη Θράκη. Είναι μια από τις πιο σημαντικές θέσεις γιατί μας δίνει πληροφορίες για το παρελθόν. Οι ιδιαίτερες συνθήκες απολίθωσης και ταφής προσελκύουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

***- Μιλήστε μας για την Παλαιοντολογία ως επιστήμη. Με τι ασχολείται; Ποια είναι τα σημαντικά στοιχεία και οι γνώσεις που μας παρέχει;***

Η Παλαιοντολογία είναι η επιστήμη που εξετάζει τα λείψανα των ζώων και των φυτών του παρελθόντος. Η μορφή με την οποία τα εξετάζει είναι τα απολιθώματα, τα οποία είναι μάρτυρες του παρελθόντος και σύμφωνα με ακριβείς προσδιορισμούς μπορεί να μας δώσει τη διαφορετική εικόνα που είχε μια περιοχή, το παλαιοπεριβάλλον, τις κλιματικές συνθήκες και τις μεταβολές αποδεικνύοντας έτσι ότι η Γη είναι ένας ζωντανός πλανήτης.

***- Ποια είναι η διαφορά της παλαιοντολογίας με την αρχαιολογία;***

Η παλαιοντολογία ξεκινά από εκεί που σταματά η αρχαιολογία, σε βάθος εκατομμυρίων ετών. Κυρίως ασχολείται με το φυσικό περιβάλλον ενώ η αρχαιολογία ασχολείται με ότι έχει σχέση με τον άνθρωπο και τον πολιτισμό του.

***- Πως προκύπτουν οι πιθανές τοποθεσίες για μια ανασκαφή; Βρίσκονται τυχαία;***

Βρίσκονται τυχαία είτε από πληροφορίες από ντόπιους ή από βοσκούς είτε από συνεργάτες που το μάτι τους «κόβει» όπως έγινε στην περίπτωση των ανακαλύψεων στα Γρεβενά από τους συνεργάτες μου.

***- Σύμφωνα με τα παλαιοντολογικά ευρήματα, δικά σας και των συνάδελφων σας, τι είδους ζώα ζούσαν στον ελλαδικό χώρο και ποιο είναι το πιο παλιό εύρημα;***

Έχουμε ζώα που ζήσανε και πριν από 20-18 εκατομμύρια χρόνια, όπως για παράδειγμα το δεινοθήριο, που βρέθηκε στη Λέσβο. Η μεγαλύτερη ποικιλία και αριθμός απολιθωμάτων χρονολογείται μεταξύ 5-10 εκατομμυρίων ετών. Έχουμε τεράστια ποικιλία προϊστορικών πανίδων που αν αρχίσω να την

απαριθμώ θα φύγει όλη η συνέντευξη. Θα σας πω ότι ο παλαιοντολογικός πλούτος στην Ελλάδα είναι μοναδικός και το αποδεικνύουν αυτό τα απολιθώματα, από τη Σάμο, το Πικέρμι, που βρίσκονται σε μουσεία Φυσικής Ιστορίας όλου του κόσμου, ακόμα και παλαιοανθρωπολιγικά με τα κρανία των ανθρώπων από τα Πετράλωνα και το Απήδημα Λακωνίας. Το πρόβλημα είναι ότι δεν έχει αναδειχθεί καθόλου η Παλαιοντολογία στην Ελλάδα είτε μέσω της παιδείας είτε μέσω Μουσείων Φυσικής Ιστορίας.

***- Εκτός από τις πληροφορίες που προκύπτουν από τα απολιθώματα σε μια ανασκαφή, μπορούμε να πάρουμε κι άλλες πληροφορίες όπως για τις κλιματολογικές συνθήκες;***

Μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη γεωγραφική εξάπλωση, την εξέλιξη και εξαφάνιση των ειδών, το παλαιοκλίμα, το παλαιοπεριβάλλον, και αυτός είναι και ο στόχος μιας παλαιοντολογικής έρευνας. Για παράδειγμα, όταν βρίσκεις σε μία ανασκαφή, όπως στη Μηλιά Γρεβενών, για πρώτη φορά στην Ελλάδα τον τάπιρο, ένα ζώο που ξέρουμε ότι ζει μέσα στη ζούγκλα, αμέσως ανάγουμε με τον προσδιορισμό σε τι περιβάλλον ζούσε. Άρα ότι είχαμε παλιότερα περιόδους με πιο θερμό κλίμα, υπήρχανε σαβάνες, υπήρχανε μέρη με πολλά νερά όπου ζούσανε π.χ. οι ρινόκεροι και οι ιπποπόταμοι.

***- Μιλήστε μας και για άλλες ανασκαφές που είναι σε εξέλιξη ή έχουν περατωθεί.***

Οι ανασκαφές που τουλάχιστον για φέτος τρέχουν ήταν στη Νεοκαισσάρεια Πιερίας, ένα χωριό δίπλα στην Κατερίνη, στις παρυφές του οποίου βρέθηκαν απολιθώματα από έναν μαστόδοντα περίπου 5 εκατομμυρίων ετών. Το πιο συγκινητικό όμως μ' αυτήν την ανασκαφή, είναι ότι έκανε έρανο το χωρίο για να χρηματοδοτήσει τις δαπάνες της ανασκαφής μας και η φιλοξενία τους ήταν μοναδική. Όλοι όσοι πήγαμε εκεί και οι μεταπτυχιακοί φοιτητές και οι συνεργάτες ήτανε πάρα πολύ ευχαριστημένοι με αυτήν την εμπειρία. Το ότι ενώνεις μια κοινωνία για να προβάλεις την επιστήμη σου είναι συγκινητικό. Επίσης τρέχουνε οι ανασκαφές στην Πλατανιά Παρανεστίου Δράμας και σε λίγο θα πάμε στο Μακρύγιαλο Πιερίας. Εκεί ανακαλύφθηκαν γιγαντιαίες χελώνες, τιτανοχελώνες, τις οποίες θα τις κάνουμε ανασκαφή με τον Βαγγέλη Βλάχο, διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας, που είναι ειδικός στις χελώνες και χρηματοδοτείται από το National Geographic για μια ενδιαφέρουσα πρόταση που έκανε.

***Η κ. Τσουκαλά στη διαδικασία καθαρισμού και ταξινόμησης των ευρημάτων στο χώρο της ανασκαφής.***

***Η ομάδα της κ. Τσουκαλά στο χώρο της ανασκαφής.***

***- Ποιο είναι το σημαντικότερο εύρημα στη μέχρι τώρα επαγγελματική σας πορεία;***

Κάθε μία θέση από τις πολλές που έχω ανασκάψει έχει φέρει και ένα μοναδικό παγκοσμίως εύρημα. Για μένα, η πιο σημαντική θέση είναι η Μηλιά στα Γρεβενά με το πιο πλούσιο υλικό από το *Mammut borsoni*, έναν μοναδικό μαστόδοντα που αντιπροσωπεύεται μοναδικά παγκοσμίως και μία μοναδική σε σύνθεση πανίδα 3 εκατομμυρίων ετών. Επίσης είναι ο μεσοπίθηκος ο πεντελικός (*Mesopithecus pentelicus*), το κρανιάκι με την κάτω γνάθο στην καλύτερη κατάσταση που έχει βρεθεί ποτέ απ' την Κρυοπηγή Χαλκιδικής. Είναι το πιο πλήρες κρανίο του Αγκυλοθήριου (*Ancylotherium pentelicum*), ένα πολύ σημαντικό ζώο που έζησε πριν 7 εκατομμύρια χρόνια και βρέθηκε στην περιοχή της Θερμοπηγής στις Σέρρες. Εκεί βρέθηκαν και τουλάχιστον τέσσερα διαφορετικά είδη καμηλοπαρδάλεων για τα οποία έχει γίνει και μία μεταπτυχιακή διατριβή στη Βιέννη. Είναι τα ατελείωτα οστά της αρκούδας των σπηλαίων (*Ursus ingressus*) που βρέθηκαν κατά τα 25 χρόνια ανασκαφής στο σπήλαιο των Λουτρών Αλμωπίας. Στη Σιάτιστα έχουμε μοναδικό εύρημα από Στεγόδοντα, ένα προϊστορικό προβοσκιδωτό 3 εκατομμυρίων ετών που βρέθηκε πρώτη φορά στην Ευρώπη. Η ανασκαφή της Πλατανιάς είναι σημαντική για την ιδιαιτερότητα της ταφονομίας και το μαύρο χρώμα των απολιθωμάτων που μας δίνει το έναυσμα για περαιτέρω διεπιστημονικές έρευνες και αναλύσεις. Μια άλλη σημαντική ανασκαφή ήταν στο Καλαμωτό, στα Καλίνδοια Λαγκαδά, όπου εκεί έχουμε μοναδικό υλικό για την Ελλάδα ιπποποτάμων, αλλά και το κρανίο με τα τεράστια κέρατα από το γιγαντιαίο ελάφι και την γιγαντιαία ύαινα ενός εκατομμυρίου ετών.

***- Η ανακάλυψη του μεγαλύτερου χαυλιόδοντα καταγράφηκε στα ρεκόρ Γκίνες. Μιλήστε μας γι αυτή τη σημαντική αναγνώριση.***

Οι ανακαλύψεις των γιγαντιαίων χαυλιοδόντων έγιναν το 1996 από το Βασίλη Μακρίδη, σπηλαιοερευνητή και στενότερο συνεργάτη μου τα τελευταία 25 χρόνια. Βρήκαμε το πρώτο ζευγάρι με τους μεγάλους χαυλιόδοντες μήκους 4 μ και 39 εκ. από το *Mammut borsoni* ηλικίας 3 εκατομμυρίων ετών. Δέκα χρόνια μετά, το 2007, ανακαλύφθηκε και το δεύτερο μεγάλο ζευγάρι χαυλιοδόντων μήκους 5 μ. και 2 εκ. Αυτά τα δύο ζεύγη καταγράφηκαν στο βιβλίο των ρεκόρ Γκίνες ως οι μεγαλύτεροι χαυλιόδοντες στον κόσμο και έδωσαν ένα νέο ενδιαφέρον στην περιοχή της Μηλιάς. Επίσης βραβευτήκαμε από το Βατικανό (βραβείο Giuseppe Sciacca) και οργανώσαμε με μεγάλη επιτυχία το 2014 το 6ο Διεθνές Συνέδριο για τα μαμούθ και τους συγγενείς τους, όπου 200 ειδικοί από 40 χώρες επισφράγισαν τη σπουδαιότητα της Μηλιάς. Είναι σημαντικό αυτό γιατί προσελκύει το τουριστικό ενδιαφέρον στην περιοχή καθώς εκεί έχουν εκτεθεί, στην Κοινότητα της Μηλιάς, σε έναν αξιοπρεπή χώρο, όχι όπως τους αξίζει βέβαια, και είναι επισκέψιμο από το κοινό. Μέχρι στιγμής γύρω στα 40.000 άτομα το έχουν επισκεφθεί.

*Παλαιοντολογικά ευρήματα και φωτογράφηση όπου φαίνεται ο προσανατολισμός τους*

***- Ποια είναι τα συναισθήματα ενός παλαιοντολόγου όταν ανακαλύπτει ένα εύρημα όπως για παράδειγμα την άκρη από ένα κέρατο ή το δόντι από μια γνάθο;***

Είναι κάτι μοναδικό. Και τη φαντασία εξάπτει και είναι συγκλονιστικό να έχεις στα χέρια σου ένα δείγμα ζώου το οποίο έχει εξαφανιστεί. Είναι αδιανόητο σήμερα, ενώ δεν υπάρχουν στην περιοχή μας ελέφαντες, προβοσκιδωτά, να βρίσκεις απολιθώματα από προβο-

σκιδωτά, από ρινόκερους, από ιπποπόταμους. Αυτό το πράγμα συγκλονίζει αυτούς που έχουν μια ευαισθησία για τη φύση και ιδιαίτερα τα παιδιά.

***- Εσείς ή η ομάδα σας, έχετε ανακαλύψει για πρώτη φορά κάποιο ξεχωριστό είδος ζώου που έχει καταλογογραφηθεί;***

Έχουμε προσδιορίσει νέα είδη και νέα γένη σε πολλές περιοχές. Το πιο ενδιαφέρον είναι στα Πετράλωνα όπου προσδιόρισα ένα νέο είδος αλόγου (*Equus petraloniensis*) και στη Μηλιά όπου έχουν προσδιοριστεί για πρώτη φορά είδη στην Ελλάδα, όπως ο τάπιρος (*Tapirus arvernensis*), ένα νέο είδος βοοειδούς, που του δώσαμε και νέο γένος. Οι τιτανοχελώνες που πρώτη φορά μελετήθηκαν στον Ελλαδικό χώρο. Είναι πολλές γύρω από το Θερμαϊκό κόλπο γιατί η περιοχή κάποτε, πριν 5 εκατομμύρια χρόνια, ήταν ενωμένη και ζούσαν αυτές οι χερσαίες χελώνες που το μήκος τους έφτανε τα 2 μέτρα.

***- Ποιες είναι οι δυσκολίες για να πραγματοποιηθεί μια ανασκαφή και πως υποστηρίζεται οικονομικά;***

Οι δυσκολίες για μια ανασκαφή, όπως το έχουμε συζητήσει και με πολλούς συναδέλφους, είναι τεράστιες. Αρχικά πρέπει να εντοπιστεί η περιοχή ενδιαφέροντος και εφόσον εντοπίζεται πρέπει να ξεκινήσει μια διαδικασία πολλών μηνών για να μπορέσει να οργανωθεί. Η οργάνωση ξεκινάει από την ανεύρεση των πόρων, γιατί είναι πολυδάπανη αυτή η ιστορία από τη στιγμή που υπάρχουν, πρώτον, οι δαπάνες διαβίωσης της ομάδας, και δεύτερον τα έξοδα για την προμήθεια των εργαλείων και των υλικών για τη συντήρηση και αποκατάσταση των απολιθωμάτων. Το επόμενο στάδιο, όπου κάνουμε πάντοτε προτάσεις, είναι η ανάδειξή τους στους τόπους όπου ανακαλύπτονται ούτως ώστε να μπορέσει να προβληθεί η παλαιοντολογία και να γίνει γνωστή η προϊστορία στην κοινωνία. Αφού βρεθούν οι πόροι, οι οποίοι μέχρι τώρα προκύπτουν μόνο από την τοπική αυτοδιοίκηση, αρχίζει να οργανώνεται η ανασκαφή με τον κατάλληλο εξοπλισμό, εργαλεία, το ανθρώπινο δυναμικό, για να μπορέσει να έχει και εκπαιδευτικό και ερευνητικό χαρακτήρα αλλά και κοινωνικό.

***- Ανασυνθέτετε ολόκληρους σκελετούς από τα απολιθώματα που βρίσκετε; Εκτίθενται σε κάποια μουσεία;***

Πολύ σπάνια. Δεν είμαστε τόσο τυχεροί να βρίσκουμε σκελετούς ολόκληρους, όπως έχουν βρεθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου. Εκεί πραγματικά αμέσως καλύπτονται από ειδικές κατασκευές επάνω από τους σκελετούς, που είναι όμως πολυδάπανες. Αυτό δεν μπορέσαμε να το κάνουμε. Δεν είναι μουσειακά τα δείγματα, αλλά τουλάχιστον με τον τρόπο που τα συντηρούμε και τα αναδεικνύουμε, μπορούν να δώσουν στον επισκέπτη μια ακριβή εικόνα για το τι ζώο πρόκειται.

***- Μιλήστε μας για το παλαιοντολογικό μουσείο του Γεωλογικού Τμήματος που στεγάζεται στο κτήριο της Σχολής Θετικών Επιστημών.***

Αυτό ξεκίνησε από το 1928-1929, η πρώτη συλλογή, με την ίδρυση του Εργαστηρίου Γεωλογίας, Πετρολογίας και Ορυκτολογίας. Σήμερα βρίσκεται στο ισόγειο της Φυσικομαθηματικής Σχολής, στο τμήμα Γεωλογίας. Είναι ένα πολύ σημαντικό μουσείο, έχει παλιές συλλογές, αλλά εκεί βρίσκονται και συλλογές από τις ανασκαφές του Εργαστηρίου Γεωλογίας. Το πιο σημαντικό έκθεμα είναι το αυθεντικό κρανίο του ανθρώπου των Πετραλώνων όπου από το 1960, όταν ανακαλύφθηκε, μεταφέρθηκε στο Πανεπιστήμιο από Καθηγητές του Πανεπιστημίου και εκτίθεται εκεί. Επίσης έχουμε το κρανίο του Ουρανοπίθηκου του Μακεδονικού που εντοπίστηκε από την ομάδα του καθηγητή Γεωργίου Κουφού, και πάρα πολλά απολιθώματα από τις ανασκαφές κυρίως στον Αξιό και σε άλλα μέρη της Μακεδονίας.

***- Η ομάδα σας έχει δημιουργήσει στο Ωραιόκαστρο Θεσσαλονίκης το Πάρκο Δεινοσαύρων. Από πότε λειτουργεί, τι περιλαμβάνει, πως προέκυψε αυτή η ιδέα και ποιους είχατε αρωγούς σε αυτό το εγχείρημα;***

Είναι ένα άνοιγμα του ΑΠΘ που έγινε στο πλαίσιο της εξωστρέφειας, για να υπάρχει μια συνεργασία και με ιδιώτες. Έτσι λοιπόν στην επιχείρηση «Nouvelle» είχε ξεκινήσει από το Βασίλη Μιχαηλίδη το πάρκο των δεινοσαύρων αλλά επειδή ήθελε να δώσει μεγαλύτερη έμφαση και λίγο επιστημονικότητα σε αυτό, έφτασε σε εμένα. Εγώ του σύστησα ότι είναι μεν για τα παιδιά πολύ καλοί οι δεινόσαυροι αλλά δεν είναι η ελληνική πραγματικότητα. Έτσι του πρότεινα και έγιναν, το μουσείο των μαμούθ, το σπήλαιο και το πάρκο των θηλαστικών, τα οποία επισκέπτεται κάθε μέρα πολύς κόσμος. Εκεί βρήκανε δουλειά και ξεναγούνε ειδικοί παλαιοντολόγοι, φοιτητές μου. Φέραμε γνήσια απολιθώματα από τη Βόρεια Θά-

λασσα, από μαμούθ, τριχωτούς ρινόκερους, ταράνδους, βίσονες, και έχουμε όλη την ιστορία πως οι ψαράδες στη Βόρεια Θάλασσα βγάζουν τα απολιθώματα με τα δίχτυα μαζί με τα ψάρια και τα αναδεικνύουν. Είναι λοιπόν μια πάρα πολύ ωραία ιστορία στην ελληνική πραγματικότητα και αυτό προσπαθούμε, να δώσουμε δηλαδή στα παιδιά το έναυσμα να μελετήσουν τα ελληνικά ζώα, αυτά που βρέθηκαν στην Ελλάδα, και όχι μόνο τους δεινόσαυρους που δε βρέθηκαν ποτέ γιατί κάποτε όταν ζούσαν οι δεινόσαυροι η Ελλάδα ήταν βυθός θάλασσας. Μπορούμε όμως να βρούμε χιλιάδες άλλα απολιθώματα από άλλα ζώα.

*Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Μηλιάς Γρεβενών*

***- Ποιες είναι οι νέες τάσεις στην παλαιοντολογία αναφορικά με τις εξελίξεις στη βιολογία, την πληροφορική και τις άλλες θετικές επιστήμες; Μπορεί για παράδειγμα να γίνει κάτι με ανάλυση DNA και κλωνοποίηση;***

Έχει τεθεί αυτό το θέμα για τα μαμούθ καθώς έχει βρεθεί οργανικό υλικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί γι αυτό το σκοπό. Τίθεται όμως στο πλαίσιο της λεγόμενης ηθολογίας αν μπορεί να γίνει αυτό το πράγμα και κατά πόσο ένα ζώο που θα το «ξανάναστήσεις» από την εξαφάνισή του μπορεί να επιβιώσει. Είναι μία σύνθεση, μία αλυσίδα και το ζώο δε μπορεί από μόνο του να σταθεί, πρέπει να βρεθεί στο κατάλληλο περιβάλλον, τους «συντρόφους» του της συνοδού πανίδας και χλωρίδας στο κατάλληλο οικοσύστημα. Γι' αυτό και δεν έχει προχωρήσει κάτι τέτοιο. Όμως, για μένα, αυτό που παίζει ρόλο είναι να βγει πρωτογενές υλικό, παρόλο που πραγματικά μια ανασκαφή είναι πολυδάπανη και γίνεται με πολύ κόπο. Κάτι τέτοιο μας επιτρέπει να βγάζουμε στατιστικά στοιχεία όπως τώρα γίνεται*. Αυτό το μέτρημα είναι που μας λέει αν είναι αντιπροσωπευτικό ένα δείγμα ώστε να βγάλουμε καλά συμπεράσματα.

***- Άρα θέλει καλό στατιστικό δείγμα.***

Ναι, θέλει ανασκαφή, θέλει χρηματοδότηση η οποία όμως είναι δυσεύρετη ειδικά τα τελευταία χρόνια της κρίσης. Δεν επενδύουν στην κλασσική παλαιοντολογία, αλλά επενδύουν σε νέες τεχνικές και μεθόδους, όπως διάφορες αναλύσεις (DNA και άλλες), μελέτη της φυλογένεσης όπου μελετώνται οι συγγένειες αλλάζοντας τα παλιά μοντέλα με νέα κλαδογράμματα. Επίσης με νέες τεχνικές, όπως η μεσοτριβή και η μικροτριβή των δοντιών, αναλύονται οι γρατζουνιές και οι εσοχές πάνω στην αδαμαντίνη των δοντιών ώστε να βρουν οι επιστήμονες με τι τρεφότανε, τα πρωτεύοντα κυρίως, τα οποία είναι πλησιέστερα στον άνθρωπο, αλλά και τα άλλα ζώα.

***- Κλείνοντας, θα θέλαμε να μας πείτε ένα όνειρό σας που θα θέλατε να γίνει πραγματικότητα.***

Ένα Εθνικό Μουσείο Φυσικής Ιστορίας το οποίο λείπει από την Ελλάδα και πρέπει να στεγάσει όλα αυτά τα ενδιαφέροντα ευρήματα. Βρίσκεται σε εξέλιξη το «Αριστοτέλειο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Θεσσαλονίκης» σε συνεργασία του ΑΠΘ με το Δήμο Θεσσαλονίκης. Το ελληνικό κράτος μπορεί να επενδύσει στην παλαιοντολογία. Δεν έχει γίνει μέχρι τώρα γιατί αυτό που υπερέχει, και καλά κάνει, είναι η Αρχαιολογία με τον πολύ πλούσιο θησαυρό που έχει. Και η Παλαιοντολογία όμως μπορεί να αναδείξει την Ελλάδα σε μια πρωτεύουσα θέση στον κόσμο.

***- Ευχαριστούμε πολύ.***

**Μαρία Κατσικίνη**
Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής

** κατά τη διάρκεια της συνέντευξης είχαν περάσει οι συνεργάτες της κ. Τσουκαλά στη φάση της καταγραφής των διαστάσεων, του σχήματος και του προσανατολισμού των οστών που είχαν βρεθεί εκείνη την ημέρα στην ανασκαφή.*

## Διεθνές Συνέδριο στη Θεσσαλονίκη για τα κουάρκ, τα αδρόνια και την Κβαντική Χρωμοδυναμική

**Ραφαέλα-Χριστίνα Κούμπουλα**
Φοιτήτρια
Τμ. Φυσικής

Στη Θεσσαλονίκη έλαβε χώρα, από 29 Αυγούστου έως 3 Σεπτεμβρίου 2016, το παγκόσμιο συνέδριο Φυσικής Υψηλών Ενεργειών «XII$^{th}$ Quark Confinement and the Hadron Spectrum». Ακολούθησε, από τις 3 έως τις 5 Σεπτεμβρίου, το «Workshop On Accelerators Revealing The QCD Secrets». Το συνέδριο ήταν αφιερωμένο στη μνήμη του Γερμανού Καθηγητή Michael Müller-Preußker (1946-2015). Πρόκειται για ένα συνέδριο διεθνούς ακτινοβολίας, με συμμετοχή 350-400 συνέδρων, το οποίο ξεκίνησε για πρώτη φορά το 1994 στο Κόμο της Ιταλίας και έκτοτε διοργανώνεται ανά δύο χρόνια σε διάφορες χώρες. Με την πάροδο των χρόνων έχει εξελιχθεί σε ένα σημαντικό βήμα για τους επιστήμονες που εργάζονται στις ισχυρές αλληλεπιδράσεις και συμβάλλει σημαντικά στην ανταλλαγή απόψεων μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών φυσικών. Καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων που σχετίζονται με τις ισχυρές αλληλεπιδράσεις και διερευνά τις τελευταίες εξελίξεις σε θέματα όπως η Κβαντική Χρωμοδυναμική (QCD), η κατάσταση της ύλης που ονομάζεται πλάσμα κουάρκ-γκλουονίων (Quark-Gluon Plasma), η δυναμική της ύλης κατά τον σχηματισμό ή "αποσχηματισμό" των αδρονίων, καθώς και θέματα που άπτονται στα προηγούμενα, π.χ. η δομή του κενού και η Πυρηνική και Αστροσωματιδιακή Φυσική. Οι τίτλοι των θεματικών ενοτήτων που αναπτύχθηκαν σε παράλληλες συνεδρίες του συνεδρίου ήταν: Vacuum Structure and Confinement, Light Quarks, Heavy Quarks Deconfinement, QCD and New Physics, Nuclear and Astroparticle Physics, Strongly Coupled Theories

Η διοργάνωση του συνεδρίου έγινε υπό την εποπτεία της Δρ. Γιώτας Φωκά, απόφοιτης του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ. και ερευνήτριας στο CERN, σε συνεργασία με μέλη ΔΕΠ του τμήματος Φυσικής Θεσσαλονίκης και με σημαντική συμβολή ικανού αριθμού φοιτητών και φοιτητριών του τμήματος.

Επειδή στόχος του συνεδρίου, πέραν του γνωστικού του αντικειμένου, είναι και η γνωριμία με τον πολιτισμό και την κουλτούρα κάθε χώρας στην οποία διοργανώνεται, πραγματοποιήθηκαν και εξωτερικές εκδηλώσεις και πολιτιστικές εκδρομές για τους συνέδρους. Έτσι, στις 27 και 28 Αυγούστου πραγματοποιήθηκαν δύο εκδηλώσεις για το ευρύ κοινό, η μία στην Δημοτική Βιβλιοθήκη της Βέροιας και η άλλη στο Δημαρχιακό Μέγαρο Θεσσαλονίκης, όπου οι επισκέπτες είχαν την δυνατότητα να επιτελέσουν απλά πειράματα φυσικής, να αναλύσουν δεδομένα από τον επιταχυντή LHC και να συνομιλήσουν με επιστήμονες των στοιχειωδών σωματιδίων. Ιδιαίτερα ξεχώρισε η ομιλία του Καθηγητή Εμμανουήλ Τσεσμελή, υπεύθυνου Διεθνών Σχέσεων του CERN και Επισκέπτη Καθηγητή Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων και Επιταχυντών στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, με θέμα «Το CERN και η αναζήτηση της νέας Φυσικής». Ακόμη πραγματοποιήθηκε εκδρομή στην Βέροια με στόχο την γνωριμία με την ελληνική πολιτιστική παράδοση, που περιλάμβανε επισκέψεις στην σχολή του Αριστοτέλη, στο μουσείο της Βέροιας, αλλά και σε εργοστάσια παραγωγής παραδοσιακών προϊόντων.

*Η επίσημη φωτογραφία του συνεδρίου*

## Δρ. Γιώτα Φωκά
### ερευνήτρια του γερμανικού ινστιτούτου GSI Darmstadt

### Διοργανώτρια του συνεδρίου XII Quark Confinement & the Hadron Spectrum

Η Δρ. Γιώτα Φωκά είναι μια αριστούχος Απόφοιτος του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., η οποία εδώ και πολλά χρόνια ζει και εργάζεται στο εξωτερικό και συγκεκριμένα είναι ερευνήτρια του γερμανικού Ινστιτούτου GSI Darmstadt συμμετέχοντας στις δραστηριότητες της ερευνητικής ομάδας του πειράματος ALICE του CERN.

***-Κυρία Φωκά, πως πήρατε την απόφαση να σπουδάσετε Φυσική;***

Ποτέ δεν είπα ότι θα σπουδάσω Φυσική, ήταν κατά κάποιο τρόπο δεδομένο ότι θα ασχοληθώ με αυτό. Το πρώτο ερέθισμα ήρθε όταν πήγαινα στην τρίτη δημοτικού. Είχαμε το μάθημα «υποδειγματική διδασκαλία», όπου ο δάσκαλος επιτέλεσε το πείραμα της απόσταξης μπροστά σε μαθητές αλλά και καθηγητές. Αρκετό καιρό αργότερα, έμαθα πως οι ερωτήσεις μου αλλά και η αφοσίωσή μου σε αυτό το μάθημα είχαν εντυπωσιάσει τους καθηγητές. Όταν ήρθε η ώρα των εισαγωγικών εξετάσεων, είχα συγκεντρώσει υψηλή βαθμολογία, με αποτέλεσμα να μπω δεύτερη στο Φυσικό Θεσσαλονίκης. Θυμάμαι αρκετούς στον περίγυρο μου να με ρωτούν γιατί δεν πάω σε κάποια «υψηλού κύρους» σχολή. Η απάντηση μου ήταν «Αυτό είναι το μόνο που μου αρέσει» και η οποία δεν έχει αλλάξει με τα χρόνια.

***-Ποιο ήταν το ερέθισμα για να ασχοληθείτε με την Πυρηνική Φυσική; Ήταν προϊόν καταστάσεων, προσωπικής βούλησης ή συνέβαλε κάποιος/οι άνθρωπος/οι;***

Όλα ξεκίνησαν στο δεύτερο έτος που κάναμε εργαστήρια Ατομικής Φυσικής. Αν θυμάμαι καλά, κατά κάποιο τρόπο «στάμπαραν» έναν συμφοιτητή μου και εμένα και κατόπιν συζήτησης, μας κάλεσαν σαν μικρούς βοηθούς στα εργαστήρια. Από το δεύτερο και τρίτο έτος είχαμε μπει στα εργαστήρια των τεταρτοετών, όπου εκεί γνώρισα τον κ. Λιόλιο και τον κ. Ελευθεριάδη που ήταν επιστημονικοί συνεργάτες. Μπορώ να πω επίσης ότι ταίριαζε πάρα πολύ και στον χαρακτήρα μου εν τέλει η Πυρηνική Φυσική. Πάντα μου άρεσε η ιδέα να ψάχνω την Βασική Φυσική που κρύβεται πίσω από ένα φαινόμενο.

***-Ποιοι παράγοντες συντέλεσαν στο να αποφασίσετε να φύγετε στο εξωτερικό και ποια η πορεία σας εκεί;***

Ήταν καθαρά θέμα ευκαιριών. Μόλις τελείωσα το Φυσικό, αποφάσισα να συνεχίσω για μεταπτυχιακό. Εδώ υπήρχαν μονάχα δύο μεταπτυχιακά, το ένα ήταν της Ηλεκτρονικής και το άλλο σχετιζόταν με την Υπολογιστική. Ήρθα σε επαφή με έναν γνωστό του πατέρα μου για να με συμβουλεύσει τι να επιλέξω. Η απάντηση του ήταν «σαν γυναίκα που είσαι, να πας στης Ηλεκτρονικής για να μάθεις πως λειτουργεί το πλυντήριο σου!». Σκέφτηκα ότι αν έμενα εδώ δεν θα είχα πολλές ευκαιρίες. Έτσι, έκανα τα χαρτιά μου για τρεις μήνες ως summer student στο CERN. Μόλις πέρασαν αυτοί οι τρεις μήνες, μου έκαναν πρόταση να μείνω ως τα Χριστούγεννα και μετά το ένα έφερε το άλλο. Δεν ήταν συνειδητή η επιλογή μου να φύγω, αλλά δεν υπήρχε κάποια πρόταση για εμένα στην Ελλάδα. Αυτό το κατανόησαν και οι γονείς μου και με στήριξαν σε όλο αυτό. Τώρα, όσον αφορά την πορεία μου εκεί, γενικά ασχολούμαι με την ανάλυση πειραματικών δεδομένων στο CERN. Το αντικείμενο μου είναι κάπως πιο «τεχνικό». Ειδικά τα τελευταία χρόνια προσπαθώ να συντονίσω την δημιουργία ενός test station στο CERN για ένα νέο επιταχυντή που θα τεθεί σε λειτουργία.

***-Ως απόφοιτη του τμήματος του Α.Π.Θ, ποιο θα ήταν το μήνυμα που θα θέλατε να περάσετε στα νέα παιδιά που σπουδάζουν Φυσική ή πρόκειται να σπουδάσουν Φυσική;***

Δεν θέλω να περάσω κάποιο μήνυμα για καθοδήγηση των

νέων. Ο κάθε άνθρωπος ακολουθεί το ένστικτο του και αυτό που εσώψυχα θέλει. Αυτό που θα μπορούσα να σχολιάσω είναι πως οι Έλληνες πτυχιούχοι, μιλώντας πιο συγκεκριμένα για την δική μου εποχή, διέπρεψαν στο εξωτερικό και έφτασαν πολύ ψηλά συγκριτικά με επιστήμονες άλλων χωρών. Ακόμα απορώ πώς γίνεται να ήμασταν ισάξιοι σε επίπεδο γνώσεων, λαμβάνοντας υπόψη τις καλύτερες εγκαταστάσεις εργαστηρίων και επιπέδου μαθημάτων στο εξωτερικού. Θυμάμαι συγκεκριμένα ότι είχαμε πάει στο πανεπιστήμιο της Γενεύης και εκεί ακούσαμε πρώτη φορά για γλουόνια. Όταν συνειδητοποιείς πως δεν έχεις τα απαραίτητα μέσα για να κάνεις αυτό που θες, τότε «τρίβεις» περισσότερο το μυαλό σου για να ανταπεξέλθεις και μπορείς να φτάσεις εκεί που θες. Αν θέλεις να κάνεις κάτι πολύ, βρίσκεις τρόπο για να το εξελίξεις.

***- Κάποια στιγμή αν σας πρότειναν να γυρίσετε στην Ελλάδα για να μεταλαμπαδεύσετε τις γνώσεις σας και την εμπειρία σας, θα γυρνούσατε; Η οικονομική κρίση θα έπαιζε ρόλο;***

Δεν το έχω σκεφτεί ποτέ αυτό για να πω την αλήθεια. Η θέση σε ένα πανεπιστήμιο διαφέρει αισθητά από μια ερευνητική θέση. Δεν είχα ποτέ την αξίωση να γίνω καθηγήτρια σε πανεπιστήμιο. Ίσως βέβαια αν γίνει κάποια πρόταση να το λάβω σοβαρά υπόψη μου και να το σκεφτώ, αλλά τονίζω ότι μου αρέσει πολύ η δουλειά μου ως ερευνήτρια. Η οικονομική κρίση δεν θα με επηρέαζε να πάρω μια τέτοια απόφαση.

***- Πώς έγινε η επιλογή να είστε η διοργανώτρια του συνεδρίου;***

Το συνέδριο γίνεται κάθε δυο χρόνια και το αναλαμβάνει κάποιος από τους συνέδρους. Μου είχε προταθεί πριν από τέσσερα χρόνια και είχα προσπαθήσει να το οργανώσω στην Κέρκυρα. Συζητήθηκε αυτή η ιδέα από όλα τα μέλη και επειδή αυτό ακολουθεί μια ιεραρχία, τελικά έγινε σε άλλη Ευρωπαϊκή πόλη. Όταν μου το ξαναπρότειναν, βλέποντας τη δύσκολη οικονομική κατάσταση της χώρας, αποφάσισα να αρνηθώ. Ωστόσο δεν υπήρχε κάποια άλλη χώρα για να αναλάβει αυτή την διοργάνωση και κατά κάποιο τρόπο μου επιβλήθηκε να το οργανώσω. Έψαξα αρκετούς μήνες για να δω πως θα το οργανώσω στην Ελλάδα. Σκέφτηκα ότι μπόρεσα με την ομάδα μου να στήσω μια σειρά συνεδρίων Πυρηνικής Φυσικής στην Κρήτη από το μηδέν, άρα μπορώ να κάνω και κάτι ακόμα. Βέβαια η οικονομική κατάσταση της Ελλάδας τα επόμενα δύο χρόνια επιδεινώθηκε περισσότερο, πράγμα που με έβαλε σε σκέψεις αν αυτό που πάω να κάνω έχει νόημα. Το οργάνωσα τελικά στη Θεσσαλονίκη, εκεί όπου αποφοίτησα, αλλά όχι μόνον για συναισθηματικούς λόγους. Ήθελα να το οργανώσω μακριά από τουριστικά θέρετρα και διακοπές ώστε να μπορέσουν να δουν οι διάφοροι συμμετέχοντες την αληθινή Ελλάδα.

***- Δεδομένου ότι ευρισκόμαστε σε οικονομική ύφεση, πιστεύετε πως η χώρα μας ανταποκρίθηκε στους στόχους ενός παγκόσμιου συνεδρίου και πώς κρίνετε το αποτέλεσμα; Επίσης, θα αναλαμβάνατε εκ νέου την διοργάνωση ενός Παγκόσμιου Συνεδρίου στην Ελλάδα;***

Πιστεύω πως ανταποκρίθηκε. Ένα συνέδριο πέραν των συνεδριάσεων σε μια χώρα περιλαμβάνει και τη γνωριμία με τον πολιτισμό της χώρας. Το συνέδριο έδωσε την ευκαιρία στους ανθρώπους του εξωτερικού να ζήσουν ελληνικές στιγμές. Όλοι εντυπωσιάστηκαν με την φιλοξενία των Ελλήνων και σχολίασαν πως παρόλο που υπάρχουν δυσκολίες, οι Έλληνες βρίσκουν τον τρόπο να περνούν καλά. Κάτι που με βρίσκει και εμένα σύμφωνη. Μάλιστα μου ανέφεραν ότι περίμεναν να δουν χειρότερα πράγματα επηρεασμένοι από τα μέσα ενημέρωσης. Νομίζω πως θα αναλάμβανα ξανά την διοργάνωση. Όπως είναι γνωστό, την δεύτερη φορά όλα είναι ευκολότερα από την πρώτη.

***- Τα θέματα που έλαβαν χώρα τα κρίνετε ενδιαφέροντα; Πως ανταποκρίθηκε το κοινό σε αυτά;***

Τα θέματα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέροντα. Το συνέδριο έχει ως αντικείμενο τη Θεωρητική Φυσική και συγκεκριμένα την Φυσική Υψηλών Ενεργειών. Επομένως τα θέματα που έλαβαν χώρα ήταν προσανατολισμένα σε αυτόν τον τομέα. Το κοινό πιστεύω πως ανταποκρίθηκε σε αυτά. Τα μέλη που παρακολούθησαν το συνέδριο δεν απομακρύνθηκαν από τις συνεδρίες, πράγμα που φαίνεται από τις γεμάτες αίθουσες, παρόλο που την ίδια ώρα λάμβαναν χώρα αρκετές παράλληλες συνεδρίες, ούτε ακόμα για να επισκεφτούν διάφορες τουριστικές περιοχές.

***- Πιστεύετε πως το συνέδριο προωθήθηκε από τα Μ.Μ.Ε. (Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης) ώστε να γίνει γνωστό στο ευρύ κοινό και αν όχι τι πιστεύετε ότι φταίει σε αυτό;***

Μπορώ να πω ότι απογοητεύτηκα με τη μη προβολή στα μέσα. Σε αυτό βέβαια φταίω και εγώ σημαντικά. Ζήτησα από κάποιο άτομο να αναλάβει την προώθηση του, καθώς εγώ δεν μπορούσα να το στηρίξω στα μέσα, και ενώ κανονίσθηκε, τελικά αυτό το άτομο δεν παρα-

## Ορκωμοσία διδακτόρων

**Στις 11/7/2016 και 27/9/2016 ορκίστηκαν οι νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής.**

| ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ | ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ | ΘΕΜΑ |
|---|---|---|
| **Συμεών Κωνσταντινίδης** | Κ. Κόκκοτας | Μελέτη της βαρυτικής ακτινοβολίας από αστρικά συστήματα |
| **Μιχαήλ Παπάζογλου** | Χ. Μουστακίδης | Εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας συμμετρίας στη δομή πεπερασμένων πυρήνων και αστέρες νετρονίων |
| **Ελένη Αζά** | Δ. Σαμψωνίδης | SpectroGEM: Ένα νέο φασματόμετρο νετρονίων |
| **Ιωάννης Κατσιούλας** | Η. Σαββίδης | Μελέτη και ανίχνευση χαμηλής ενέργειας νετρίνων |
| **Σάββας Βαρίτης** | Φ. Κομνηνού | Εφαρμογή θερμικών μεθόδων κατεργασίας επικίνδυνων αποβλήτων |
| **Θεόδωρος Παυλούδης** | Ι. Κιοσέογλου | Δομικά μοντέλα υλικών τεχνολογίας σε ατομικό επίπεδο με υπολογιστικές μεθόδους ανάλυσης |

βρέθηκε. Τότε έκανα επαφές με εφημερίδες και με την ΕΡΤ προκειμένου να αναλάβουμε την διαφήμιση του για το κοινό. Πρέπει να πούμε πως το συνέδριο είχε αρκετές δραστηριότητες για τον κόσμο και ειδικά για τα μικρά παιδιά. Ωστόσο επιβαλλόταν η παρουσία μου σε εκπομπές ή έπρεπε να βρω χρόνο να δώσω κάποια συνέντευξη. Αυτό για εμένα ήταν δύσκολο καθώς ταξίδευα από Γερμανία προς Ελλάδα και παράλληλα κανόνιζα όλες τις λεπτομέρειες για την πορεία του συνεδρίου.

***- Σας ευχαριστώ πάρα πολύ για τον χρόνο σας. Θα θέλατε μήπως να προσθέσετε κάτι;***

Δεν νομίζω πως χρειάζεται να προσθέσω κάτι άλλο. Παρά μόνο να ευχαριστήσω τα παιδιά, δηλαδή τους φοιτητές του Α.Π.Θ., που βοήθησαν ως εθελοντές σε αυτήν τη διοργάνωση. Όπως προείπα και στην ομιλία μου θα τα ξαναπούμε μάλλον στο συνέδριο Πυρηνικής Φυσικής στην Κρήτη.

**Ραφαέλα-Χριστίνα Κούμπουλα**
Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής

## Ορκωμοσίες πτυχιούχων

**Την Πέμπτη 22/7/2016 πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσία νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.**

### ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

| | | | |
|---|---|---|---|
| ΑΓΑΠΟΠΟΥΛΟΥ | ΧΡΙΣΤΙΝΑ | ΔΙΔΑΣΚΑΛΟΥ | ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ |
| ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ | ΜΑΡΚΟΣ | ΔΟΔΟΛΕΡΗ | ΛΟΥΚΙΑ |
| ΑΙΒΑΖΟΠΟΥΛΟΣ | ΧΡΗΣΤΟΣ | ΕΡΜΕΙΔΗΣ | ΚΥΡΙΑΚΟΣ |
| ΒΟΣΚΟΥ | ΑΝΔΡΕΑΣ | ΖΑΡΚΟΓΙΑΝΝΗΣ | ΧΡΗΣΤΟΣ |
| ΓΕΩΡΓΙΟΥ | ΑΝΤΩΝΙΟΣ | ΖΑΧΑΡΕΓΚΑΣ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ |
| ΓΙΑΝΤΣΟΣ | ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ | ΖΗΜΙΑΝΙΤΗΣ | ΠΕΤΡΟΣ |
| ΓΚΙΟΥΛΕ | ΙΩΑΝΝΑ | ΖΙΑΚΑΣ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |
| ΓΟΓΟΛΟΥ | ΒΑΣΙΛΙΚΗ | ΗΛΙΑΔΟΥ | ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ |
| ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ | ΜΑΡΙΑ | ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ | ΑΡΓΥΡΙΟΣ |
| ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΗΣ | ΘΕΟΔΩΡΟΣ | ΚΑΛΑΪΤΖΗΣ | ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ |

| | |
|---|---|
| ΚΑΛΑΜΑΚΗΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΚΑΡΑΜΑΝΗΣ | ΜΑΡΙΟΣ |
| ΚΑΤΕΡΓΑΡΗΣ | ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ |
| ΚΕΣΙΔΟΥ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ |
| ΚΡΙΑΡΗ | ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ |
| ΚΥΡΑΤΖΗΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΚΩΒΑΙΟΣ | ΣΤΕΦΑΝΟΣ |
| ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ-ΠΑΤΣΑΛΙΑ | ΣΟΦΙΑ |
| ΛΙΟΥΤΑΣ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |
| ΛΟΥΦΑΚΗΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΛΥΤΡΟΣΥΓΓΟΥΝΗΣ | ΙΩΑΝΝΗΣ |
| ΜΑΚΡΥΓΙΑΝΝΗ | ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ |
| ΜΑΜΑΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΜΗΤΣΗΜ | ΤΖΩΡΤΖ |
| ΜΙΚΡΟΠΟΥΛΟΣ | ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ |
| ΜΠΑΤΑΛΑΣ | ΧΡΗΣΤΟΣ |
| ΜΠΛΑΝΤΟΣ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ |
| ΝΑΒΡΟΖΙΔΟΥ | ΙΩΑΝΝΑ |

| | |
|---|---|
| ΠΑΠΑΔΟΒΑΣΙΛΑΚΗΣ | ΜΑΡΙΟΣ |
| ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ | ΚΥΠΑΡΙΣΗΣ |
| ΠΑΠΑΡΙΖΟΣ | ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ |
| ΠΑΣΣΙΑΣ | ΛΑΖΑΡΟΣ |
| ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ | ΝΙΚΟΛΑΟΣ |
| ΣΑΜΑΡΑΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΣΒΑΡΝΑΣ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ |
| ΣΙΟΥΤΑΣ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΣΚΟΥΡΙΔΗ | ΕΛΕΝΗ |
| ΤΕΡΖΟΠΟΥΛΟΥ | ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ |
| ΤΖΙΤΖΙΜΠΑΣΗΣ | ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ |
| ΤΟΥΛΙΚΑΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΤΣΑΚΑΛΙΔΟΥ | ΠΕΛΑΓΙΑ |
| ΤΣΑΡΟΥΧΑΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΤΣΙΑΜΗΣ | ΑΓΓΕΛΟΣ |
| ΦΙΛΚΑΣ | ΜΕΝΕΛΑΟΣ |
| ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΟΥ | ΗΡΑΚΛΗΣ |
| ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΗΣ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |

**Την Τρίτη 22/11/2016 πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσία νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.**

## ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

| | |
|---|---|
| ΑΛΒΑΝΟΥ | ΕΛΕΝΗ |
| ΑΜΟΙΡΙΔΟΥ | ΑΜΑΛΙΑ ΕΛΕΝΗ |
| ΑΜΠΑΤΣΟΓΛΟΥ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |
| ΑΞΙΩΤΗΣ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΒΛΑΧΟΜΗΤΡΟΥ | ΒΑΪΑ |
| ΓΚΑΡΤΖΟΝΙΚΑ | ΘΕΟΔΩΡΑ |

| | |
|---|---|
| ΓΟΥΔΕΛΗΣ | ΣΠΥΡΙΔΩΝ |
| ΔΕΣΣΟΥ | ΝΙΚΟΛΙΑ |
| ΔΗΜΚΟΥ | ΙΩΑΝΝΑ |
| ΔΗΜΟΥ | ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ |
| ΖΑΧΑΡΕΛΟΣ | ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ |
| ΚΑΖΑΚΟΣ | ΣΤΕΡΓΙΟΣ |

| | |
|---|---|
| ΚΑΖΙΑΝΗΣ | ΛΕΩΝΙΔΑΣ |
| ΚΑΡΑΜΠΙΠΕΡΗ | ΜΑΡΙΑ |
| ΚΑΡΡΑ | ΔΕΣΠΟΙΝΑ |
| ΚΑΣΣΑΝΔΡΟΣ | ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ |
| ΚΟΛΙΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΟΥΤΜΗΡΙΔΗΣ | ΠΟΛΥΧΡΟΝΗΣ |
| ΚΥΡΙΑΚΑΚΗΣ | ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ |
| ΚΥΡΟΥΔΗΣ | ΖΗΣΗΣ |
| ΛΕΤΣΙΟΥ | ΕΛΙΣΑΒΕΤ |
| ΛΙΤΣΑ | ΑΛΙΚΗ |
| ΜΑΛΤΑΣ | ΝΙΚΟΛΑΟΣ |
| ΜΑΝΩΛΟΥΔΗΣ | ΠΑΥΛΟΣ |
| ΜΑΡΑΓΚΟΥ ΝΤΙΝΤΗ | ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ |
| ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΗΣ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |
| ΜΗΤΣΙΟΥ | ΧΡΗΣΤΟΣ |
| ΜΟΥΡΤΕΤΖΙΚΟΓΛΟΥ | ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ |
| ΜΠΑΝΤΑ | ΕΛΕΝΗ |
| ΜΠΕΚΙΑΡΗ | ΖΩΗ |
| ΜΠΙΚΟΥΔΗΣ | ΝΙΚΟΛΑΟΣ |
| ΜΠΛΑΝΤΟΣ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΜΠΟΝΙΟΣ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΝΑΧΜΙΑΣ | ΦΙΛΙΠΠΟΣ |
| ΝΙΚΟΛΗΣ | ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ |
| ΝΤΑΜΠΟΣ | ΛΑΖΑΡΟΣ |
| ΝΤΟΥΜΟΣ | ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ |
| ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ |
| ΟΝΤΟΥΤΟΛΑ | ΤΑΜΑΡΑ ΝΑΣΤΑΣΙΑ ΤΙΤΙΛΟΛΑ ΑΪΣ |
| ΟΡΦΑΝΟΣ | ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ |

| | |
|---|---|
| ΟΥΓΓΡΙΝΟΣ | ΣΤΕΦΑΝΟΣ |
| ΠΑΝΟΣ | ΣΤΑΥΡΟΣ |
| ΠΑΠΑΒΡΑΜΙΔΗΣ | ΝΙΚΟΛΑΟΣ |
| ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ | ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ |
| ΠΑΠΑΜΙΧΟΥ | ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ |
| ΠΑΠΑΣΤΑΥΡΟΥ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΑΠΟΛΕΩΝ |
| ΠΑΡΑΣΚΑΚΗ | ΓΕΩΡΓΙΑ |
| ΠΑΡΑΣΧΟΥ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΠΑΣΧΟΥ | ΠΕΡΙΣΤΕΡΑ |
| ΠΑΤΣΙΚΑΣ | ΣΤΕΦΑΝΟΣ |
| ΠΑΥΛΙΔΟΥ | ΟΛΓΑ |
| ΠΕΪΟΓΛΟΥ | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ |
| ΠΕΡΝΑΡΗΣ | ΓΕΩΡΓΙΟΣ |
| ΠΙΠΕΡΙΔΟΥ | ΕΛΙΣΑΒΕΤ |
| ΣΑΡΑΦΙΔΗΣ | ΧΡΗΣΤΟΣ |
| ΣΕΡΕΤΗ | ΜΑΡΘΑ |
| ΣΙΒΒΑ | ΖΩΗ |
| ΣΟΥΛΤΑΝΗΣ | ΘΕΟΔΩΡΟΣ |
| ΣΦΕΤΣΙΟΥ | ΧΡΙΣΤΙΝΑ |
| ΤΑΧΤΣΙΔΟΥ | ΑΛΙΚΗ |
| ΤΖΑΝΑΚΗΣ | ΙΩΑΝΝΗΣ |
| ΤΟΠΟΥΖΛΗΣ | ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ |
| ΤΡΑΪΑΝΟΥ | ΕΥΘΑΛΙΑ |
| ΤΣΑΒΔΑΡΙΔΗΣ | ΣΩΤΗΡΙΟΣ |
| ΤΣΟΥΚΑ | ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ |
| ΧΑΛΚΙΑΔΑΚΗΣ | ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ |
| ΧΑΝΙΩΤΑΚΗΣ | ΙΩΑΝΝΗΣ |
| ΧΑΝΛΑΡΙΔΗΣ | ΣΑΒΒΑΣ |
| ΧΑΡΙΖΑΝΗ | ΕΛΕΝΗ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ΧΑΡΟΥΠΑ | ΑΝΤΙΓΟΝΗ | ΧΑΤΖΗΧΙΔΗΡΟΓΛΟΥ | ΗΛΙΑΣ |
| ΧΑΤΖΑΡΑΚΗΣ | ΝΙΚΟΛΑΟΣ | ΨΑΛΤΗΣ | ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ |
| ΧΑΤΖΗΝΙΚΟΛΑΚΗΣ | ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ | | |

«Ονομάζομαι Σάββας Ζαφειρόπουλος. Γεννήθηκα και μεγάλωσα στην Αθήνα. Από μικρός ήθελα να απαντήσω σε ερωτήματα που θέτουν όλοι οι άνθρωποι από καταβολής κόσμου και με το πέρασμα των χρόνων κατάλαβα πως το μόνο μονοπάτι για να φτάσει κανείς κοντά στην απάντηση ήταν η Φυσική. Αυτή η έμφυτη μου τάση με οδήγησε στο Φυσικό Αθήνας όπου το τέλειωσα πρώτος σε βαθμολογική κατάταξη. Έπειτα, αποφάσισα πως για να απαντήσεις βασικά ερωτήματα πρέπει να έρθεις σε επαφή και με άλλες χώρες ώστε να γνωρίσεις κάπως σφαιρικότερα την κοινωνία. Έτσι, πήρα τη μεγάλη απόφαση να φύγω για μεταπτυχιακό και διδακτορικό στο εξωτερικό. Πρώτος σταθμός μου η Αμερική, όπου έκανα μεταπτυχιακό, διδακτορικό και μεταδιδακτορικό. Έπειτα, ήθελα να επιστρέψω στην Ελλάδα ωστόσο η κρίση με έβαλε σε σκέψεις, οπότε επέλεξα να μοιράσω την ζωή μου μεταξύ Γαλλίας και Γερμανίας και τώρα πάλι μεταξύ Γερμανίας και Αμερικής. Θα ήθελα να πω στα νέα παιδιά να ανοίξουν τα φτερά τους. Οι νέοι πρέπει να φεύγουν από την χώρα τους ώστε να ανακαλύπτουν τον κόσμο και γυρνώντας πίσω κάποια στιγμή να την αναβαθμίσουν φέρνοντας τη νέα εμπειρία μέσα από αυτό το ταξίδι της ολοκλήρωσης. Η Ελλάδα χρειάζεται κόσμο να την στηρίξει αλλά κανείς δεν είναι έτοιμος αν δεν περάσει διάφορα στάδια ολοκλήρωσης και ωρίμανσης. Δεν υπάρχουν υπαρκτοί περιορισμοί στο να ακολουθήσεις κάτι ανώτερο, αρκεί εσύ να βρεις την αληθινή δύναμη να το κάνεις. Το κάθε πράγμα στη ζωή έρχεται με το τίμημα του. Αυτό δεν σημαίνει πως περιορίζεσαι σαν άνθρωπος. Για εμένα πρέπει να υπάρχει ισορροπία σε όλα. Ό,τι και να θέλετε, αν πραγματικά το θέλετε, είναι στο χέρι σας να το αποκτήσετε. Ελπίζω να γνωρίσω πολλούς από εσάς σε επόμενα συνέδρια ή σε κάποιο πανεπιστήμιο του εξωτερικού».

**Μήνυμα προς τους φοιτητές ενός εκ των νεαρών συνέδρων του XII$^{th}$ Quark Confinement and the Hadron Spectrum, που εργάζεται στο Πανεπιστήμιο της Φρανκφούρτης.*

# Συνταξιοδοτήσεις μελών ΔΕΠ

**Βάρβογλης Χαράλαμπος**

**Βλάχος Λουκάς**

Καθηγητές του Τομέα Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής

**Βανίδης Ευάγγελος**
Αναπληρωτής Καθηγητής

**Καλέρη-Βλάχου Μαρία-Μαρίνα**
Επίκουρη Καθηγήτρια

του Τομέα Φυσικής Στερεάς Κατάστασης

# Βραβεία

Ο **Κλεομένης Τσιγάνης** βραβεύτηκε με το **6ο Βραβείο «Paolo Farinella» - 2016** για την έρευνά του στη δυναμική των πλανητικών συστημάτων. Το βραβείο καθιερώθηκε το 2010 προς τιμήν του ιταλού επιστήμονα και απονέμεται κάθε χρόνο σε έναν εξαίρετο επιστήμονα ηλικίας μικρότερης των 47 ετών που πέτυχε σημαντικά αποτελέσματα στο πεδίο έρευνας του Farinella. Για το 2016, το βραβείο ήταν αφιερωμένο στις εφαρμογές της Ουράνιας Μηχανικής των σωμάτων του ηλιακού μας συστήματος. Κατά τη διάρκεια της μεταδιδακτορικής του έρευνας στο Observatoire de la Cote d'Azur της Νίκαιας, ο Κ. Τσιγάνης ήταν από τους κύριους θεμελιωτές του διάσημου μοντέλου της Νίκαιας, το οποίο περιγράφει τη μετακίνηση του Δία, του Κρόνου, του Ουρανού και του Ποσειδώνα κατά τη διάρκεια των αρχικών φάσεων της δημιουργίας του ηλιακού μας συστήματος. Το μοντέλο περιγράφει την αλληλεπίδραση γιγαντιαίων πλανητών με ένα δίσκο θραυσμάτων που προκάλεσε μια παροδική δυναμική αστάθεια, οδηγώντας τους εξωτερικούς πλανήτες να κινηθούν στη διάταξη που βρίσκονται σήμερα. Το μοντέλο της Νίκαιας εξηγεί και την παρατηρούμενη κατανομή μερικών κομητών και αστεροειδών στο ηλιακό σύστημα. Το 2008 η Διεθνής Αστρονομική Εταιρία μετονόμασε τον αστεροειδή 1999RC221 σε «21775- Tsiganis» ως αναγνώριση των επιτευγμάτων του. Ο Κ. Τσιγάνης συνεχίζει να εργάζεται επάνω στο μοντέλο της Νίκαιας αλλά και στη δυναμική σχηματισμού των εξωηλιακών πλανητικών συστημάτων και στη δυναμική εξέλιξη των μικρότερων σωμάτων του ηλιακού συστήματος.

# Συμβαίνουν στο Τμήμα

**P.A.Th-ος για τη Φυσική!**

Η P.A.Th, ή αλλιώς Physicists Aristotle Thessaloniki, είναι μια εθελοντική ομάδα του τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.. Διαχειριζόμενη από φοιτητές του Φυσικού έχει ως σκοπό την ενημέρωση των συμφοιτητών τους σε θέματα ερευνητικής δραστηριότητας του τμήματος. Ιδρύθηκε το 2014 με πρωτοβουλία φοιτητών και ξεκίνησε μια σειρά σεμιναρίων με γενικό τίτλο «Πρώτες ματιές στην έρευνα». Τα σεμινάρια αυτά τελούνται τακτικά εδώ και δύο χρόνια με ομιλητές τους καθηγητές της σχολής προσπαθώντας να κινήσουν το ενδιαφέρον των φοιτητών για θέματα που αφορούν όλους τους τομείς του τμήματος. Απώτερος στόχος είναι η επίτευξη σφαιρικής πληροφόρησης για τις δραστηριότητες του τμήματος Φυσικής, ώστε όλοι οι φοιτητές να αποκτήσουν καλύτερη άποψη για το τι σπουδάζουν, ποιες δυνατότητες τους προσφέρει το τμήμα Φυσικής και, αναλόγως των ενδιαφερόντων τους και των ικανοτήτων τους, σε ποιον τομέα θα ήταν καλύτερο να επικεντρωθούν κατά το τέταρτο έτος των σπουδών τους ή ακόμα και για την μετέπειτα ακαδημαϊκή τους καριέρα. Πέρυσι, η Path συνεργάστηκε με το γραφείο σταδιοδρομίας ΔΑΣΤΑ σε μια δραστηριότητα με τίτλο «Your CV is you...your motivational letter is...» ώστε να προετοιμάζονται επιτυχώς οι φοιτητές για τις αιτήσεις των μεταπτυχιακών σπουδών τους καθώς και με την LeadCompass για την πραγμάτωση ενός διαδραστικού workshop ανάπτυξης δεξιοτήτων. Επιπροσθέτως, φέτος η ομάδα Path οργάνωσε για πρώτη φορά εκδήλωση για την υποδοχή των πρωτοετών φοιτητών με τίτλο «Πρώτα βήματα στο Φυσικό». Τέλος, η εθελοντική δράση της ομάδας περιλαμβάνει και τη συμμετοχή της σε εκδηλώσεις όπως το Teamfair και το Κυνήγι του Θησαυρού που οργανώνονται κάθε χρόνο από την εθελοντική ομάδα Comvos κι έχουν ως στόχο τη γνωριμία των φοιτητών με διαφορετικές εθελοντικές ομάδες του πανεπιστημίου.

Περισσότερες πληροφορίες για τη δράση της ομάδας μπορείτε να βρείτε στη σελίδα στο facebook:
https://www.facebook.com/PATh-Physicists-Aristotle-Thessaloniki-1577543525848610/?fref=ts
https://www.facebook.com/groups/pathcom/?fref=ts
και στη σελίδα μας:
http://path-auth.byethost5.com/wp/about/

# 2016: έτος Αριστοτέλη

Το 2016 ανακηρύχθηκε από την UNESCO ως «Επετειακό Έτος Αριστοτέλη» καθώς συμπληρώνονται 2400 χρόνια από τη γέννηση του μεγάλου Μακεδόνα φιλοσόφου και επιστήμονα.

Ο Αριστοτέλης είναι ένας από τους εμβληματικότερους φιλοσόφους με πολύ σημαντική επιρροή στην ανθρωπότητα.

Βοήθησε σημαντικά στη διαμόρφωση της Ευρωπαϊκής Διανόησης και έθεσε τα θεωρητικά θεμέλια για την ιδέα της Δημοκρατίας και για την κατάρτιση Συνταγμάτων στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Συνεχίζει να επηρεάζει τη φιλοσοφική εξέλιξη του δυτικού πολιτισμού και αποτελεί στοιχειώδες τμήμα της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Είναι αδιαμφισβήτητα μια μορφή παγκόσμιας σημασίας.

** en.unesco.org*

UNESCO

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization