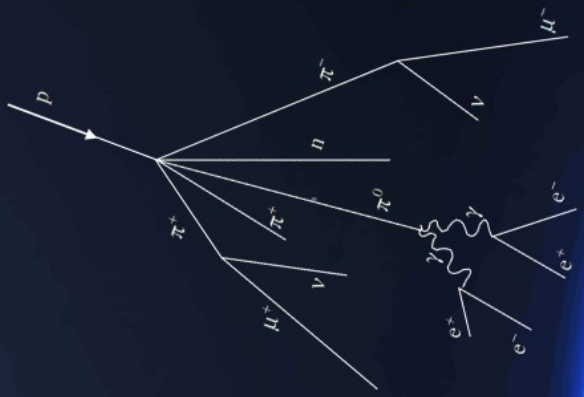
phenomenon.physics.auth.gr

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

Φαινόμενον

Περίοδος Δ' | Τεύχος 38 | Ιούλιος 2023
ISSN: 2529-1874/2529-1882 (online)



Cherenkov Telescope Array Observatory

...ένα βήμα πιο κοντά στην κατανόηση του σύμπαντος

Σελ. 11

Παρατηρητήριο Νετρίνων IceCube **Σελ. 3**

Το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι
...όταν η επιστήμη συναντά την Τέχνη
Σελ. 6

SpaceDot - AcubeSAT nanosatellite
το μέλλον της διαστημικής εξερεύνησης στα χέρια φοιτητών του Α.Π.Θ
Σελ. 10

Η αξία της επιστήμης
Ομιλία του Δρ. Yervant Terzian
Σελ. 15

Υπολογιστές δεξαμενής (Reservoir Computers)
τα δυναμικά συστήματα συναντούν την Μηχανική Μάθηση
Σελ. 19

Πώς τα lockdown για τον κορωνοϊό άλλαξαν τον τρόπο που η Γη κινείται
Σελ. 24

Μπαταρίες λιθίου: καταρρίφθηκε το ρεκόρ μέγιστης πυκνότητας ενέργειας
Σελ. 24

Μεταπτυχιακές σπουδές στο Τμήμα Φυσικής
Σελ. 28

Φαινόμενον

Περίοδος Δ΄ · Τεύχος 38
Ιούλιος 2023
Περιοδική έκδοση του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.
(προεδρία Α. Ιωαννίδου)

συντακτική ομάδα

Επιτροπή εκδόσεων, σεμιναρίων και προβολής του Τμήματος Φυσικής

Σ. Κασσαβέτης · Φ. Πινακίδου · Ε. Βίγκα · Χ. Σαραφίδης · Π. Πατσαλάς · Α. Λασκαράκης · Α. Μάτζαρη · Ι. Τσιαούσης · Ν. Χαστάς

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Γιάννης Αντωνιάδης
(Ε.ΔΙ.Π Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνος Ευθυμιάδης
(Καθηγ. Τμ. Φυσικής)
Νίκη Λαγιόκαπα
(Απόφοιτη Τμ. Φυσικής)
Αναστάσιος Λιόλιος
(Ομοτ. Καθηγ. Τμ. Φυσικής)
Θεοδώρα Μαϊμάρη
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
Αναστασία Μαυρομάτη
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)
Αναστάσιος Μολοχίδης
(Αναπλ. Καθηγ. Τμ. Φυσικής)
Ελένη Πετρίδου
(Ε.ΔΙ.Π Τμ. Φυσικής)
Φανή Πινακίδου
(Ε.ΔΙ.Π Τμ. Φυσικής)
Χάρης Σαραφίδης
(Αναπλ. Καθηγ. Τμ. Φυσικής)
Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης
(Καθηγ. Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνος Χεριστανίδης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής)

Εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

http://phenomenon.physics.auth.gr

E-mail επικοινωνίας:
phenomenon@physics.auth.gr

facebook: τμήμα φυσικής απθ & περιοδικό "φαινόμενον"

ISSN: 2529-1874 · 2529-1882 (online)

σημείωμα της σύνταξης

Στο νέο, **Τεύχος 38 του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ»** θα διαβάσετε άρθρα φοιτητών/τριών και μελών του Τμ. Φυσικής για το παρατηρητήριο νετρίνων IceCube, πώς η επιστήμη συναντά τα έργα τέχνης, το πρόγραμμα Cherenkov Telescope Array Observatory, τους Υπολογιστές Δεξαμενής και επιστημονικά νέα από τον χώρο της Φυσικής, όπως πώς μεταβλήθηκε η κίνηση της Γης λόγω των πανδημικών lockdown, για την κατασκευή νέας γενιάς μπαταριών Λιθίου κ.α. Επίσης περιλαμβάνεται η ομιλία που έδωσε στα Ελληνικά ο καθηγ. Yervant Terzian κατά την αναγόρευση του σε Επίτιμο Διδάκτορα του Τμ. Φυσικής, ΑΠΘ το 1997. Για όσους/ες σκέφτονται μεταπτυχιακές σπουδές, μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες για τα μεταπτυχιακά προγράμματα σπουδών του Τμ. Φυσικής. Το τεύχος αφιερώνεται στη μνήμη του φοιτητή του Τμ. Φυσικής Γ. Παπάζογλου και των φοιτητών/τριών του ΑΠΘ, θυμάτων του σιδηροδρομικού δυστυχήματος στα Τέμπη στις 28/02/2023.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

Επιστημονικά νέα	**1**
Παρατηρητήριο νετρίνων IceCube	**3**
Το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι	**6**
SpaceDot - AcubeSAT nanosatellite	**10**
Cherenkov Telescope Array Observatory	**11**
Η αξία της επιστήμης - ομιλία Καθ. Yervant Terzian	**15**
Υπολογιστές Δεξαμενής (Reservoir Computers)	**19**
Πώς τα lockdown για τον κορωνοϊό άλλαξαν τον τρόπο που η Γη κινείται	**24**
Μπαταρίες Λιθίου: καταρρίφθηκε το ρεκόρ μέγιστης πυκνότητας ενέργειας	**24**
Ο ύμνος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης	**27**
Μεταπτυχιακές σπουδές στο Τμήμα Φυσικής	**28**
Συνέβησαν στο Τμήμα	**32**

Εξώφυλλο: Αλέξανδρος Μυλωνάς (φοιτητής Τμ. Φυσικής)

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/

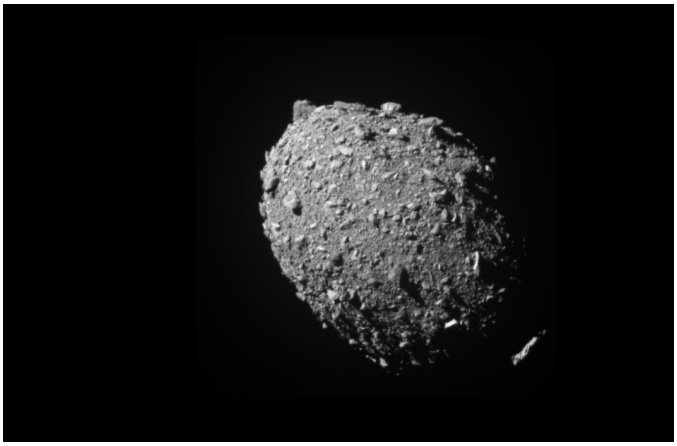
Οι απόψεις που παρουσιάζονται σε κάθε κείμενο εκφράζουν το συγγραφέα του και όχι υποχρεωτικά τη συντακτική ομάδα του περιοδικού.

επιστημονικά νέα

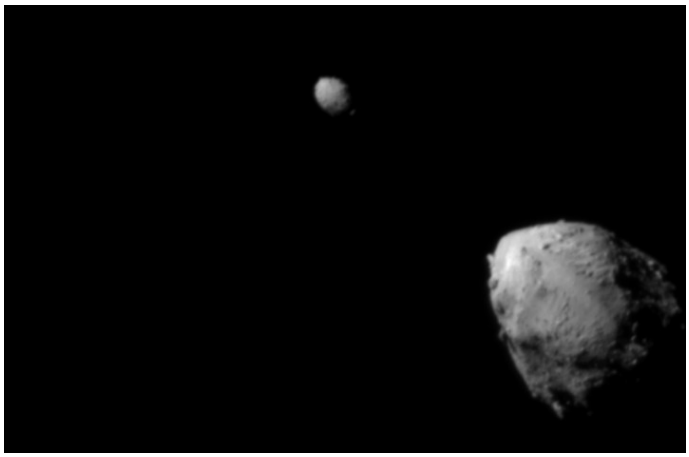
Χάρης Σαραφίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήματος Φυσικής

Είναι γνωστό ότι έχουν συμβεί στο παρελθόν καταστροφικά συμβάντα μεγάλης κλίμακας που επηρέασαν όλη την Γη. Ένα από τα πιο ανησυχητικά είναι η περίπτωση πρόσκρουσης μεγάλου αντικειμένου, κομήτη ή αστεροειδή για παράδειγμα, που μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για την ζωή όπως την γνωρίζουμε. Άλλωστε είναι τεκμηριωμένο ότι έχει συμβεί στο παρελθόν και τίποτε δεν αποκλείει την περίπτωση να ξανασυμβεί στο μέλλον. Τον Σεπτέμβριο του 2022 η ανθρωπότητα δοκίμασε για πρώτη φορά ένα σενάριο αναχαίτησης ενός τέτοιου αστεροειδή. Η αποστολή DART (Double Asteroid Redirection Test) συνίστατο στην ελεγχόμενη πρόσκρουση ενός διαστημοπλοίου - στο μέγεθος μικρού αυτοκινήτου - σε έναν αστεροειδή, με σκοπό την αλλοίωση της τροχιάς του. Η ταχύτητα πρόσκρουσης ήταν περίπου 6000 m/s και παρά την μικρή του μάζα, το διαστημόπλοιο είχε αρκετή κινητική ενέργεια ώστε να θεωρηθεί σημαντική .

Ο αστεροειδής στόχος που επιλέχθηκε ονομάζονταν Δίμορφος, είχε μέγεθος περίπου ίσο με την μεγάλη πυραμίδα του Χέοπα στην Αίγυπτο και μάζα ίση περίπου 4 εκατομμύρια τόνους ενώ αποτελούσε μέλος ενός διπλού συστήματος μαζί με τον μεγαλύτερο αστεροειδή Δίδυμο. Το σύστημα δεν αποτελεί δυνητικό κίνδυνο για την Γη αλλά επιλέχθηκε επειδή μπορούσε να παρατηρηθεί η επίδραση του πειράματος. Η πρόσκρουση εκτόξευσε συντρίμμια μάζας αρκετών εκατοντάδων τόνων από τον αστεροειδή, επηρεάζοντας την μεταβολή της ορμής του λόγω της πρόσκρουσης.



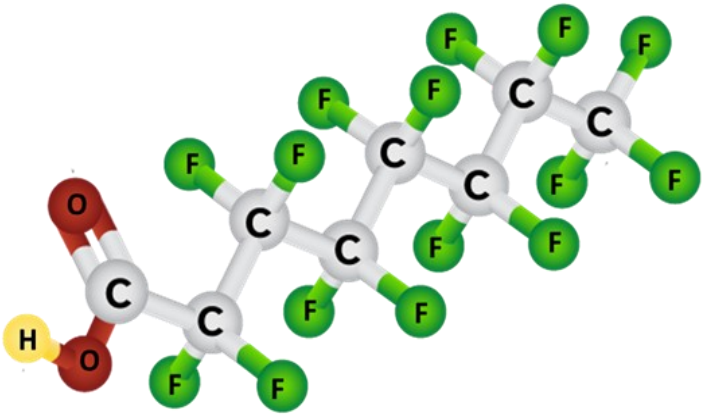
Ο αστεροειδής Δίμορφος όπως φαινόταν από την συσκευή DART, 11 δευτερόλεπτα πριν την πρόσκρουση (NASA/Johns Hopkins APL).



Ο αστεροειδής Δίδυμος (κάτω αριστερά) και ο μικρός δορυφόρος του Δίμορφος περίπου 25 λεπτά πριν την πρόσκρουση όπως φαίνονταν από την συσκευή DART (NASA/Johns Hopkins APL).

Οι παρατηρήσεις έδειξαν ότι επηρεάστηκε σημαντικά η πορεία του Δίμορφου. Η μεταβολή αυτή σε ένα πραγματικό σενάριο θα ήταν αρκετή για να αποτραπεί η πρόσκρουσή ενός τέτοιου αστεροειδή στην Γη. Ίσως είναι η πρώτη φορά που η ανθρωπότητα μπορεί να απαντήσει ότι έχει σχέδιο για να αντιμετωπίσει έναν τέτοιο κίνδυνο. Το επόμενο μεγάλο βήμα θα γίνει το 2026, οπότε η ευρωπαϊκή αποστολή Ήρα θα προσεγγίσει τον Δίμορφο και θα έχουμε την ευκαιρία να μάθουμε περισσότερα για το αποτέλεσμα της πρόσκρουσης αλλά πιθανώς επιπλέον στοιχεία για αυτά τα μικρά ουράνια σώματα.

Μία κατηγορία υλικών γνωστή ως «χημικές ενώσεις για πάντα» (Forever Chemicals) έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας αλλά και κρατικών ρυθμιστικών οργανισμών. Πρόκειται για μία μεγάλη οικογένεια οργανικών ενώσεων με περισσότερα από 4700 μέλη, που ονομάζονται πολυφθοριούχα αλκύλια (PFAS, Per- and polyfluorinated alkyl substances). Πρόκειται για τεχνητές ενώσεις που δεν απαντώνται στην φύση και έχουν μεγάλη διασπορά στο περιβάλλον λόγω του πολύ ισχυρού δεσμού ανάμεσα στα άτομα του άνθρακα και του φθορίου, ο οποίος και καθιστά δύσκολη την διάσπαση των μορίων τους. Χρησιμοποιούνται σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές, από τα αδιάβροχα ρούχα και τα καλλυντικά μέχρι σε εργαλεία και σε σκεύη μαγειρικής.



Παρά την αναμφίβολη χρησιμότητά τους, κάποιες από αυτές τις ενώσεις θεωρούνται δυνητικά επικίνδυνες για την υγεία σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Έτσι, αναπτύσσεται σκεπτικισμός σχετικά με την συγκέντρωση των υπολειμμάτων αυτών των υλικών στα οικοσυστήματα και υπάρχουν πολλές προτάσεις για έλεγχο και περιορισμό της διασποράς τους, ειδικά στο πόσιμο νερό. Οι προτάσεις ξεκινούν από την θεσμοθέτηση ορίων στη συγκέντρωση αυτών των υλικών στα δίκτυα ύδρευσης και φτάνουν μέχρι την επιβολή ολικής απαγόρευσης της παραγωγής τους, η οποία και συζητείται στα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η επιστημονική έρευνα προσπαθεί να ανταποκριθεί έχοντας διπλό στόχο. Ο πρώτος αφορά την προσπάθεια για ανακάλυψη νέων υλικών τα οποία θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τις πιο επικίνδυνες από αυτές τις ενώσεις και θα έχουν μικρότερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ο δεύτερος στόχος σχετίζεται με την ανάπτυξη τεχνολογιών και μεθόδων ώστε η απομάκρυνση αυτών των υλικών από τα οικοσυστήματα και τα δίκτυα πόσιμου νερού να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Αν και σαν ερευνητικό πεδίο δεν είναι καινούργιο, ο όρος κβαντική μετρολογία δεν είναι συνηθισμένος, ακόμη και στους επιστημονικούς κύκλους. Η χρήση αρχών της κβαντομηχανικής για την βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων μπορεί να μας οδηγήσει σε βελτιωμένη αξιοπιστία στον προσδιορισμό μεγεθών όπως το μήκος, ο χρόνος και η θερμοκρασία, περισσότερο από οποιαδήποτε κλασική μεθοδολογία. Τεχνολογίες όπως τα δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης, οι δορυφορικές τηλεπικοινωνίες, η απεικόνιση πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού αναμένεται να αποκτήσουν νέες δυνατότητες και βελτιώσεις. Κβαντικοί ανιχνευτές με εξαιρετική διακριτική ικανότητα θα μας δώσουν εικόνες εξαιρετικής ποιότητας τόσο στον μικρόκοσμο όσο και στον μακρόκοσμο. Ταυτόχρονα, η θεμελιώδης επιστημονική έρευνα θα κερδίσει πολλά. Για παράδειγμα η βελτίωση στις διατάξεις εντοπισμού βαρυτικών κυμάτων θα μας επιτρέψει τον εντοπισμό πιο αδύναμων σημάτων και θα εμπλουτίσει τις γνώσεις μας ενώ ταυτόχρονα θα επιτρέψει τον πειραματικό έλεγχο των ήδη υπάρχοντων προτύπων.

Αξονική τομογραφία ανθρώπινης κεφαλής (sciencestockphotos.com).

παρατηρητήριο νετρίνων IceCube

Αναστασία Μαυρομάτη
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής

Το Παρατηρητήριο Νετρίνων IceCube (Σχήμα 1) είναι ένας ανιχνευτής νετρίνων που βρίσκεται εγκατεστημένος στην Ανταρκτική. Κύριος στόχος του είναι ο εντοπισμός νετρίνων από το σύμπαν. Η σκέψη για την κατασκευή ενός τέτοιου, πρωτότυπου ανιχνευτή, ξεκίνησε από τα μέσα της δεκαετίας του 1980. Η βασική ιδέα ήταν η τοποθέτηση ειδικών αισθητήρων στην Ανταρκτική, με σκοπό την ανίχνευση των νετρίνων. Τη θερινή περίοδο του 1992 ξεκίνησε η κατασκευή του πειράματος AMANDA (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array), που αποτελεί τον προκάτοχο του IceCube, το οποίο κατασκευάστηκε αργότερα, κατά το διάστημα 2004-2010.

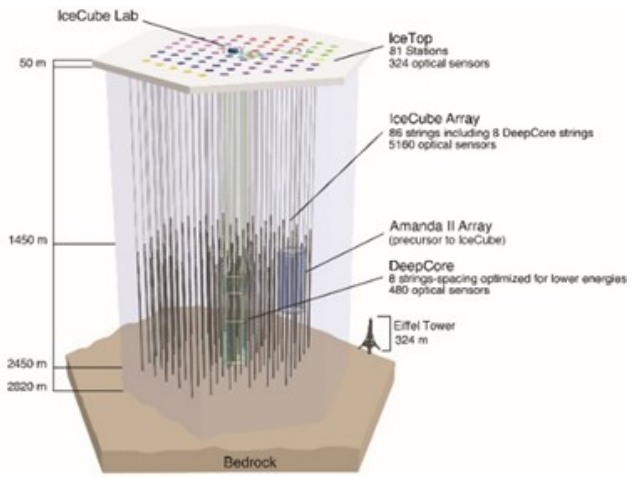
Τόσο το AMANDA όσο και το IceCube αποτελούνται από ανιχνευτικές διατάξεις που λειτουργούν μέσα σε γεωτρήσεις στον πολικό πάγο. Τα υπόγεια τούνελ έχουν βάθος από 1,5 έως 2,5 χιλιόμετρα και στο καθένα από αυτά έχει τοποθετηθεί ο αντίστοιχος αριθμός αισθητήρων DOM (Digital Optical Modules), που φαίνονται στο Σχήμα 2. Μέσω αυτών, ο ανιχνευτής IceCube μπορεί να ανιχνεύσει νετρίνα που έχουν ενέργεια μερικών δεκάδων GeV και πάνω. Μάλιστα, μεγαλύτερη ακρίβεια εμφανίζει σε ενεργειακές τιμές της τάξης των TeV. Αυτό σημαίνει ότι ανιχνεύει επιτυχώς ατμοσφαιρικά νετρίνα, καθώς και νετρίνα από πηγές εκτός του ηλιακού συστήματος.

Σχήμα 2: Αισθητήρας DOM

Συνολικά, ο ανιχνευτής IceCube περιλαμβάνει τις διατάξεις DeepCore, IceTop και το σύνολο των υπόλοιπων αισθητήρων. Εκτείνεται σε όγκο ενός τετραγωνικού χιλιομέτρου κάτω από τη Γη, περικλείει πάγο μάζας ενός γιγατόνου και περιλαμβάνει 5160 αισθητήρες εντός των γεωτρήσεων και άλλους 324 στην επιφάνεια της Γης. Η χρονική επεξεργασία των σημάτων από τους αισθητήρες διαρκεί 2 νανοδευτερόλεπτα, ενώ ο όγκος των δεδομένων που αναλύονται φτάνει τα 100 GB καθημερινά. Η γεωμετρία της διάταξης φαίνεται στο Σχήμα 3.

Οι κεντρικές οκτώ γεωτρήσεις, με τους αντίστοιχους αισθητήρες, βρίσκονται κοντινότερα η μία στην άλλη. Αυτή η διάταξη αποτελεί τον υποανι-

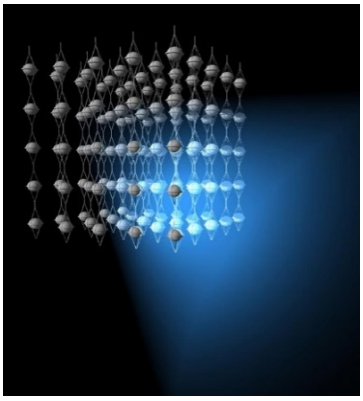
Σχήμα 1: Παρατηρητήριο Νετρίνων IceCube



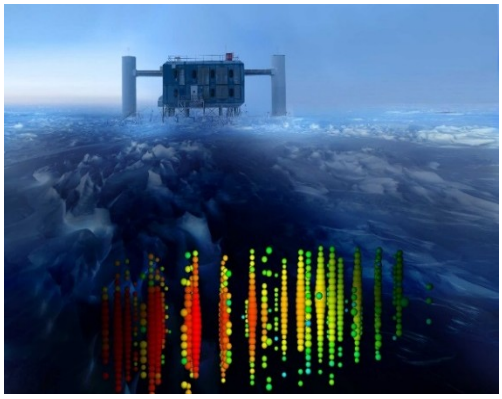
Σχήμα 3: Ανιχνευτική διάταξη IceCube

χνευτή DeepCore, ο οποίος ελαττώνει το ενεργειακό κατώφλι των νετρίνων στα 10 GeV περίπου.

Η ανιχνευτική διάταξη που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης ονομάζεται IceTop. Αποτελείται από 81 σταθμούς, καθένας από τους οποίους βρίσκεται πάνω από μία γεώτρηση. Σε κάθε σταθμό υπάρχουν δύο δεξαμενές με παγωμένο νερό, που είναι εξοπλισμένες με δύο αισθητήρες (DOMs). Σκοπός τους είναι η ανίχνευση καταιγισμών δευτερογενών σωματιδίων, ειδικά μιονίων, που δημιουργούνται από αλληλεπιδράσεις κοσμικών ακτίνων υψηλής ενέργειας με άτομα της ατμόσφαιρας. Το ενεργειακό εύρος αυτών είναι από 300 TeV ως 1 EeV.



Σχήμα 4: Αισθητήρες και ακτινοβολία Τσερένκοφ.



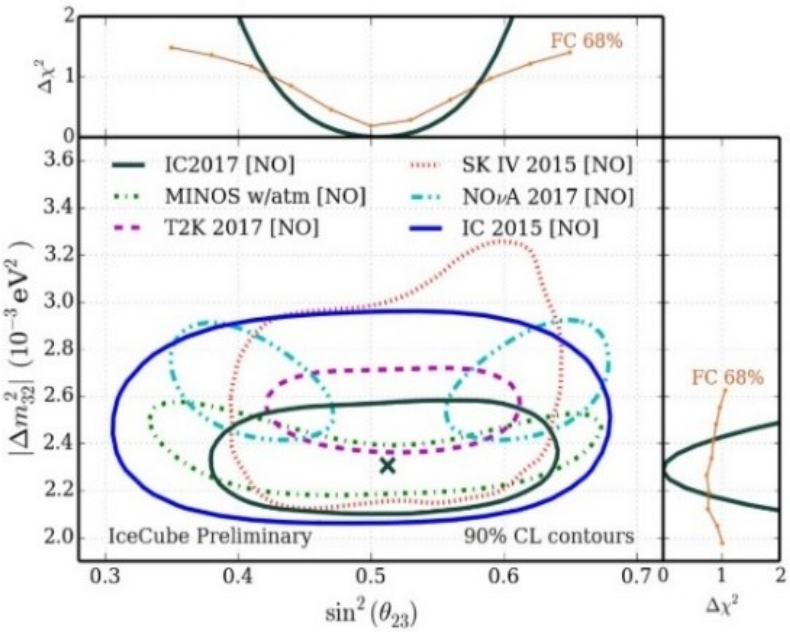
Σχήμα 5: Καταγραφή γεγονότος από τους αισθητήρες.

Η ανίχνευση νετρίνων από τον IceCube δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί άμεσα. Δηλαδή, ο ανιχνευτής δεν εντοπίζει απευθείας τα νετρίνα, αλλά τα σωματίδια που παράγονται από την αλληλεπίδραση των νετρίνων με τον πολικό πάγο. Τέτοια σωματίδια είναι τα ηλεκτρόνια, τα μιόνια και τα ταυ. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι έχουν ηλεκτρικό φορτίο και εκπέμπουν ακτινοβολία Τσερένκοφ κατά τη διάδοσή τους μέσα στον πάγο. Έτσι, λοιπόν, όταν ένα νετρίνο διέρχεται από τον IceCube, προκαλεί παραγωγή σωματιδίων, που με τη σειρά τους εκπέμπουν ακτινοβολία Τσερένκοφ. Η ακτινοβολία αυτή είναι ανιχνεύσιμη από τους αισθητήρες (DOMs), που λαμβάνουν το σήμα και το στέλνουν στο εργαστήριο του IceCube. Ένα τέτοιο γεγονός αναπαρίσταται στα Σχήματα 4 και 5.

Κάθε μέρα καταγράφονται 250 εκατομμύρια γεγονότα, αλλά μόνο μερικές εκατοντάδες αυτών είναι νετρίνα. Τα περισσότερα από αυτά παράγονται στην ατμόσφαιρα της Γης. Νετρίνα που προέρχονται από περιοχές εκτός του ηλιακού μας συστήματος είναι εξαιρετικά δύσκολο να εντοπιστούν. Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι σε χρονικό διάστημα ενός χρόνου ανιχνεύονται μόλις μερικές δεκάδες τέτοιων νετρίνων.

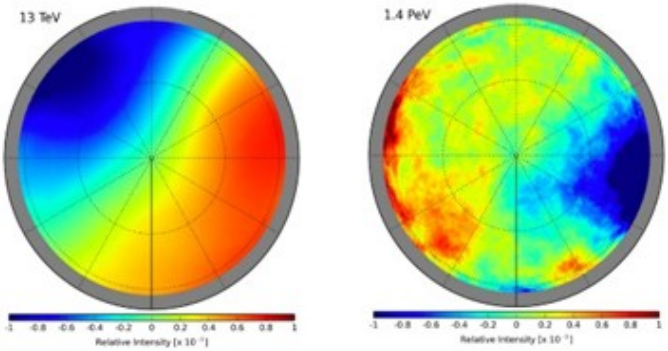
Η ερευνητική δραστηριότητα γύρω από τα νετρίνα, που αποτελούν μάλιστα το κύριο πεδίο ενδιαφέροντος της πειραματικής διάταξης, καλύπτει ένα ευρύ φάσμα. Βασικό στοιχείο αποτελεί η αστρονομία νετρίνων, που μελετά την παραγωγή νετρίνων πολύ υψηλών ενεργειών από πηγές εκτός του ηλιακού συστήματος και τη διάδοση τους ως τη Γη. Το 2013 ανακοινώθηκε η παρατήρηση 28 τέτοιων νετρίνων, με ενεργειακό φάσμα από 30 ως 1200 TeV. Παρόλο που η πηγή αυτών των νετρίνων δεν ήταν δυνατό να προσδιοριστεί με ακρίβεια, ήταν σίγουρο πως δεν βρισκόταν εντός του ηλιακού μας συστήματος. Αυτό αποτέλεσε μια πολύ σημαντική ανακάλυψη, αφού ήταν η πρώτη φορά που ανιχνεύθηκαν νετρίνα κοσμικής προέλευσης με τόσο υψηλή ενέργεια. Γρήγορα έγινε κατανοητό ότι τα νετρίνα ήταν οι καταλληλότεροι μεταφορείς πληροφορίας, επειδή μπορούσαν να διαδοθούν εύκολα, ακόμα και εκεί που το σύμπαν ήταν αδιαφανές στο φως.

Ακόμη, χάρη στον υποανιχνευτή DeepCore, δίνεται η δυνατότητα για παρατήρηση των ταλαντώσεων των νετρίνων, αλλά και για αναζήτηση του στείρου ή άγονου νετρίνου. Όσον αφορά το πρώτο, αξίζει να σημειωθεί ότι η ακρίβεια στον υπολογισμό των παραμέτρων των ταλαντώσεων από τον IceCube, είναι συγκρίσιμη με εκείνη των πειραμάτων που ασχολούνται αποκλειστικά με αυτό, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχήματος 6.



Σχήμα 6: Σύγκριση μετρήσεων μάζας-γωνίας μίξης για τις ταλαντώσεις των νετρίνων.

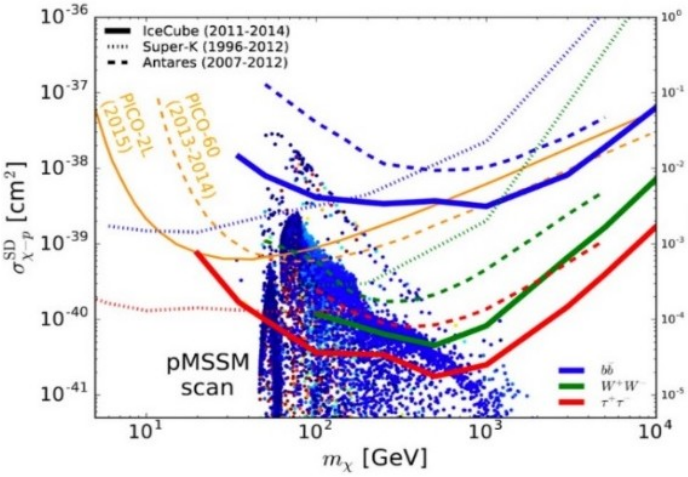
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο IceCube ανιχνεύει με πολύ μεγάλη ακρίβεια και μιόνια που προέρχονται από τις αλληλεπιδράσεις της κοσμικής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα. Την περίοδο 2009 -2015 πραγματοποιήθηκε μια εκτενής μελέτη του υποβάθρου ακτινοβολίας, με σκοπό τον προσδιορισμό της ανισοτροπίας των κοσμικών ακτίνων που παρατηρούνταν από το νότιο ημισφαίριο. Συνολικά λήφθηκαν 318 δισεκατομμύρια γεγονότα μιονίων, που ακολουθούσαν καθοδική πορεία, από την ατμόσφαιρα προς το εσωτερικό της Γης. Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρήθηκε μια διαφορά στο ποσό των ερχόμενων κοσμικών ακτίνων, η οποία φαινόταν να είναι συνάρτηση της ενέργειας των σωματιδίων, ενώ δεν μεταβαλλόταν με το χρόνο (Σχήμα 7). Ο παράγοντας που προκαλεί την ανισοτροπία δεν έχει προσδιοριστεί ακόμη με βεβαιότητα, παρόλα αυτά έχει προταθεί ότι μπορεί να οφείλεται στην αλληλεπίδραση των κοσμικών ακτίνων με ένα τυρβώδες μεσοαστρικό μαγνητικό πεδίο, τουλάχιστον για ενέργειες της τάξης των TeV.



Σχήμα 7: Χάρτες σχετικής έντασης κοσμικών ακτίνων σε πολικές συντεταγμένες

Ακόμη, ο IceCube μπορεί να πραγματοποιήσει έμμεσες αναζητήσεις για σκοτεινή ύλη, προσπαθώντας να ανιχνεύσει σήμα νετρίνων από αυτοεξαϋλώσεις της στη γαλαξιακή άλω, τα σμήνη των γαλαξιών, αλλά και το κέντρο της Γης και του Ήλιου. Από τις παρατηρήσεις αυτές, τίθενται διαρκώς νέα όρια σε διάφορες από τις ιδιότητές της, όπως η ενεργός διατομή και η μάζα. Τα αποτελέσματα μιας αντίστοιχης έρευνας που πραγματοποιήθηκε κατά το διάστημα 2011-2014 φαίνονται στο διάγραμμα του Σχήματος 8. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατά την μετάβαση από το πείραμα AMANDA στο IceCube, τα όρια που τέθηκαν για το ρυθμό εξαΰλωσης βελτιώθηκαν κατά μια τάξη μεγέθους.

Εν κατακλείδι, το Παρατηρητήριο Νετρίνων IceCube αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες ανιχνευτικές διατάξεις που λειτουργούν σήμερα στη Γη. Όχι μόνο εντυπωσιάζει με την πρωτοτυπία του,



Σχήμα 8: Ενεργός διατομή συναρτήσει της μάζας των WIMPs, υποψήφιων σωματιδίων σκοτεινής ύλης. Δεδομένα 2011-2014

αλλά διαθέτει παράλληλα και σπουδαία ανιχνευτική ισχύ. Όσα χρόνια βρίσκεται σε λειτουργία, έχει πραγματοποιήσει πολύ σημαντικές ανακαλύψεις στο πεδίο της φυσικής των νετρίνων και των κοσμικών ακτίνων. Με τη συνέχιση του έργου του, αλλά και με τη μελλοντική αναβάθμισή του, αναμένονται πολλές ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις, που σίγουρα θα απασχολήσουν την επιστημονική κοινότητα.

Πηγές

- *IceCube Neutrino Observatory (2022). Διαθέσιμο στο: https://icecube.wisc.edu/about-us/overview/*
- *IceCube Masterclass (2022). IceCube Masterclass: An authentic astrophysics research experience. Διαθέσιμο στο: https://masterclass.icecube.wisc.edu/*
- *CERN Courier (2006) The world's biggest neutrino detector gets ready for physics. Διαθέσιμο στο: https://cerncourier.com/a/the-worlds-biggest-neutrino-detector-gets-ready-for-physics/*
- *NASA (2017) Messier 1 (The Crab Nebula). Διαθέσιμο στο: https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/messier-1-the-crab-nebula*
- *IceCube Collaboration (2010) Measurement of the Anisotropy of Cosmic Ray Arrival Directions with IceCube. Διαθέσιμο στο: https://doi.org/10.48550/arXiv.1005.2960*
- *IceCube Collaboration (2018) Measurement of Atmospheric Neutrino Oscillations at 5-65 GeV with IceCube DeepCore. Διαθέσιμο στο: https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.07081*
- *IceCube Collaboration (2013) Evidence for High-Energy Extraterrestrial Neutrinos at the IceCube Detector. Διαθέσιμο στο: https://doi.org/10.48550/arXiv.1311.5238*
- *Λιόλιος Α. (2002) Κοσμική Ακτινοβολία. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.*
- *Ray Jayawardhana (2013) Κυνηγοί Νετρίνων: Η συναρπαστική αναζήτηση ενός φευγαλέου σωματιδίου ξεκλειδώνει τα μυστικά του σύμπαντος. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης*
- *Krane S. K. (1988) Εισαγωγή στην πυρηνική φυσική. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg*

το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι

όταν η επιστήμη συναντά την Τέχνη

Θεοδώρα Μαϊμάρη
Φοιτήτρια του Τμήματος Φυσικής

Ο Γάλλος ζωγράφος Edgar Degas είχε πει: «Ένας ζωγραφικός πίνακας χρειάζεται λίγο μυστήριο, κάποια ασάφεια, λίγη φαντασία. Αν κάνεις διαρκώς το νόημα τελείως ξεκάθαρο, τότε καταλήγεις να κάνεις τους άλλους να βαριούνται». Ίσως αυτός να είναι και ο λόγος που ο πίνακας του Johannes Vermeer «Το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι», σχεδόν 350 χρόνια μετά τη δημιουργία του, εξακολουθεί να αποτελεί ένα από τα διασημότερα έργα του καλλιτέχνη αλλά και παγκοσμίως (Εικόνα 1). Παρόλο που πλέον είναι ένας από τους πιο εκτενώς ερευνημένους πίνακες στον κόσμο, ερωτήματα όπως ποια είναι η ταυτότητα της απεικονιζόμενης κοπέλας εμμένουν, εγείροντας το ενδιαφέρον συντηρητών, επιστημόνων, αλλά και του κοινού το οποίο συρρέει καθημερινά στο μουσείο Mauritshuis στη Χάγη όπου και φιλοξενείται.

Το άρθρο εστιάζει στην ανάλυση των μη-επεμβατικών μεθόδων που βασίζονται στη Φυσική και τις οποίες το 2018, αξιοποίησε μια ομάδα ερευνητών με επικεφαλής την συντηρήτρια Abbie Vandivere, προκειμένου να μελετήσει τα υλικά και τις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την φιλοτέχνηση του πίνακα.

Ο Johannes Vermeer θεωρείται ένας από τους σπουδαιότερους Ολλανδούς ζωγράφους της «Χρυσής Εποχής» στην ολλανδική ζωγραφική. Έζησε τον 17^{ο} αιώνα και ήταν εκφραστής του κινήματος Μπαρόκ, ενώ ειδικευόταν στην απεικόνιση καθημερινών σκηνών από τη ζωή της μεσαίας κοινωνικής τάξης. Δούλευε με αργούς ρυθμούς και συχνά χρησιμοποιούσε ακριβές χρωστικές, ενώ είναι γνωστός για την δεξιοτεχνία με την οποία χειριζόταν το φως.

Εικόνα 1: Το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι.

Δημιούργησε συνολικά λιγότερο από 50 πίνακες, εκ των οποίων διασώθηκαν οι 35. Ενδεικτικά κάποια από τα έργα του είναι «Η τέχνη της ζωγραφικής» , «Η αλληγορία της πίστης» και «Ο αστρονόμος».

Λίγα λόγια για τον πίνακα

«Το Κορίτσι με το Μαργαριταρένιο Σκουλαρίκι» είναι μια ελαιογραφία η οποία εκτιμάται ότι φιλοτεχνήθηκε περίπου το 1665 και έχει διαστάσεις 44,5 cm x 39 cm. Ο πίνακας είναι ένα tronie, δηλαδή ένα έργο που απεικονίζει μια υπερβολική ή χαρακτηριστική έκφραση προσώπου.

Η τοποθεσία του πίνακα για τα πρώτα 200 χρόνια από τη δημιουργία του παραμένει άγνωστη. Ωστόσο, ο συλλέκτης έργων τέχνης Arnoldus Andries des Tombe τον αγόρασε σε δημοπρασία του οίκου Notaries το 1881, έναντι ποσού που σήμερα αντιστοιχεί σε 24 με 30 ευρώ. Ο des Tombe δεν είχε απογόνους και το 1902 δώρισε τον πίνακα στο μουσείο Mauritshuis, του οποίου οι υπεύθυνοι έχουν δηλώσει ότι δεν προτίθενται να τον πουλήσουν αφού τον θεωρούν ανεκτίμητης αξίας.

Συντήρηση και προετοιμασία πίνακα

Η επιστημονική ομάδα δεν ασχολήθηκε με την αποκατάσταση του πίνακα, ωστόσο είναι σημαντικό να γίνει μια σύντομη αναφορά σε προηγούμενες συντηρήσεις.

Επειδή «Το Κορίτσι» ήταν αρκετά παραμελημένο, ο des Tombe το έδωσε σε έναν συντηρητή, ώστε να κολλήσει έναν νέο καμβά πίσω από τον αρχικό για επιπλέον στήριξη. Το 1915, το 1922, το 1929, το 1960, αλλά και το 1994 ενόψει έκθεσης για τον Vermeer, «Το Κορίτσι» συντηρήθηκε στο Mauritshuis. Το 2018, πριν τη μελέτη, ο πίνακας έμεινε για ένα βράδυ στο στούντιο συντήρησης. Οι ερευ-

νητές αφού αφαίρεσαν το κάδρο και μέτρησαν τον πίνακα, τον εξέτασαν και τον φωτογράφησαν χρησιμοποιώντας διάφορες πηγές ακτινοβολίας.

Ανάλυση φωτογραφιών υπό ακτίνες-Χ και υπεριώδες φως

Κάποια υλικά στη ζωγραφική αντιδρούν σε ορισμένα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και μπορούν να ανιχνευθούν με χρήση ειδικών καμερών και φίλτρων. Φωτογραφίζοντας έναν πίνακα υπό διαφορετικές πηγές ακτινοβολίας, αντλούμε πληθώρα πληροφοριών για τις τεχνικές και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.

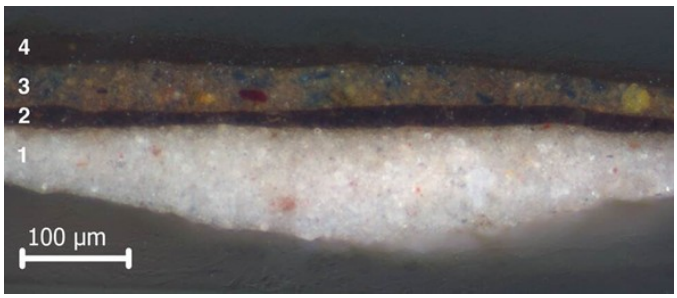
Μέσω της φωτογράφισης με ακτίνες-Χ μπορούμε να διεισδύσουμε μέχρι και στη στήριξη (καμβάς) του πίνακα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Τα στοιχεία με μεγάλο ατομικό βάρος (π.χ. ο Pb) απορροφούν ισχυρότερα τις ακτίνες-Χ, με αποτέλεσμα περιοχές του πίνακα όπου υπάρχουν χρωστικές που περιέχουν στον χημικό τους τύπο τέτοια στοιχεία, να εμφανίζονται στη φωτογραφία λευκές ή υπόλευκες. Έτσι, αποδείχθηκε ότι ένα μικρό φωτεινό σημείο στο σκουλαρίκι «Του Κοριτσιού», το οποίο θεωρούνταν ότι είναι highlight, ήταν απλά ένα κομμάτι μπογιάς που ξεκόλλησε κατά λάθος από άλλο σημείο του πίνακα και κόλλησε στο σκουλαρίκι ανάποδα! Στην πραγματικότητα υπάρχει μόνο ένα highlight σε σχήμα σταγόνας, που περιέχει λευκό του μολύβδου (Pb) και μόνο αυτό εμφανίζεται λευκό στη φωτογράφιση με ακτίνες-Χ.

Εικόνα 2: Φωτογράφιση του πίνακα. Αριστερά: με ακτίνες-Χ. Δεξιά: με υπεριώδες φως .

Όταν υπεριώδης ακτινοβολία προσπίπτει πάνω σε ορισμένα υλικά προκαλεί φθορισμό, δηλαδή εκπομπή χρώματος από αυτά, γεγονός που οδηγεί στην ταυτοποίησή τους. Φωτίζοντας τον πίνακα με υπεριώδες φως, αποκαλύφθηκαν υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε παλαιότερες συντηρήσεις, καθώς οι επιζωγραφίσεις, δηλαδή οι περιοχές όπου έχει επέλθει αποκατάσταση, δεν φθορίζουν και εμφανίζονται πιο σκούρες από το αρχικό χρώμα.

Επεμβατικές τεχνικές μελέτης - Εγκιβωτισμός

Όπως προαναφέρθηκε, η επιστημονική ομάδα εφάρμοσε μόνο μη-καταστροφικές μεθόδους μελέτης. Πρώτα όμως εξέτασε κομμάτια από διάφορα σημεία του πίνακα που είχαν αποκολληθεί κατά καιρούς καθώς και άλλα που λήφθηκαν κατά την συντήρηση του 1994. Για να γίνει μελέτη των ζωγραφικών στρωμάτων, τα δείγματα εγκιβωτίζονται σε μπλοκ ρητίνης και εξετάζονται κάτω από μικροσκόπιο, με μεγέθυνση έως και 1000 φορές. Τα μπλοκ αυτά ονομάζονται εγκάρσιες τομές (cross – sections).



Εικόνα 3: Εγκάρσια τομή του δείγματος 11/4042 από τον ρουχισμό. (1) υπόβαθρο, (2) σκούρο υπόστρωμα, (3) κίτρινο ζωγραφικό στρώμα (4) βερνίκι.

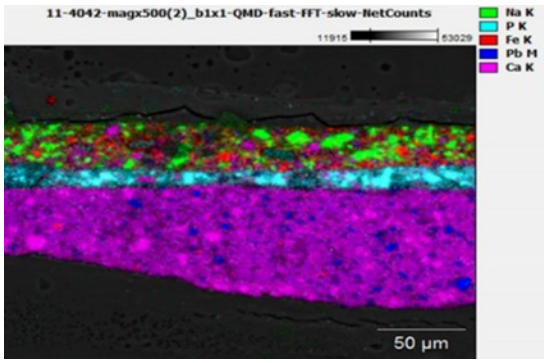
Μη-επεμβατικές τεχνικές μελέτης έργων τέχνης

❶ SEM – EDX (Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης – Φασματοσκοπία Διασποράς Ενέργειας Ακτίνων-Χ)

Στην ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (Scanning Electron Microscopy - SEM), μια δέσμη ανίχνευσης ηλεκτρονίων σαρώνουν το δείγμα. Τα ηλεκτρόνια ιονίζουν τα άτομα της ύλης, τα οποία για να επιστρέψουν στη βασική τους κατάσταση εκπέμπουν ακτίνες-Χ που είναι χαρακτηριστικές κάθε στοιχείου. Με τη σύζευξη του SEM με την φασματοσκοπία διασποράς ενέργειας ακτίνων-Χ (Energy Dispersive Spectroscopy - EDX), οι σκεδαζόμενες ακτίνες-Χ μετρούνται σε διαφορετικά μήκη κύματος για την στοιχειακή ανάλυση ενός σωματιδίου, ενός στρώματος ή μιας μικρής περιοχής του δείγματος. Με την τεχνική αυτή μελετήθηκε η εγκάρσια τομή που φαίνεται στην Εικόνα 3, στην οποία ανιχνεύονται Na, P, Fe, Pb και Ca στο δείγμα (Εικόνα 4). Τέλος, εντοπίστηκε η χρωστική λευκό του μολύβδου, τα σωματίδια της οποίας παρουσιάζονται λευκά σε εικόνα SEM από οπισθοσκεδαζόμενα ηλεκτρόνια, λόγω του μεγάλου ατομικού βάρους του Pb.

❷ XRF (Φασματοσκοπία Φθορισμού Ακτίνων Χ)

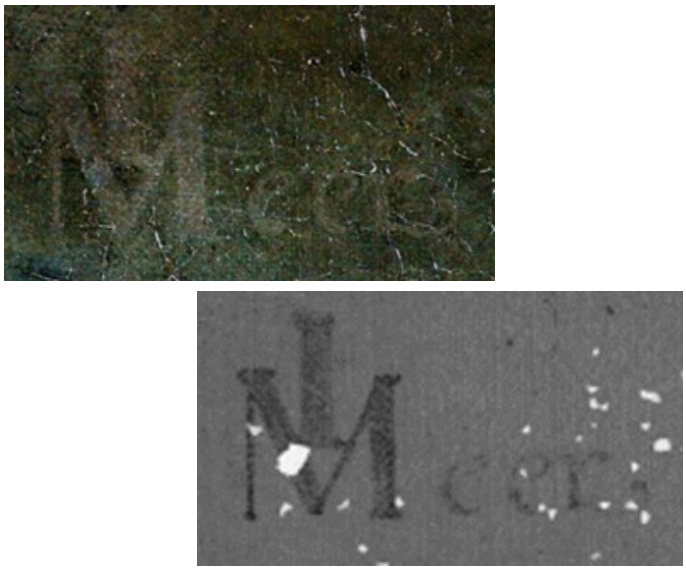
Στην φασματοσκοπία φθορισμού ακτινών-Χ (Macro X-Ray Fluorescence Spectroscopy - MA-XRF), το δείγμα ακτινοβολείται με μια δέσμη ακτίνων-Χ και απορροφά ενέργεια. Αν η ενέργεια των ακτίνων-Χ είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που συγκρα-



Εικόνα 4: Στοιχειακή ανάλυση δείγματος 11/4042 με SEM-EDX

Εικόνα 6: Χάρτης κατανομής του υδραργύρου (Hg) με την τεχνική XRF. Η λευκή περιοχή είναι πλούσια σε Hg.

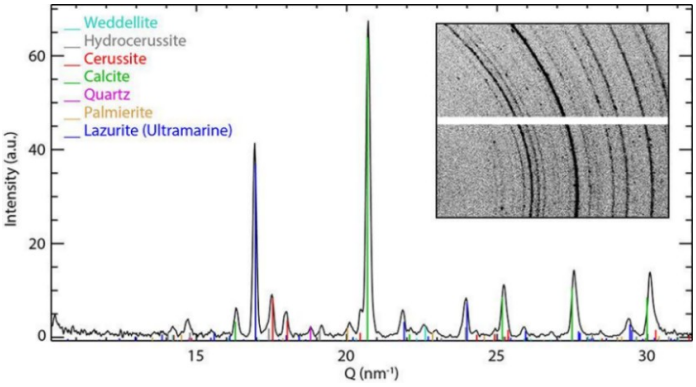
τεί τα ηλεκτρόνια στον πυρήνα, τότε είναι δυνατό ηλεκτρόνια εσωτερικών στιβάδων να διαφύγουν από το άτομο και οι κενές θέσεις να καταληφθούν από ηλεκτρόνια που ανήκουν σε υψηλότερης ενέργειας στιβάδες. Αυτή η μετάπτωση συνοδεύεται από απελευθέρωση ενέργειας με τη μορφή δευτερεύουσας ακτινοβολίας ακτίνων-Χ, η οποία είναι ίση με την ενεργειακή διαφορά των 2 στιβάδων. Η ενέργεια αυτή είναι χαρακτηριστική κάθε στοιχείου και άρα οδηγούμαστε σε ταυτοποίηση. Εξετάζοντας τον πίνακα με MA-XRF, αποκαλύφθηκε η υπογραφή του Vermeer (Εικόνα 5), η οποία ήταν σχεδόν αόρατη με γυμνό μάτι, ενώ ταυτοποιήθηκαν και οι χρωστικές vermilion (με βάση το HgS – Εικόνα 6) καθώς και φυσικές, γήινες χρωστικές . Επίσης αποδείχθηκε ότι ο Vermeer χρησιμοποίησε την τεχνική «dead colouring", η οποία συνήθως γίνεται με καφέ χρώματα (γήινες χρωστικές), προκειμένου να καθορίσει τα σημεία όπου θα τοποθετούσε τους σκούρους και ανοιχτούς τόνους προτού αρχίσει να ζωγραφίζει. Η τεχνική αυτή του επέτρεψε να «δει» με ποιόν τρόπο θα έπεφτε το φως, αλλά και πώς θα αποδώσει τρισδιάστατη μορφή στην κοπέλα πριν την εφαρμογή των τελικών χρωμάτων.



Εικόνα 5: Η υπογραφή του Vermeer όπως φαίνεται σε έναν χάρτη της κατανομής του ασβεστίου (Ca) με XRF.

❸ XRD (Περίθλαση Ακτίνων-Χ)

Ο Vermeer για να ζωγραφίσει το μαντήλι, χρησιμοποίησε κυρίως την μπλε χρωστική ultramarine, της οποίας όμως η κρυσταλλική δομή αλλάζει με τον χρόνο (π.χ. εξαιτίας του φωτός) επηρεάζοντας έτσι το χρώμα. Για να μελετήσει τις αλλαγές αυτές, η ερευνητική ομάδα AXES του Πανεπιστημίου της Αμβέρσας χρησιμοποίησε σαρωτή περίθλαση ακτίνων-Χ (X-Ray Diffraction - XRD) και εξέθεσε τον πίνακα σε ακτίνες-Χ. Η εικόνα περίθλασης που προέκυψε από την ανάκλαση της ακτινοβολίας από την κρυσταλλική δομή αποτελεί ένα δακτυλικό αποτύπωμα αυτής και ταυτοποιείται με τν βοήθεια μιας βάσης δεδομένων με ήδη γνωστές δομές. Στην Εικόνα 7, οι ανακλάσεις με την μεγαλύτερη ένταση αντιστοιχούν στον καλσίτη ($CaCO_3$), που χρησιμοποιήθηκε στο υπόστρωμα και στο ultramarine



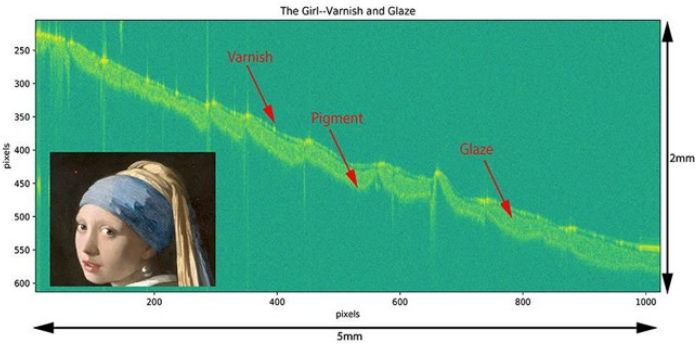
Εικόνα 7: Προσδιορισμός των χημικών ενώσεων που ανιχνεύτηκαν στο μαντήλι με XRD.

❹ NIR (Απεικόνιση με Φασματοσκοπία Ανακλαστικότητας Κοντινού Υπερύθρου)

Με την βοήθεια της φασματοσκοπίας ανακλαστικότητας κοντινού υπερύθρου (Near – infrared reflectance - NIR) καθίσταται δυνατή η παρατήρηση ουσιών που είναι συνήθως αόρατες με γυμνό μάτι. Όταν οι χρωστικές απορροφούν στο κοντινό υπέρυθρο, η διεισδυτική ικανότητα της ακτινοβολίας αυτής, αποκαλύπτει υποκείμενα ζωγραφικά στοιχεία, όπως προσχέδια, pentimenti (διορθώσεις

και αλλαγές του ζωγράφου σε μέρη του πίνακα - επιζωγραφίσεις) κ.λπ. Μάλιστα, από την η λήψη εικόνων υπέρυθρου του πίνακα, παρατηρήθηκε ότι περιοχές πλούσιες σε άνθρακα εμφανίζονταν μαύρες, με αποτέλεσμα να εντοπιστούν οι χρωστικές charcoal και bone black, οι οποίες κατασκευάζονται από οργανικά υλικά. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε Τομογραφία Οπτικής Συμφωνίας (Optical Coherence Tomography - OCT), με την οποία εξετάζεται το πάχος και η διαφάνεια ημιδιαφανών στρωμάτων, όπως τα βερνίκια.

Στην τεχνική OCT λαμβάνεται ένα εικονικό «κομμάτι» των στρωμάτων και εξετάζεται όπως μια διατομή (cross – section). Κάθε στρώμα παρουσιάζει διαφορετική φωτεινότητα ή σκίαση. Στην Εικόνα 8, παρατηρούμε ότι όσο πιο δεξιά βρίσκεται ένα υλικό στο διάγραμμα τόσο μεγαλύτερη διεισδυτικότητα παρουσιάζει όπως π.χ. τα glazes-ημιδιαφανείς μπογιές που αλλάζουν το χρώμα των στρωμάτων, εν αντιθέσει με τα βερνίκια που παραμένουν στην επιφάνεια του πίνακα.

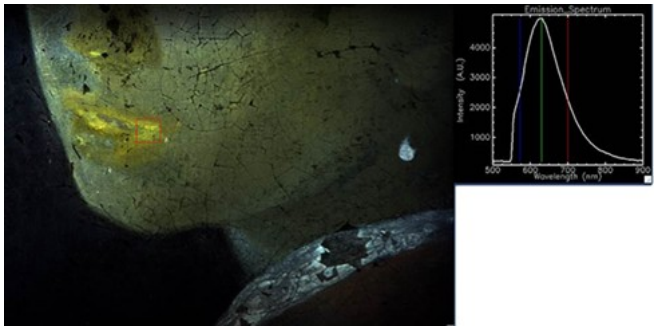


Εικόνα 8: Απεικόνιση του φόντου με OCT υψηλής ανάλυσης.

❺ Fluorescence false – colour imaging

Η τεχνική απεικόνισης φθορισμού λανθασμένων χρωμάτων (Fluorescence false – colour imaging) αναδιατάσσει τα χρώματα της επιφάνειας του πίνακα που ανήκουν στην κατηγορία RGB (Red-Green-Blue). Συγκεκριμένα, το κόκκινο σταδιακά μετατρέπεται σε πράσινο και το πράσινο σε μπλε. Στην Εικόνα 9, το μέγιστο του φάσματος αντιστοιχεί στο πράσινο, λόγω των κόκκινων χρωστικών που χρησιμοποιήθηκαν στα χείλη. Η τεχνική αυτή δεν ταυτοποιεί στοιχεία απλά προτείνει ποια μπορεί να είναι παρόντα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός των παραπάνω τεχνικών, η ομάδα αξιοποίησε επίσης τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (High-Performance Liquid Chromatography - HPLC) για τον εντοπισμό οργανικών χρωστικών όπως είναι οι red lake, cochineal και weld. Τέλος, για να διαβεβαιωθεί για την ύπαρξη των χρωστικών, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος FIB-TEM (= Εστιασμένη δέσμη ιόντων / Ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης), ενώ διενεργήθηκαν αναλύσεις ισοτόπων με φασματομετρία μάζας και τα δείγματα εξετάστηκαν με ψηφιακό μικροσκόπιο HIROX μεγέθυνσης έως και x7000.



Εικόνα 9: Απεικόνιση των χειλιών με Fluorescence false-colour imaging.

Παρόλο που ο πίνακας εξετάστηκε και αναλύθηκε λεπτομερώς, με τον διευθυντή του Mauritshuis Martine Gosselink να τονίζει ότι «…αυτός δεν είναι ο τελικός σταθμός της έρευνας, αλλά ένας ενδιάμεσος», δεδομένου ότι όσο η τεχνολογία εξελίσσεται τόσο αυξάνεται η επιθυμία να μάθουμε περισσότερα, πολλά είναι ακόμη τα μυστήρια που τυλίγουν τον πίνακα. Ποια είναι η προέλευση ορισμένων χρωστικών; Τελικά ο Vermeer εφάρμοσε βερνίκι ή όχι; Ποιο είναι «Το Κορίτσι»; Και που βρισκόταν ο πίνακας πριν καταλήξει στα χέρια του des Tombe; Άραγε όλα αυτά τα ερωτήματα θα αποτελέσουν την αφορμή για μια νέα έρευνα; Το σίγουρο πάντως είναι ότι ο πίνακας θα συνεχίσει να μας απασχολεί για πολλά ακόμα χρόνια… Και αυτός και τα μυστικά που κρύβει. Κι όλα αυτά χάρη στον Vermeer, ο οποίος παραλείποντας κάθε λεπτομέρεια και αφήνοντας το κοινό να τις συμπληρώσει με τη φαντασία του, έδωσε σε καθέναν από εμάς την ευκαιρία να δει κάτι διαφορετικό και να δημιουργήσει στο μυαλό του το δικό του «Κορίτσι».

Πηγές

- *https://www.mauritshuis.nl/en/our-collection/restoration-and-research/closer-to-vermeer-and-the-girl/girl-with-a-blog/*
- *A. Vandivere, A. van Loon, T. Callewaert et al., "Fading into the background: the dark space surrounding Vermeer's Girl with a Pearl Earring" Herit Sci 7 (2019) 69.*
- *S. De Meyer, F. Vanmeert, R. Vertongen, et al., "Imaging secondary reaction products at the surface of Vermeer's Girl with the Pearl Earring by means of macroscopic X-ray powder diffraction scanning"' Herit Sci 7, (2019) 67.*
- *https://www.conservation-wiki.com/wiki/False-color_image_processing*
- *https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/axis/equipment/x-ray-based-equipment/maxrf-scanner*
- *http://ikee.lib.auth.gr/record/308775/files/GRI-2019-25893.pdf*

SpaceDot - AcubeSAT nanosatellite

το μέλλον της διαστημικής εξερεύνησης στα χέρια φοιτητών του Α.Π.Θ.

Ιδρύθηκε το 2016 από μια μικρή ομάδα φοιτητών και από τότε έχει εξελιχθεί σε μια ολόκληρη «κοινότητα» με πάνω από 65 μέλη διασκορπισμένα όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και στο εξωτερικό. Πρόκειται για τη SpaceDot, τη φοιτητική ομάδα του Α.Π.Θ. που έχει ως στόχο το σχεδιασμό και την κατασκευή του νανοδορυφόρου AcubeSAT. Ο AcubeSAT είναι ένας νανοδορυφόρος προτύπου CubeSat, τα οποία αποτελούν την πλέον προσβάσιμη πλατφόρμα διαστημικών αποστολών τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Μόλις 7 από τα 3500 CubeSats που έχουν τεθεί σε τροχιά έχουν φιλοξενήσει πείραμα βιολογικής φύσεως, λόγω της πολυπλοκότητας των αποστολών αυτών και ο AcubeSAT φιλοδοξεί να αποτελέσει το όγδοο. Μέσα από το πρόγραμμα «Fly Your Satellite! 3» και την υποστήριξη του Εκπαιδευτικού Γραφείου του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA), η SpaceDot ετοιμάζεται για την εκτόξευση του νανοδορυφόρου της το 2025.

Στόχος της αποστολής είναι η πραγματοποίηση ενός βιολογικού πειράματος. Συγκεκριμένα, θα μελετηθεί η επίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας και της μικροβαρύτητας στην παραγωγή πρωτεϊνών του ζυμομύκητα *Saccharomyces cerevisiae* σε χαμηλή γήινη τροχιά. Θα εξεταστούν συνολικά πάνω από 190 πρωτεΐνες, που ελέγχουν ένα ευρύ φάσμα κυτταρικών λειτουργιών, καθιστώντας το μεγαλύτερης κλίμακας βιολογικό πείραμα που έχει πραγματοποιηθεί σε νανοδορυφόρο μέχρι τώρα.

Τον Αύγουστο του 2021, η SpaceDot ολοκλήρωσε τη σχεδιαστική φάση του προγράμματος "Fly Your Satellite! 3" με την έγκριση του Εκπαιδευτικού Γραφείου του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος.[1] Συνεχίζοντας στο δρόμο προς την εκτόξευση, η ομάδα πρέπει να περάσει τη φάση των δοκιμών για να βεβαιωθεί ότι ο σχεδιασμός είναι σε θέση να ανταπεξέλθει στις ακραίες συνθήκες του διαστήματος. Πιο συγκεκριμένα, τα εξαρτήματα του δορυφόρου, που έχουν σχεδιαστεί από την ομάδα, υποβάλλονται για αρχή σε Vibration testing (VIBE), το οποίο μιμείται τις δονήσεις που θα βιώσουν κατά την εκτόξευση. Στη συνέχεια, τίθενται σε Thermal Vacuum Chamber testing (TVAC) με ακραίες θερμοκρασίες εν κενώ, εξομοιώνοντας τις συνθήκες της τροχιάς. Στο πλαίσιο αυτό, η ομάδα έχει διεξάγει δοκιμές ακτινοβολίας βαρέων ιόντων σε κρίσιμα εξαρτήματα του δορυφόρου (Μάιος 2021),[2] και σε VIBE και TVAC testing στην αναδιπλούμενη κεραία (Δεκέμβριος 2022)[3] και στην πλακέτα του On-Board Computer (Μάρτιος 2023),[4] στις εγκαταστάσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος στο Βέλγιο. Η ομάδα συνεχίζει να εργάζεται προς τους επόμενους ελέγχους, οι οποίοι θα επικεντρωθούν στην πλακέτα των επικοινωνιών του νανοδορυφόρου και σημαντικότερα, στο επιστημονικό φορτίο. Οι δοκιμές αυτές προγραμματίζεται να ολοκληρωθούν ως το τέλος του 2023. (https://acubesat.spacedot.gr/)

Μέλη της ομάδας τον Δεκέμβριο σε ελέγχους της αναδιπλούμενης κεραίας του δορυφόρου.

Μέλη της ομάδας τον Μάρτιο σε ελέγχους του On-Board Computer του δορυφόρου.

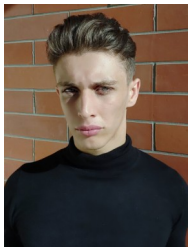
Φυσικά από την ίδρυση της ομάδας μέχρι και σήμερα, μεγάλη είναι η συμβολή των δεκάδων φοιτητών του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ., που ως ενεργά μέλη της ομάδας απασχολούνται τόσο με την τροχιά του νανοδορυφόρου όσο και με άλλα τεχνικά υποσυστήματα. Τέλος, κατά το τελευταίο εξάμηνο, η SpaceDot σε συνεργασία με το Σπουδαστήριο Θεωρητικής Μηχανικής του τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. και τη συμμετοχή της Prisma Electronics έλαβε έγκριση στο πρόγραμμα "Greek CubeSats In-Orbit Validation Projects" της ESA. Η πρόταση αφορά την κατασκευή του νανοδορυφόρου PeakSat για εφαρμογές οπτικών ζεύξεων με το σταθμό βάσης του Χολομώντα.

Περισσότερα.....
https://www.esa.int/....

1. Education/CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/AcubeSAT_successfully_passes_Critical_Design_Review
2.CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/Student_satellite_components_bombarded_with_heavy-ions_during_intense_tests
3. ESA_Multimedia/Images/2022/12/CubeSat_team_SpaceDot_s_in-house_built_antenna_deployment_mechanism
4. Education/CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/From_Greece_to_Belgium_a_new_adventure_for_AcubeSAT_team_performing_environmental_test_campaign

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY OBSERVATORY

... ένα βήμα πιο κοντά στη κατανόηση του σύμπαντος



Κωνσταντίνος Χεριστανίδης
Φοιτητής Τμήματος Φυσικής

Μία συνεχής βροχή από σωματίδια υψηλής ενέργειας, κατακλύζει τον πλανήτη μας οληµερίς και ολονυχτίς, τα οποία τα ονομάζουμε κοσμική ακτινοβολία. Τα σωματίδια αυτά κινούνται σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός και έρχονται από όλες τις διευθύνσεις του διαστήματος. Η προέλευση τους όμως, μπορεί να είναι είτε γαλαξιακή είτε εξωγαλαξιακή .

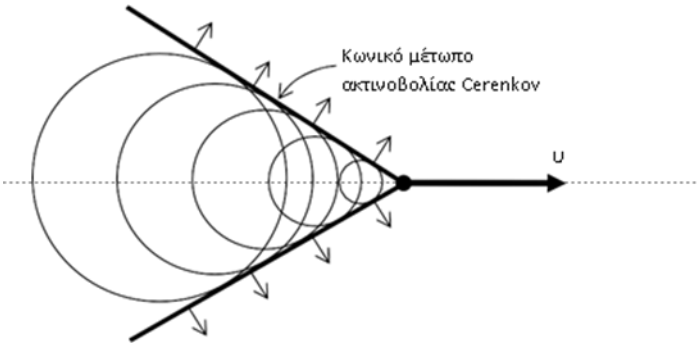
Οι μέχρι στιγμής γνώσεις μας για τον άγνωστο κόσμο του διαστήματος προέρχονται όλες από παρατηρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Παρόλο αυτά, είναι ελλιπείς όσο αφορά τις πήγες της κοσμικής ακτινοβολίας του διαστήματος, εκτός ορισμένων θεωρητικών προβλέψεων. Η ανίχνευση και η μελέτη της κοσμικής ακτινοβολίας είναι πολύ χρήσιμη καθώς ενισχύει και διευρύνει επιστημονικώς το εύρος των γνώσεων μας στον κόσμο της υποατομικής και ατομικής φυσικής έως της αστροφυσικής και της κοσμολογίας. Έτσι λοιπόν, το πρόγραμμα Cherenkov Telescope Array (CTA) έρχεται να ενισχύσει όπως κανένα άλλο στο παρελθόν, την προσπάθεια μας να εξερευνήσουμε το απέραντο διάστημα αλλά και τον απρόβλεπτο μικρόκοσμο.

Ακτινοβολία Cherenkov

Αρχικά, το πρόγραμμα CTA έχει σχεδιαστεί για να ανιχνεύει, μέσω της ακτινοβολίας Cherenkov, ακτίνες γάμμα. Αυτές αποτελούν μέρος της κοσμικής ακτινοβολίας καθώς θεωρείται ότι προέρχονται από αστέρες νετρονίων, σουπερνόβα και μαύρες τρύπες. Η ακτινοβολία γάμμα είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως και προκύπτει από τις πυρηνικές αποδιεγέρσεις, όπως η διάσπαση πυρήνων ή στοιχειωδών σωματιδίων, αλλά και κατά την εξαΰλωση σωματιδίου - αντισωματιδίου (πχ e^+ και e^-). Όμως το εύρος ενεργειών των ακτίνων γάμμα αντιστοιχεί στις πιο υψηλές ενέργειες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος δίχως να έχει κάποιο ανώτερο όριο και για αυτό αντίστοιχα συνιστά ένα ευρύ πεδίο μελέτης μέχρι και σήμερα.

Από τις πηγές του διαστήματος, οι ακτίνες γάμμα κατευθύνονται προς τη Γης διανύοντας μεγάλες αποστάσεις και δίχως να επηρεάζονται από μαγνητικά πεδία, λόγω απουσίας ηλεκτρικού πεδίου. Οι ακτίνες γάμμα για να μπορέσουν να φτάσουν έως και την επιφάνεια της Γης απαιτείται να έχουν πολύ υψηλή ενέργεια. Διαφορετικά, εμποδίζονται ή αλλιώς απορροφούνται από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Οι ακτίνες καθώς διέρχονται από την ατμόσφαιρα, αντιδρούν με τα συστατικά της παράγοντας δευτερογενή σωματίδια όπου και αυτά με τη σειρά τους μέσω της ακτινοβολίας πέδησης και δίδυμης γένεσης, δημιουργούν φωτόνια και ηλεκτρόνια επόμενης γενιάς. Δημιουργείται λοιπόν, ένας ηλεκτρομαγνητικός καταιγισμός όπου όσο περισσότερο εξελίσσεται, τόσο περισσότερα σωματίδια παράγονται. Όμως, η ενέργεια τους μειώνεται με αποτέλεσμα σε κάποιο σημείο, να γίνει τόσο μικρή ώστε να είναι αδύνατο να παραχθούν άλλα σωματίδια. Η έκταση του καταιγισμού εξαρτάται από την αρχική ενέργεια του φωτονίου. Για να φτάσει η έκταση μέχρι και το έδαφος απαιτείται το φωτόνιο να έχει ενέργεια της τάξης των 10^{14} eV. Σε διαφορετική περίπτωση σταματά σε μεγάλα ύψη.

Καθώς ο Η/Μ καταιγισμός εξελίσσεται εντός της ατμόσφαιρας, εμφανίζεται το φαινόμενο της εκπομπής ακτινοβολίας Cherenkov: τα φωτόνια και τα ηλεκτρόνια που παράγονται κατά τον καταιγισμό κινούνται πιο γρήγορα από την ταχύτητα του φωτός στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να εκπέμπεται ακτινοβολία κατά τη διεύθυνση κίνησης τους, στο ορατό φως - κυρίως στο μπλε.



Εικόνα 1: Αναπαράσταση εκπομπής ακτινοβολίας Cherenkov.

Η ακτινοβολία εκπέμπεται κωνικά με άξονα συμμετρίας την τροχιά του σωματιδίου (Εικόνα 1). Το μέτωπο της ακτινοβολίας δημιουργείται από την εποικοδομητική συμβολή των επιμέρους φωτεινών

κυμάτων και αποτελεί μια ισοφασική επιφάνεια. Μέσω τη σχηματιζόμενης γωνίας μεταξύ του άξονα κίνησης και του μετώπου προσδιορίζεται η ταχύτητα και το είδος του σωματιδίου.

Πρώτες παρατηρήσεις με τηλεσκόπια

Η αδυναμία των μέχρι στιγμής τηλεσκοπίων να εντοπίσουν άμεσα ενεργειακά σωμάτια, όπως τα φωτόνια, μας οδήγησε σε εφεδρικές διατάξεις. Οι διατάξεις αυτές αξιοποιούν το φαινόμενο εκπομπής Cherenkov και φθορισμού οπότε και καθίστανται ικανές να ιχνηλατήσουν και να ανιχνεύσουν τελικά ακτίνες γάμμα. Η πρώτη παρατήρηση ακτινοβολίας Cherenkov πραγματοποιήθηκε το 1952 σε νυχτερινό ουρανό από τους επιστήμονες B. Galbraith και J. Jelley με ένα αυτοσχέδιο τηλεσκόπιο στο οποίο έπεφτε φως Cherenkov ανά ένα λεπτό περίπου. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1968, κατασκευάστηκε το τηλεσκόπιο Whipple από τον Trevor C. Weekes και τελικά το 1989 ιχνηλατήθηκε η ακτινοβολία Cherenkov με αποτέλεσμα να εντοπιστεί για πρώτη φορά, πηγή ακτίνων γάμμα οποία και ήταν η Crab Nebula. Ακόμη και τα σημερινά τηλεσκόπια που χρησιμοποιούνται, έχουν βασιστεί στο συγκεκριμένο μοντέλο του Weekes.

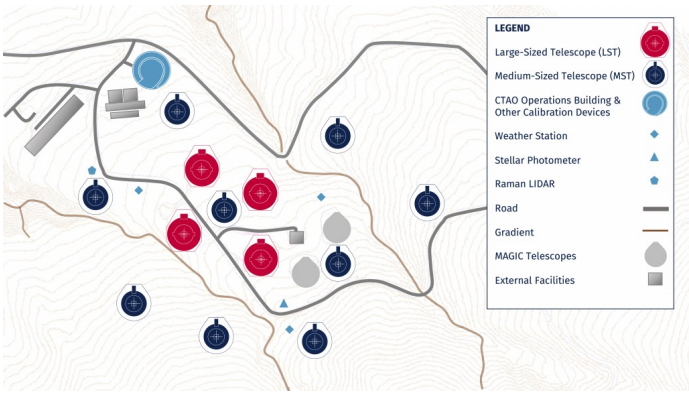
Cherenkov Telescope Array Observatories -CTAO

Το πρόγραμμα CTA βασίστηκε αλλά παράλληλα ενισχύθηκε από τις συνεχόμενες προσπάθειες για ανίχνευση πηγών ακτίνων γάμμα από το διάστημα (όπως αστέρες νετρονίων και μαύρες τρύπες) τόσο τον προηγούμενο αιώνα όσο και των τελευταίων ετών. Με συνεργασία επιστημόνων από όλο τον κόσμο δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες συνθήκες έτσι ώστε να κατασκευαστούν οι μεγαλύτερες έως σήμερα διατάξεις τηλεσκοπίων, με τις πρώτες εγκαταστάσεις να έχουν πραγματοποιηθεί ήδη από το 2019. Η διαφορά με τις προηγούμενες απόπειρες είναι ότι τα διαθέσιμα τηλεσκόπια έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν πολύ υψηλές ενέργειες. Η ευαισθησία του CTAO (CTA Observatory) σε ενέργειες της τάξης των 300 TeV θα δώσει καινούργιες δυνατότητες για την κατανόηση του διαστήματος.

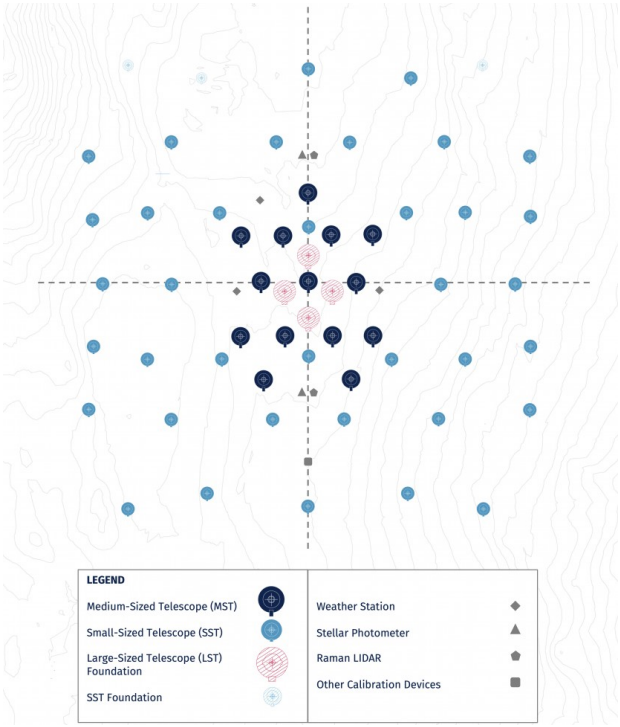
Τα παρατηρητήρια του CTA βρίσκονται τόσο στο νότιο ημισφαίριο, έρημο Atacama - Χιλή όσο και στο βόρειο, νησί La Palma - Κανάρια νησιά. Ο λόγος είναι για να αυξηθούν οι πιθανότητες εντοπισμού ακτινοβολιών Cherenkov διότι οι καταιγισμοί είναι σπάνιοι. Οι τοποθεσίες επιλέχτηκαν έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη ορατότητα στην ατμόσφαιρα λόγω υψηλού υψομέτρου, γεγονός το οποίο διευκολύνει τη διαδικασία των μετρήσεων, ειδικά κατά την διάρκεια της νύχτας .

Στο Βόρειο ημισφαίριο (La Palma) η συστοιχία των τηλεσκοπίων κατασκευάστηκε σε ύψος 2,200 μέτρα δίπλα στη κορυφή ενός μη ενεργού κρατήρα και θα ανιχνεύει χαμηλές και μεσαίας ενέργειας περιοχές, δηλαδή θα επικεντρωθούν σε ενέργειες 20 GeV έως 5 TeV. Η Εικόνα 2 δείχνει την διάταξη των συστοιχιών τηλεσκοπίων στο βόρειο ημισφαίριο το οποίο περιλαμβάνει συνολικά 13 τηλεσκόπια, τέσσερα εκ των οποίων είναι μεγάλου μεγέθους τηλεσκόπια (Large Sized Telescopes - LST) και εννέα μεσαίου μεγέθους τηλεσκόπια (Medium Sized Telescopes - MST), κατανεμημένα σε μια περιοχή ίση περίπου με 0,5 km^2 στη CTAO Northern Array.

Αντίστοιχα, στο νότιο ημισφαίριο, στην έρημο Atacama στην Χιλή, η διάταξη κατασκευάστηκε σε μία από τις πιο ξηρές και απομονωμένες περιοχές του πλανήτη έτσι ώστε πιθανές καιρικές παρεμβολές να μην προκαλούν διακοπές στην παρατήρηση. (Εικόνα 3) Οι ενεργειακές περιοχές που θα ανιχνεύονται θα καλύπτουν την περιοχή τιμών 150 GeV έως



Εικόνα 2: Κάτοψη διάταξης τηλεσκοπίων στο Βόρειο ημισφαίριο, La Palma.

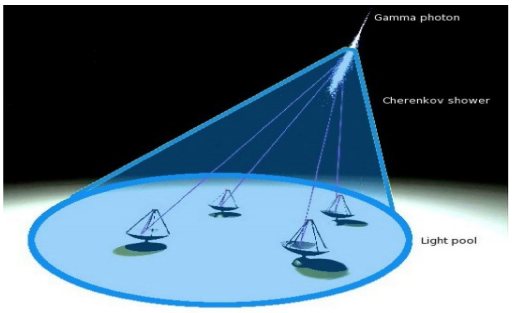


Εικόνα 3 Κάτοψη διάταξης τηλεσκοπίων στο Νότιο ημισφαίριο, έρημος Atacama.

300 TeV. Με άλλα λόγια, το νότιο μέρος του CTAO ειδικεύεται στους Γαλαξιακούς στόχους. Η συστοιχία των τηλεσκοπίων περιλαμβάνει συνολικά 51 τηλεσκόπια σε μία περιοχή ίση με περίπου 3 km^2 εκ των οποίων 14 είναι MST και 37 είναι μικρού μεγέθους τηλεσκόπια (Small Sized Telescopes -SST).

Μηχανισμός ανίχνευσης

Η παραγόμενη ακτινοβολία Cherenkov διαχέεται προς την επιφάνεια δημιουργώντας ένα κώνο στην ίδια διεύθυνση με αυτή του αρχικού φωτονίου. Βάσει αυτού λοιπόν, οι επιστήμονες τοποθέτησαν τα τηλεσκόπια σε σχετικά κοντινές μεταξύ τους αποστάσεις, ώστε να βρίσκονται όσο το δυνατόν περισσότερο στην ίδια βάση του κώνου, προκειμένου να εντοπίζουν και να μετρούν ακτινοβολία Cherenkov η οποία και θα προέρχεται από συγκεκριμένο φωτόνιο του καταιγισμού και όχι από τυχόν άλλα (Εικόνα 4). Τα τηλεσκόπια ποικίλουν ως προς το μέγεθος τους, συνεπώς και ως προς την ενέργεια που μπορούν να ανιχνεύσουν, έχουν όμως την ίδια απόδοση. Κάθε τηλεσκόπιο αποτελείται από έναν μεγάλο τμηματοποιημένο κάτοπτρο για την ανταν ακλαση του φωτός Cherenkov σε μια κάμερα υψηλής ταχύτητας η οποία καταγράφει και να ψηφιοποιεί την εικόνα του καταιγισμού. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να πραγματοποιηθεί προσομοίωση του καταιγισμού και αντίστοιχα να βρεθεί η πηγή από το διάστημα. Ένα φλας φωτός Cherenkov διαρκεί μόνο μερικά δισεκατομμυριοστά του δευτερολέπτου και είναι εξαιρετικά αχνό.



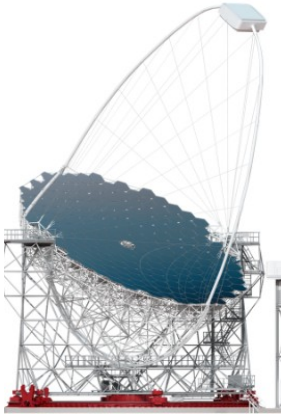
Εικόνα 4 Εκπομπή ακτινοβολίας Cherenkov.

Τηλεσκόπια

Large-Sized Telescope - LST

Το LST διαθέτει πολύ μεγάλα κάτοπτρα ώστε να ανιχνεύει ακτίνες γάμμα χαμηλών ενεργειών καθώς αυτές παράγουν ένα πολύ μικρό ποσοστό της Cherenkov ακτινοβολίας, καθιστώντας τες δυσεύρετες (Εικόνα 5). Πιο συγκεκριμένα, καλύπτουν την χαμηλά ενεργειακή ευαισθησία του CTAO στην περιοχή 20 - 150 GeV. Επίσης, μπορεί να ανιχνεύει και ενέργειες μερικών τάξεων του TeV. Ορισμένα επιπλέον βασικά χαρακτηριστικά του LST είναι τα ακόλουθα:

- παρέχουν πληροφορίες για γαλαξίες με υψηλή μετατόπιση ερυθρού και για εκρήξεις ακτίνων γάμμα. Επιπρόσθετα, θα επιτρέψουν, την απόκτηση περεταίρω πληροφοριών σχετικά με τις κοσμολογικές αποστάσεις.
- διαθέτουν μια παραβολική ανακλαστική επιφάνεια 400 m^2 διαμέτρου m, έχουν ύψος 45 m και ζυγίζουν 100 τόνους. Ακόμη, είναι εξαιρετικά ευκίνητα και καλύπτουν ένα οπτικό πεδίο ίσο με $4,3^o$.

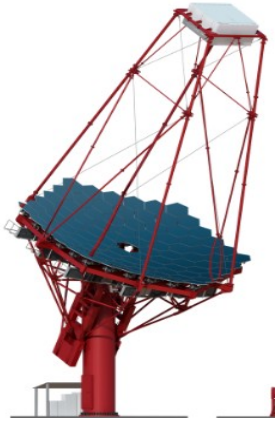


Εικόνα 5: Large Sized Telescope - LST.

Medium sized telescope - MST

Τα μεσαία μεγέθους τηλεσκόπια θα ανιχνεύουν το φως Cherenkov αλλά θα καλύπτουν την περιοχή ενεργειών 150 GeV έως 5 TeV (Εικόνα 6). Με αυτό του είδους το τηλεσκόπιο θα μπορέσουμε να ανιχνεύσουμε πηγές του γαλαξία που ανήκουν σε αυτό το εύρος ενεργειών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το MST έχει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά

- διάμετρο ανακλαστήρα 12 m σε πολική βάση και εστιακή απόσταση 16 m.
- θα διαθέτει έως και 90 κάτοπτρα εξαγωνικού σχήματος.
- περιλαμβάνει δύο διαφορετικές αρχιτεκτονικές κάμερας μεγάλου οπτικού πεδίο, ίσου περίπου με 8°.



Εικόνα 6: Medium Sized Telescope - MST.

Small-Sized-Telescope

Το SST διαθέτει ένα μικρό σύνολο από κάτοπτρα διότι αυτά είναι ευαίσθητα σε φως Cherenkov που προέρχεται από ακτίνες γάμμα πολύ υψηλών ενεργειών και οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ ορισμένων TeV έως και 300 TeV (Εικόνα 7). Συνεπώς, οι ακτίνες γάμμα δημιουργούν μεγάλες ποσότητες φωτός Cherenkov σε ευρείς περιοχές ενέργειας. Ορισμένα χαρακτηριστικά του SST είναι:

- περιλαμβάνουν δύο κάτοπτρα - το πρωτεύον διαμέτρου 4,3 m είναι διαχωρισμένο σε εξαγωνικές όψεις και το δευτερεύον, μεγέθους 1,8 m είναι μονολιθικό.
- έχει ενεργό επιφάνεια κατόπτρου ίση με 8 m.
- ζυγίζει περίπου 8 τόνους.

Εικόνα 7: Small Sized Telescope - SST

Στόχοι του CTAO

Οι βασικοί στόχοι που έχουν τεθεί μέσω του προγράμματος CTAO είναι οι ακόλουθοι:

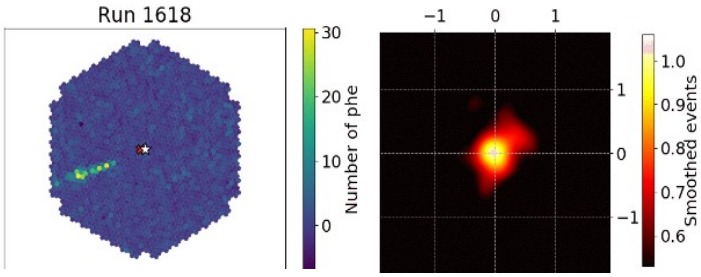
Κατανόηση της προέλευσης και του ρόλου των σχετικιστικών κοσμικών σωματιδίων. Το CTA θα λάβει μετρήσεις πραγματικής ακρίβειας κοσμικών πρωτονίων και πυρήνων. Έτσι, θα αποκτήσουμε πληροφορίες για τις διαδικασίες επιτάχυνσης και μεταφοράς αλλά και τους μηχανισμούς ανάδρασης κοσμικής ακτινοβολίας σε αυτά τα συστήματα Επίσης, το CTA θα χαρτογραφήσει την εκτεταμένη εκπομπή γύρω από πολλές πηγές ακτίνων γάμμα.

Η ανίχνευση ακραίων περιβαλλόντων. Η επιτάχυνση σωματιδίων σε πολύ υψηλές ενέργειες σχετίζεται με τα ακραία περιβάλλοντα κοντά σε συμπαγή αντικείμενα όπως αστέρια νετρονίων και μαύρες τρύπες ή σε σχετικιστικές εκροές και εκρήξεις. Από την ανίχνευση των σωματιδίων αυτών θα είναι δυνατός ο εντοπισμός των ακραίων περιοχών μέσω του υπολογισμού της απόστασης και του χρόνου.

Εξερεύνηση των συνόρων της Φυσικής. Το CTA θα επιδιώξει να αποκαλύψει τη φύση και τις ιδιότητες της σκοτεινής ύλης και να διερευνήσει την ύπαρξη αξονικών σωματιδίων και πιθανές παραλλαγές της αναλλοίωτης μεταβλητότητας Lorentz. Κάθε ένα από αυτά τα αποτελέσματα θα αντιπροσωπεύει μια πολύ σημαντική ανακάλυψη.

Πρώτα πειραματικά δεδομένα

Στην πρώτη του προσπάθεια να ανιχνεύσει μια πηγή ακτίνων γάμμα, το πρωτότυπο του LST εντόπισε επιτυχώς το πρώτο του σήμα ακτίνων γάμμα στις 23 Νοεμβρίου 2019 όταν έδειξε το νεφέλωμα του Crab, το οποίο έχει ήδη προσδιοριστεί (Εικόνα 8). Οι προκαταρκτικές αναλύσεις έδειξαν μια πολύ σαφή ανίχνευση ενός σήματος ακτίνων γάμμα που προέρχονταν από την πηγή, καθησυχάζοντας τις προσδοκίες της ομάδας ότι το τηλεσκόπιο λειτουργεί όπως έχει σχεδιαστεί.



Εικόνα 8 Χρονική εξέλιξη γάμμα ακτινοβολίας από το Crab Nebule, 23/11/2019.

Τέλος, το πρόγραμμα CTAO θα αποτελέσει μία από τις σημαντικότερες πειραματικές απόπειρες ανίχνευσης σωματιδίων πολύ υψηλών ενεργειών, που μέχρι στιγμής δεν έχει επιτευχθεί. Θα οριοθετήσει και θα εξερευνήσει καινούργια όρια στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, ενώ θα παρέχει συνεχώς καινούργιες πληροφορίες για το διάστημα μέσω νέων ανακαλύψεων. Θα έρθουμε πιο κοντά στην κατανόηση γαλαξιακών μεγεθών που μέχρι στιγμής προσεγγίζονταν κυρίως θεωρητικά. Θα αντλήσουμε με άλλα λόγια, γνώσεις για αστέρες νετρονίων, σουπερνόβα αλλά και για μαύρες τρύπες. Το CTAO λοιπόν, θα αποτελέσει την αρχή για απόκτηση καινούργιων γνώσεων πάνω στη φύση.

Πηγές

- *https://www.cta-observatory.org*
- *https://www.ung.si/en/research/cac/researchcac/projects/cta/*
- *https://www.ung.si/en/research/cac/research-cac/projects/cta/*

Η αξία της επιστήμης

Ομιλία του Καθ. Yervant Terzian

Επιμέλεια: Αναστάσιος Λιόλιος
Ομότιμος Καθηγητής Τμήματος Φυσικής

«Δυστυχώς οι αξίες της σημερινής κοινωνίας μας είναι σοβαρά. παρεξηγημένες, όταν στο 90% των εφημερίδων υπάρχει η στήλη του ωροσκοπίου, αφού προφανώς «το κοινό ενδιαφέρεται για την αστρολογία» και αφού «τα ωροσκόπια πουλούν»

Πριν υπό πολύ καιρό στην Ελλάδα έζησε ένας από τους πιο προικισμένους και διορατικούς επιστήμονες της ανθρωπότητας, ο Δημόκριτος ο Αβδηρίτης. Ο Δημόκριτος ήταν ο πρώτος ατομικός επιστήμονας, ο πρώτος δηλαδή που θεώρησε ότι ένα μεγάλο σώμα αποτελείται από πολλά άλλα μικρότερα, το ένα κοντά στο άλλο. Στα μικρά σωματίδια, τα οποία όπως πίστευε, δεν είναι δυνατόν να διαιρεθούν σε άλλα μικρότερο, έδωσε το όνομα «άτομοι» ή «άτομα». Είναι γνωστή η πρότασή του: «Δεν υπάρχει τίποτα άλλο εκτός από τα άτομα και τον κενά χώρο - όλα τα άλλα είναι γνώμη, άποψη». Από την εποχή του Δημόκριτου μέχρι σήμερα, η πρόοδος της επιστήμης σηματοδοτήθηκε από πάρα πολλές ανακαλύψεις, με σημαντικά αποτελέσματα τόσο στην κατανόηση των νόμων της Φύσης όσο και στην εξέλιξη της τεχνολογία.

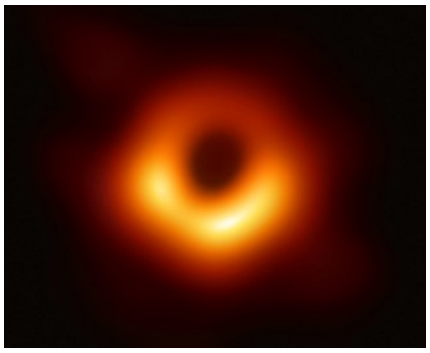
Η ανάπτυξη αυτή της επιστήμης, ως τμήμα του ανθρώπινου πολιτισμού, προήλθε από την αλληλεπίδραση πολλών επιστημονικών σχολών. Όλοι γνωρίζουμε την συνεισφορά των αρχαίων Αιγυπτίων στην Αστρονομία και στα Μαθηματικά, των Βαβυλωνίων στη σύνταξη και διατήρηση καταλόγων, των Ελλήνων στη Φυσική, τη Γεωμετρία την Ιατρική και τη Βοτανική, των Κινέζων στην κατανόηση του Μαγνητισμού και της Σεισμολογίας και, τέλος, των Αράβων στα Μαθηματικά. Η σύγχρονη επιστήμη όμως αναπτύχθηκε στη Δυτική Ευρώπη κατά τον 16ο και 17ο αιώνα, με βάση την επιμονή στη λογική του Σύμπαντος. Αφού απορρίψαμε πολλές από τις ανθρωποκεντρικές και ανθρωπομορφικές ιδέες μας, φθάσαμε στο κατώφλι μιας παγκόσμιας επιστήμης, κοινής όχι μόνο για όλους τους ανθρώπους αλλά επιπλέον, ίσως για όλο το Σύμπαν.

Σύμφωνα με τη σύγχρονη θεωρία, η ύλη δημιουργήθηκε από ενέργεια κατά τη χρονική στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης, την αρχή της κοσμικής ιστορίας. Καθώς το νεαρό, ακόμη θερμό, Σύμπαν διαστέλλονταν και ψύχονταν, χωρίστηκε σε κομμάτια που αργότερα σχημάτισαν τις εκατοντάδες εκατομμύρια γαλαξιών που παρατηρούμε σήμερα. Ένας τέτοιος τυπικός γαλαξίας είναι ο Γαλαξίας μας με τα διακόσια δισεκατομμύρια αστέρων του, ένας από τους οποίους είναι ο Ήλιος. Γύρω από τον Ήλιο, σχηματίστηκε ένας μικρός πλανήτης, πάνω στον οποίον η βιολογική εξέλιξη προχώρησε κατά τα τελευταία δισεκατομμύρια χρόνια. Εσείς και εγώ είμαστε τμήμα του αποτελέσματος της βιολογικής αυτής εξέλιξης και μοιραζόμαστε αυτήν την κοσμική ιστορία.

Να 'μαστε λοιπόν εδώ, τώρα, άτομα προερχόμενα από τη Μεγάλη Έκρηξη, ένας νοήμων και τεχνολογικός πολιτισμός αποτελούμενος από έξι δισεκατομμύρια, ταχέως πολλαπλασιαζόμενα και εν πολλοίς δυστυχισμένα, ανθρώπινα όντα. Αυτή η μακροχρόνια εξέλιξη μας έχει δώσει τώρα τι σοφία να ρωτάμε «Τι είναι αυτό που θέλουμε;». Όλοι μας επιθυμούμε την επιβίωση μας, όπως και των μελλοντικών γενών, που θα θέλαμε να είναι άνετη, ευτυχής και δημοκρατική. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω μιας σωστά ενημερωμένης κοινωνίας. Για να είμαστε, όμως, ενημερωμένοι, πρέπει να είμαστε καλλιεργημένοι και, στον σημερινό κόσμο, όποιος δεν γνωρίζει την επιστήμη και την τεχνολογία δεν μπορεί να θεωρηθεί μορφωμένος. Συνεπώς, η επιστημονική μόρφωση είναι θεμελιωδώς σημαντική για ένα επιταχυμένο μέλλον.

Κατά τις προηγούμενες δεκαετίες συχνά με ρωτούσαν: Ποια είναι η αξία της επιστήμης; Ποιο ήταν το κέρδος των ανθρώπων από την πραγματοποίηση του προγράμματος «Απόλλων» για διαστημικά ταξίδια στη Σελήνη, όταν το κόστος του έφτασε τα 24 δισεκατομμύρια δολάρια; Κατά έναν παράδοξο τρόπο, σήμερα φαίνεται ότι υπάρχει η εξής απάντηση. Πρόσφατα σε μια δημοπρασία αντικειμένων του πρώην σοβιετικού διαστημικού προγράμματος που έγινε από τον οίκο Sotheby στη Νέα Υόρκη, μεταξύ των άλλων θησαυρών ήταν και τα τρία μικροσκοπικά κομμάτια υλικού σεληνιακής επιφάνειας συνολικού βάρους δύο δεκάτων του γραμμαρίου, που είχαν συλλεγεί από το διαστημόπλοιο Luna -16.

Λοιπόν, η πρώτη αυτή πώληση σεληνιακού υλικού απέφερε το φανταστική ποσό των 442.500 δολαρίων. Κατ' αναλογία τα 381 κιλά πετρωμάτων και σκόνης, που μας έφεραν οι αστροναύτες του προγράμματος «Απόλλων», θα άξιζαν το τεράστιο ποσό των 850 δισεκατομμυρίων δολαρίων, περίπου 30 φορές το συνολικό κόστος του προγράμματος!

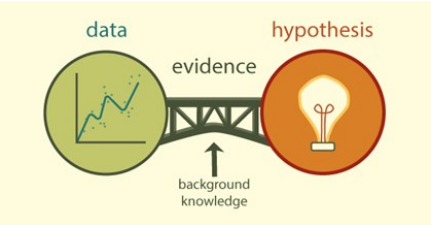


Είναι, όμως, αυτή η αξία της επιστήμης που θα έπρεπε να αποδεχθούμε; Προφανώς θα πρέπει να υπάρχει και κάτι άλλο, πιο ουσιαστικό. Συχνά μου ζητούν να σχολιάσω την αξία της επιστημονικής έρευνας και θεωρώ ως μια πρόκληση να εξηγήσω στο κοινό την αξία των ανακαλύψεων μας. Η πρόκληση είναι ακόμη πιο μεγάλη, όταν τα αποτελέσματα της έρευνας μας, αντικείμενα όπως οι αστέρες νετρονίων, αι μελανές οπές και οι γαλαξίες, δεν δημιουργούν άμεσο όφελος στα κοινά.

Όπως έχω ήδη αναφέρει, νομίζω ότι η επιστήμη μάς έχει αποκαλύψει τη φύση του Σύμπαντος κατά τρόπο εκπληκτικά ευρύ και σαφή. Μπορούμε να αναφερόμαστε λεπτομερειακά στο τι συμβαίνει σε πολύ μικρές κλίμακες μηκών και κατά τη διάρκεια εξαιρετικά μικρών χρονικών διαστημάτων. Αλλά επίσης, μπορούμε να περιγράψουμε την ιστορία του Σύμπαντος για δισεκατομμύρια χρόνια και αποστάσεις δισεκατομμυρίων ετών φωτός. Τα γεγονός ότι η επιστήμη δεν έχει όλες τις απαντήσεις σήμερα δεν σημαίνει ότι αγνοούμε την κόσμο. Οπωσδήποτε οι θεωρίες μας δεν είναι τέλειες αλλά η επιστήμη προοδεύει, διορθώνοντας τα λάθη μας.

Η επιστήμη γίνεται στόχος επίθεσης από την κοινωνία, επειδή μερικοί αισθάνονται ότι τα δεινά του πολιτισμού μας οφείλονται κυρίως στην πρόοδο της, όπως για παράδειγμα στην ανάπτυξη καταστροφικών πυρηνικών όπλων, στον υπερπληθυσμό, στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στην τρύπα του όζοντος και στην όξινη βροχή. Οι διανοούμενοι που δεν έχουν επιστημονική μόρφωση και οι μυστικιστές είναι από τους εντονότερους επικριτές της. Είναι λοιπόν, φανερό ότι για να μπορέσουν οι άνθρωποι να καταλάβουν και να εκτιμήσουν αυτά τα θέματα, χρειάζονται μόρφωση και επιστημονική καλλιέργεια .

Στην αρχαιότητα οι άνθρωποι κάθονταν την παραλία και ατένιζαν τους ουρανούς. παρακολουθούσαν τις κινήσεις του Ηλίου, και ακόμη, φαντάζονταν Θεούς στο μακρινό διάστημα. Σήμερα οι επαγωγικές επιστήμες, τη πειράματα και η παρατήρηση έχουν αντικαταστήσει τον καθαρό διαλογισμό. Σήμερα, η επιστήμη εδράζεται στο στέρεο έδαφος του πειράματος και της επαλήθευσης, δυστυχώς όμως, έχει χάσει τη γαλήνια σοφία της και την άνετη σκέψη της. Είναι πράγματι κρίμα που χάθηκε αυτή η αγνότητα, αλλά αυτό δεν μπορούμε να το αλλάξουμε. Μερικές φορές η κληρονομιά της επιστήμης υπήρξε επικίνδυνη και θανατηφόρα. Επίσης, όμως, η επιστήμη γέμισε τη Γη με μηχανές, μπόρεσε να θρέψει πάνω από έξι δισεκατομμύρια ψυχές, παρήγαγε τεράστια ποσά ενέργειας, γιάτρεψε και εξαφάνισε οικογένειες και, ακόμη, μας πήγε στο φεγγάρι. Όπως και να το κάνουμε, δεν είναι δυνατόν να γυρίσουμε στον καθαρό διαλογισμό.



Η σημαντικότερη αξία, που ο άνθρωπος αυτού του κόσμου απεγνωσμένα χρειάζεται είναι η εκπαίδευση, διότι είναι σαφές ότι αποφάσεις χωρίς γνώση είναι συχνά προς λάθος κατεύθυνση και μερικές φορές μάλιστα είναι καταστροφικές. Η εκπαίδευση προσφέρει στην κοινωνία τον μοναδικό ασφαλή δρόμο προς μια επιτυχημένη, ειρηνική και άνετη ύπαρξη. Δυστυχώς η εκπαίδευση παγκοσμίως υφίσταται μια ραγδαία πτώση σε όλα σχεδόν τα γνωστικό αντικείμενα. Στην περίπτωση των ΗΠΑ, η έλλειψη γνώσης του πληθυσμού για την ιστορία, τη γεωγραφία και τις ξένες γλώσσες είναι γνωστή και επαρκώς θεμελιωμένη, η δε έλλειψη, ειδικότερα, επιστημονικής γνώσης έχει πάρει επικίνδυνες διαστάσεις.

Κατά τη διάρκεια την αιώνα μας η εκπαίδευση και η τεχνολογία αποτέλεσαν τον κεντρικό άξονα ανάπτυξης της κοινωνίας. Η επίτευξη ειρήνης μεταξύ των εθνών, η παραγωγή αρκετής τροφής και μηχανών, η προστασία της υγείας, το καθαρό περιβάλλον και μια γενικά άνετη ζωή στηρίζονται στη συνεχή πρόοδο σε όλα τα πεδία της επιστήμης και της τεχνολογίας. Παρ' όλα αυτά κατά γενική αντίληψη, η μόρφωση αναγνωρίζεται κυρίως στις τέχνες, στη φιλολογία ή ακόμη και στη θρησκεία, ενώ στην επιστήμη ένας δευτερεύοντας ρόλος.. Σήμερα οι μορφωμένοι άνθρωποι γνωρίζουν τον Shakespeare, τον Beethoven και τον Michelangelo, αλλά οι περισσότε-

ροι από αυτούς δεν γνωρίζουν για τον Newton, τον Darwin, τον Bohr ή τον Einstein.

Τα ότι οι επιστήμες παίζουν έναν δευτερεύοντα ρόλο στην κοινωνία μας οφείλεται εν μέρει στους ίδιους τους επιστήμονες, οι οποίοι δεν αφιερώνουν αρκετό χρόνο, προσπάθεια και πόρους με σκοπό την επιστημονική μόρφωση του κοινωνικού· συνόλου. Δεν κάνουμε αρκετά για να αποδείξουμε ότι οι επιστήμες αποτελούν- τμήμα της καθημερινής ζωής. Η Φυσική και η Χημεία είναι παντού γύρω μας, στα σπίτια μας, στα αυτοκίνητα μας, στα τρένα, στα αεροπλάνα, στις συσκευές τηλεόρασης, στις τηλεπικοινωνίες, στους φούρνους μικροκυμάτων κλπ. Οι περισσότεροι άνθρωποι όμως δεν έχουν την παραμικρή ιδέα για το πώς και γιατί όλα αυτά δουλεύουν.

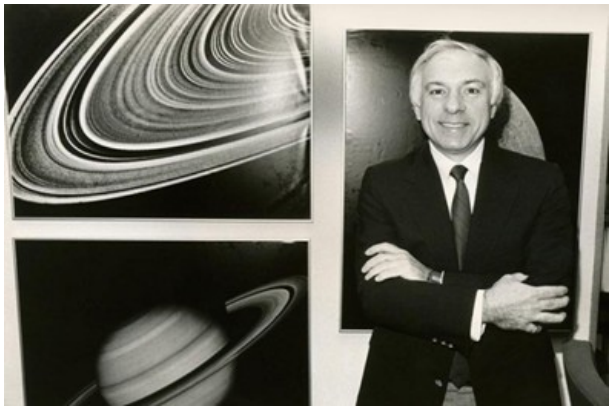
Δυστυχώς οι αξίες της σημερινής κοινωνίας μας είναι σοβαρά παρεξηγημένες, όταν στο 90 % των εφημερίδων υπάρχει η στήλη του ωροσκόπιου, αφού προφανώς «το κοινό ενδιαφέρεται για την αστρολογία» και αφού «τα ωροσκόπια πουλούν». Οι αξίες της κοινωνίας μας είναι σίγουρα παρεξηγημένες, όταν ένας άνθρωπος που κλωτσά μια μπάλα ποδοσφαίρου για λίγα μέτρα πληρώνεται εκατομμύρια ή και δισεκατομμύρια δραχμές, ενώ ο μισθός ενός δασκάλου ίσα ίσα φτάνει γιο την διατροφή του

Σε μεγάλο βαθμό ο Τύπος και η τηλεόραση αποφασίζουν για το τι πρέπει να γνωρίζει το κοινό. Εν τούτοις ο Τύπος και η τηλεόραση έχουν, γενικά, αγνοήσει την εκπαιδευτική ευθύνη τους και έχουν επικεντρωθεί σε ό,τι τα ίδια αξιολογούν ως χρήσιμη πληροφορία, διασκέδαση και διαφήμιση. Η ελευθερία του Τύπου είναι θεμελιώδης σε δημοκρατική κοινωνία, αλλά ελευθερία σημαίνει και ευθύνη, ώστε η ισχύς των μέσων μαζικής ενημέρωσης θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση του ευρύτερου κοινού.

Οι άνθρωποι θα 'πρεπε να μάθουν να εκτιμούν και να αξιολογούν την επιστήμη ως μια κοινωνική πραγματικότητα. Τη κοινό αποδέχεται τα χρήσιμα παράγωγα της επιστήμης και θαυμάζει τις εντυπωσιακές, επιστημονικές ανακαλύψεις, ακόμη και αν δεν καταλαβαίνει πώς πετά ένα αεροπλάνο ή γιατί υπάρχουν εποχές στη Γη. Το κοινό πολύ λίγο καταλαβαίνει τι είναι επιστήμη και, κυρίως, πώς η επιστήμη και η τεχνολογία συνεισφέρουν στη ζωή μας, στις φιλοδοξίες μας και στους εθνικούς στόχους μας. Η άγνοια αυτή του κοινού φορτώνει με ευθύνη ίσως πολύ περισσότερο τους επιστήμονες παρά το ίδιο. Το κοινό αγαπά την επιστήμη. Οι επιστήμονες όμως, αγαπούν το κοινό; Νομίζω άτι πρέπει να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό ως μια κοινότητα.

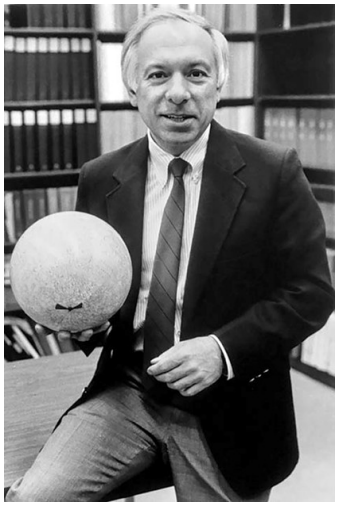
Η ανθρωπότητα φαίνεται να περπατά πάνω σε λεπτό στρώμα πάγου. Προς του τέλος του εικοστού αιώνα ο ακαδημαϊκός χώρος αντιμετωπίζει δυσκολίες. Η εμπιστοσύνη του κοινού προς την ανώτατη εκπαίδευση συνεχίζει να διαβρώνεται, η οικονομική προοπτική για την εκπαίδευση γενικώς είναι μελαγχολική και, τέλος, το μορφωτικό επίπεδο του κοινού δεν βελτιώνεται. Ο 21ος αιώνας είναι μια αποφασιστική περίοδος. που θα προσδιορίσει εν πολλοίς το μέλλον (επιτυχημένο ή όχι) όλης της ανθρωπότητας. Στην εκπαίδευση στηρίζεται μια ρεαλιστική ελπίδα. Αν αυτό που θέλουμε είναι μια ειρηνική και άνετη διαβίωση για μας και τις μελλοντικές γενεές, το κοινό πρέπει να μάθει να καταλαβαίνει και να αξιολογεί σωστά τα σχετικά θέματα.

Ο Προέδρος των Ηνωμένων Πολιτείων Αμερικής John. F. Kennedy διηγήθηκε κάποτε την εξής ιστορία: Ένας συνταξιούχος Γάλλος στρατηγός ζήτησε από τον κηπουρό του να φυτεύσει αμέσως ένα δέντρο, και ο κηπουρός απάντησε: «Γιατί βιάζεστε; Αυτό το δέντρα μεγαλώνει πολύ αργά, θα χρειαστεί εκατό χρόνια για να μεγαλώσει». Τότε ο Γάλλος στρατηγός του είπε: «Γι' αυτό ακριβώς, μην καθυστερείς καθόλου. Φύτεψε το αμέσως».



Ο καθηγητής Yervant Terzian (09/02/1939 - 25/11/2019) υπήρξε πρόεδρος του Τμήματος Αστρονομίας του Πανεπιστημίου Cornell. Το κείμενο αυτό αποτελεί αναπαραγωγή της ομιλίας που εξεφώνησε στα Ελληνικά, κατά την αναγόρευση του σε Επίτιμο Διδάκτορα του Τμήματος Φυσικής, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης το 1997 και δημοσιεύτηκε στο ένθετο «Νέες Εποχές» της εφημερίδας «ΤΟ ΒΗΜΑ» στις 11/05/1997.

Λίγα λόγια για τον Καθ. Yervant Terzian



Ο Δρ. Yervant Terzian κατάφερε ως ερευνητής να συνεισφέρει σημαντικά σε πολλούς τομείς, ενώ ως καθηγητής ενέπνευσε και μετέδωσε σε πολλούς το μικρόβιο της αστρονομίας και τον ενθουσιασμό του γι' αυτή. Προικισμένος με αποφασιστικότητα, ικανότητες, ευφυΐα και τρομερή αίσθηση υπευθυνότητας, έζησε μια απίθανη ζωή. Ο Terzian διοχέτευσε το έντονο πάθος του για την γνώση και την εκπαίδευση στον κλάδο της ραδιοαστρονομίας καθώς και στο ευρύτερο πλαίσιο της αστροφυσικής. Διορίστηκε επικεφαλής του Τμήματος Αστρονομίας του Πανεπιστήμιου Cornell και συνέβαλε σημαντικά ώστε αυτό μικρό Τμήμα Αστρονομίας να μετατραπεί σε ένα από τα πιο ανεπτυγμένα κι εξελιγμένα τμήματα του κόσμου. Από πολύ μικρός είχε ήδη αποφασίσει πως επρόκειτο να ασχοληθεί με την αστρονομία.

Ο Terzian γεννήθηκε στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου, σε μια οικογένεια που δεν μπορούσε να προσφέρει παρά τα πλέον απαραίτητα. Μερικά χρόνια αργότερα έμαθε να διαβάζει και να μιλάει αγγλικά, με στόχο να μπορεί να διαβάζει τα βιβλία αστρονομίας στην αμερικανική βιβλιοθήκη του Καΐρου. Εκεί, ο βιβλιοθηκάριος, ο οποίος ήταν εντυπωσιασμένος από τον ενθουσιασμό του μικρού Yervant, βλέποντας τον να έχει εξαντλήσει ολόκληρη τη συλλογή της βιβλιοθήκης, του δώρισε καινούρια βιβλία αστρονομίας. Στην ηλικία των 17 ετών εισήχθη στο Αμερικανικό Πανεπιστήμιο του Καΐρου, όπου έλαβε το πτυχίο του το 1962. Αφότου κατάφερε να ξεπεράσει τα γραφειοκρατικά εμπόδια που υπήρχαν για όσους προέρχονταν από εθνικές μειονότητες μετά την «αιγυπτιακή επανάσταση» του 1952 και την πτώση του βασιλιά Φαρούκ, μετανάστευσε στις Η.Π.Α. και ξεκίνησε τις διδακτορικές του σπουδές στην αστροφυσικής στο Πανεπιστήμιο Bloomington της Ιντιάνα. Αυτός ο κύκλος σπουδών του ολοκληρώθηκε το 1967. Η διδακτορική του διατριβή, η οποία διεξήχθη στο Εθνικό Παρατηρητήριο Ραδιοαστρονομίας στη Δυτική Βιρτζίνια, ήταν η αρχή μιας αδιάκοπης προσφοράς προς την επιστημονική κοινότητα, συμβάλλοντας σημαντικά στο να γίνουν αντιληπτές ιδέες και έννοιες σχετικά με την ύλη και τη ραδιενέργεια που υπάρχουν στο σύμπαν. Στις αρχές του 1967 συμμετέχει για πρώτη φορά στην επιστημονική ομάδα του παρατηρητηρίου του Arecibo στο Πουέρτο Ρίκο, το οποίο παρεμπιπτόντως διοικούταν από το Πανεπιστήμιο Cornell. Το 1979 ο Terzian διορίστηκε επικεφαλής του Τμήματος Αστρονομίας, θέση στην οποία παρέμεινε για 20 έτη και αποτέλεσε τεράστια διαθήκη για το όραμά του, τις διπλωματικές του ικανότητες και τη μεγάλη αίσθηση υπευθυνότητας προς το πανεπιστήμιο, τους συναδέλφους και τους μαθητές του.

Υπήρξε ένας ακούραστος πρωταθλητής του επιστημονικού αλφαβητισμού και αλληλεπιδρούσε συχνά με το κοινό, σχετικά με διάφορες σημαντικές ανακαλύψεις για τους πλανήτες, τους αστέρες, τις μαύρες τρύπες και τους γαλαξίες. Ίδρυσε την ομάδα φίλων αστρονομίας «Friends of Astronomy» (FoA), με μέλη από το πανεπιστήμιο. Πέρα από την κοινότητα της Αμερικής, την οποία υπηρέτησε πιστά εφόσον του έδειξε τόσο μεγάλη εμπιστοσύνη, ο Terzian βοήθησε σημαντικά τόσο την αρμενική όσο και την ελληνική επιστημονική κοινότητα. Αμέσως μετά την πτώση της Σοβιετικής Ένωσης και την ολοκληρωτική οικονομική κατάρρευση της Αρμενίας, ο Yervant και οι συνάδελφοί του δημιούργησαν το επιτυχημένο Αρμενικό Εθνικό Ίδρυμα Επιστήμης και Εκπαίδευσης, με σκοπό την εύρεση πόρων και τη στήριξη των Αρμενίων επιστημόνων. Επιπρόσθετα, υπήρξε ιδρυτικό μέλος της Ελληνικής (1993)και της Αρμενικής Αστρονομικής Κοινότητας (2001).

Η επιστημονική, τεχνολογική κι ερευνητική ανάπτυξη οφείλεται σε τεράστιο βαθμό στις δράσεις του Terzian, κι αυτό δεν παύει η αρμενική πολιτεία να του το αναγνωρίζει επικροτώντας τον με κάθε ευκαιρία. Η Ελλάδα τον έχει τιμήσει ιδιαιτέρως, αφού μια από τις σημαντικότερες διακρίσεις, πέρα από την πλειάδα διεθνών βραβείων που κέρδισε παγκοσμίως, ήταν η αναγόρευσή του σε επίτιμο διδάκτορα του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης το 1997. Υπήρξε συγγραφέας σε πάνω από 235 επιστημονικές δημοσιεύσεις και editor σε επτά βιβλία, με το πιο διάσημο το Σύμπαν του Carl Sagan's (Cambridge University Press)

Πηγές

- ***https://armenika.gr/prosopa/170-epistimones/931-2020-02-07-12-27-42***
- ***https://astro.cornell.edu/news/nasa-awards-its-highest-honor-yervant-terzian***
- ***https://events.cornell.edu/event/2021_yervant_terzian_lecture_in_astrophysics***
- ***https://blogs.iu.edu/sciu/2019/05/07/value-free-sci-part-1/***
- ***https://en.wikipedia.org/wiki/Yervant_Terzian***

υπολογιστές δεξαμενής (Reservoir Computers)

τα δυναμικά συστήματα συναντούν την Μηχανική Μάθηση

Γιάννης Αντωνιάδης
Ε.ΔΙ.Π.
Τμήματος Φυσικής

Είναι γνωστός ο παγκόσμιος αναβρασμός που έχουν προκαλέσει οι ραγδαίες εξελίξεις στο χώρο της Τεχνητής Νοημοσύνης (ΤΝ) και της Μηχανικής Μάθησης (ΜΜ) τα τελευταία χρόνια. Σημαντικές δομικές αναβαθμίσεις παραδοσιακών μεθόδων (τεχνητά νευρωνικά δίκτυα) αλλά και εντελώς νέες προσεγγίσεις (όπως π.χ. οι "Transformers" της Google [1]) έχουν δώσει εντυπωσιακά αποτελέσματα σε έξυπνες εφαρμογές, όπως η κατανόηση ή επεξεργασία φυσικής γλώσσας (NLU, NLP), η μετάφραση κειμένων, η αναγνώριση ή κατηγοριοποίηση εικόνων και γενικότερα οποιασδήποτε μορφής πληροφορίας, και τέλος, η κατασκευή τεχνητού κειμένου, εικόνας ή ήχου τόσο εντυπωσιακής ποιότητας ώστε να είναι δυσδιάκριτα ακόμα και από αντίστοιχες ανθρώπινες δημιουργίες. Η επιτυχία των νέων τεχνολογιών ΤΝ και ΜΜ οφείλεται στην αποτελεσματικότητα των βελτιωμένων αλγορίθμων επεξεργασίας γνώσης στους οποίους βασίζονται, στην διαθεσιμότητα πληθώρας ελεύθερων δεδομένων που είναι απαραίτητα για την εκπαίδευσή τους και τέλος στις αυξημένες δυνατότητες των σημερινών υπολογιστών, έστω και εάν αυτοί βασίζονται ακόμα στην πεπαλαιωμένη μεν αλλά καλά κρατούσα τεχνολογία πυριτίου (CMOS).

Τεχνητή νοημοσύνη & Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Από την άλλη μεριά έχουμε την ανάπτυξη όλο και περισσότερων συσκευών ή μικροσυσκευών που εγκαθίστανται στο περιβάλλον ή ενσωματώνονται σε άλλες συσκευές, και οι οποίες είτε συλλέγουν δεδομένα (π.χ. διάφοροι τύποι αισθητήρων), είτε πραγματοποιούν κάποια εργασία (ενεργοποιητές - actuators). Η (κυρίως ασύρματη) επικοινωνία των συσκευών αυτών μεταξύ τους και με εξυπηρετητές (servers) μέσω διαδικτύου αποτελεί αυτό που είναι γνωστό ως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT). Οι ενσωματωμένες αυτές συσκευές δεν διαθέτουν συνήθως επεξεργαστική ισχύ και συνεπώς δεν μπορούν να εκτελέσουν από μόνες τους υπολογισμούς ή έξυπνες διεργασίες: είναι παθητικοί συλλέκτες/αναμεταδότες δεδομένων ή παθητικοί εκτελεστές εργασιών μετά από εντολές που λαμβάνουν από κάποια άλλη συσκευή. Ο λόγος που δεν διαθέτουν επεξεργαστική ισχύ (π.χ. CPU μνήμη) είναι ότι κάτι τέτοιο θα αύξανε κατά πολύ το κόστος τους, τον όγκο τους αλλά κυρίως τις ενεργειακές απαιτήσεις τους. Επειδή οι συσκευές αυτές χρειάζεται να είναι μικρές, φτηνές και να καταναλώνουν ελάχιστη ενέργεια (καθώς χρειάζεται να λειτουργούν συνήθως με μπαταρίες) είναι πολύ πιο συμφέρον, όταν χρειάζεται να εκτελεστούν κάποιοι υπολογισμοί, να στέλνουν δεδομένα ασύρματα μέσω IoT σε συσκευή που διαθέτει επεξεργαστή (π.χ. έναν PC Server ή ένα κινητό τηλέφωνο), η οποία να πραγματοποιεί τους υπολογισμούς και να επικοινωνεί τα αποτελέσματα (εάν χρειάζεται) προς την αρχική συσκευή. Κάτι τέτοιο αρκεί και βολεύει σε πολλές εφαρμογές. Υπάρχουν περιπτώσεις όμως που θα ήταν πολύ προτιμότερο οι υπολογισμοί να γίνονται σε πραγματικό χρόνο πάνω στην ίδια την ενσωματωμένη συσκευή, δηλαδή η επεξεργαστική ισχύς να είναι άμεσα διαθέσιμη εκεί όπου χρειάζεται, κάτι που είναι γνωστό με τον όρο «υπολογιστική ακμής» (edge computing). Για παράδειγμα, σε συσκευές όπως μικρο-drones ή ρομπότ που απαιτείται να δρουν *αυτόνομα* στο πεδίο (π.χ. να αναγνωρίζουν οπτικά το περιβάλλον τους ώστε να κινούνται χωρίς εξωτερική πλοήγηση), είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενσωματωμένης επεξεργαστικής ισχύος. Με παραδοσιακούς ψηφιακούς επεξεργαστές και μνήμες τεχνολογίας πυριτίου όμως, κάτι τέτοιο φέρει τα τρία μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω: αύξηση όγκου, κόστους και κατανάλωσης ενέργειας.

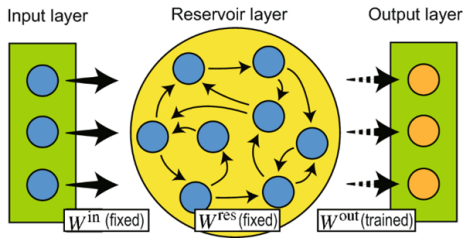
Αναλογική & νευρόμορφη υπολογιστική

Κάπου εδώ, τα τελευταία χρόνια, διαφάνηκε η ανάγκη αναβίωσης ενός παλαιού υπολογιστικού προτύπου (παλαιότερου ακόμα και από τους πρώτους ψηφιακούς υπολογιστές), αυτό των αναλογικών υπολογιστών. Στους αναλογικούς υπολογιστές η κωδικοποίηση της πληροφορίας γίνεται με συνεχή (αναλογικά) σήματα (σε αντίθεση με τα ψηφιακά που είναι μια αλληλουχία από 0 και 1), ενώ οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με αναλογικό τρόπο, δηλαδή με συνεχείς μετασχηματισμούς των σημάτων (σε αντίθεση με τις ψηφιακές πύλες που μετασχηματίζουν σειρές από 0 και 1). Ο πιο γνωστός «αναλογικός» υπολογιστής είναι ο εγκέφαλος μας, ο οποίος επεξεργάζεται συνεχείς παλμούς ηλεκτρικών τάσεων μέσω δισεκατομμυρίων κυττάρων (νευρώνες) που διασυνδέονται μεταξύ τους σχημα-

τίζοντας ένα πολύπλοκο νευρωνικό δίκτυο. Οι ηλεκτρικοί παλμοί στους νευρώνες είναι συνεχείς στο χρόνο. Από την άλλη μεριά, τα «Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα» (Artificial Neural Networks - ANN), αποτελούν προσομοίωση των πραγματικών νευρωνικών δικτύων σε διακριτό χρόνο, δηλαδή η κατάσταση του κάθε νευρώνα ανανεώνεται σε διακριτά βήματα, όχι συνεχώς. Οποιοδήποτε φυσικό σύστημα προσομοιάζει ένα βιολογικό νευρωνικό δίκτυο λειτουργώντας με συνεχή σήματα και σε συνεχή χρόνο, είναι υλοποίηση ενός υπολογιστικού προτύπου που ονομάζεται «νευρόμορφη υπολογιστική» (neuromorphic computing), μία κατηγορία του γενικότερου αναλογικού υπολογιστικού προτύπου. Βασικό χαρακτηριστικό του προτύπου αυτού, είναι ότι μπορεί να λειτουργήσει με πολύ χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος από ό,τι ένας ψηφιακός υπολογιστής τεχνολογίας πυριτίου, ενώ μπορεί να υλοποιηθεί με πολύ απλά και φτηνά ηλεκτρικά στοιχεία.

Υπολογιστές Δεξαμενής

Στο σημείο αυτό έρχεται να συμβάλει μια ειδική κατηγορία υπολογιστικών συσκευών που ονομάζονται *Υπολογιστές Δεξαμενής* (Reservoir Computers – RC). Από πολλούς οι RC θεωρούνται μια ειδική περίπτωση ANN – και πράγματι μια υλοποίηση RC μπορεί να μοιάζει με ένα ANN και ειδικότερα με μια κατηγορία ANN που ονομάζονται Recursive Neural Nets (RNN) - αλλά γενικότερα οι RC μπορούν να υλοποιηθούν και με άλλα συστήματα που δεν είναι νευρωνικά δίκτυα. Στην πιο γενική του μορφή, ένας RC περιλαμβάνει τη *Δεξαμενή* (*Reservoir*), η οποία είναι ένα σύνολο από N όμοια δυναμικά συστήματα - τους *κόμβους* (nodes) οι οποίοι διασυνδέονται μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Ο κάθε κόμβος είναι ένα *μη-γραμμικό* δυναμικό σύστημα που περιλαμβάνει εν γένει μία ή περισσότερες δυναμικές μεταβλητές $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots)$ που εξελίσσονται σε συνεχή ή διακριτό χρόνο. Σε κάθε χρονική στιγμή (ή βήμα χρόνου) ο κάθε κόμβος i της δεξαμενής δίνει το σήμα $\mathbf{x}_i$ ως είσοδο προς έναν κόμβο j με τον οποίο συνδέεται, αφού το σήμα πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή βαρύτητας w_{ij}. Οι συντελεστές βαρύτητας επιλέγονται τυχαία από ομοιόμορφη κατανομή πιθανότητας στο διάστημα [-1,1]. Ο πίνακας N x N $\mathbf{W}=[w_{ij}]$ των συντελεστών βαρύτητας των εσωτερικών διασυνδέσεων της δεξαμενής δεν εκπαιδεύεται, δηλαδή τα βάρη w_{ij} παραμένουν σταθερά. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα συνήθη ANN, στα οποία ο πίνακας των βαρών εκπαιδεύεται. Επίσης, ο κάθε κόμβος της δεξαμενής λαμβάνει στην είσοδό του ένα σήμα $\mathbf{u}(t)$ (ή $\mathbf{u}(n)$ για διακριτό χρόνο), το οποίο είναι εν γένει ένα διάνυσμα διάστασης k. Η κάθε συνιστώσα j του $\mathbf{u}$ πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή βαρύτητας w_{ij}^{in} (ομοίως επιλεγμένο από ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα [-1,1]) και προστίθεται ως είσοδος στον κόμβο i της δεξαμενής. Ο πίνακας kxN των βαρών $\mathbf{W}_{in}=[w_{ij}^{in}]$ παραμένει ομοίως σταθερός και δεν εκπαιδεύεται.



Σχήμα 1: Γενική σχηματική παράσταση ενός Υπολογιστή Δεξαμενής

Το συνολικό σήμα εξόδου της δεξαμενής είναι ένα διάνυσμα $\mathbf{y}(t)$ (ή $\mathbf{y}(n)$ διάστασης r) που προκύπτει ως εξής: Η εσωτερική μεταβλητή $\mathbf{x}_i$ κάθε κόμβου i πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή βαρύτητας Από τον πίνακα r x N $\mathbf{W}_{out}=[w_{ij}^{out}]$ των βαρών εξόδου λαμβάνεται η το σήμα εξόδου $\mathbf{y}$ από την παρακάτω εξίσωση:

$$y = \varphi\,(\mathbf{W}_{out} \cdot \mathbf{X}) \qquad (1)$$

όπου $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ είναι το διάνυσμα όλων των εσωτερικών μεταβλητών των N κόμβων της δεξαμενής της χρονική στιγμή t και φ μια οποιαδήποτε συνάρτηση. Συνήθως επιλέγεται ως φ, η απλή γραμμική συνάρτηση. Η χρονική εξέλιξη των εσωτερικών μεταβλητών της δεξαμενής ακολουθεί ένα σύστημα εξισώσεων διαφορών (εάν ο χρόνος είναι διακριτός) ή ένα σύστημα μη-γραμμικών διαφορικών εξισώσεων, εάν ο χρόνος είναι συνεχής. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε:

$$\mathbf{x}(n+1) = \alpha\mathbf{x}(n) + (1-\alpha)\boldsymbol{F}(\mathbf{W} \cdot \mathbf{x}(n) + \mathbf{W}_{in} \cdot \mathbf{u}_{n+1}) \qquad (2)$$

όπου $\boldsymbol{F}$ είναι μία μη-γραμμική συνάρτηση που καθορίζεται από το δυναμικό σύστημα που αντιπροσωπεύουν οι κόμβοι. Εάν ο κόμβος προσομοιώνει έναν νευρώνα, τότε η συνάρτηση αυτή είναι μία σιγμοειδής (όπως π.χ. η αντίστροφη εφαπτομένη). Στην περίπτωση αυτή η δεξαμενή συμπεριφέρεται ως νευρωνικό δίκτυο. Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί μια οποιαδήποτε άλλη μη-γραμμική συνάρτηση. Η παράμετρος α ($0 < \alpha < 1$) είναι ο ρυθμός διαρροής (leaking rate) και αντιπροσωπεύει το ποσοστό από το οποίο εξαρτάται η κατάσταση ενός κόμβου μια δεδομένη χρονική στιγμή από την κατάσταση του την προηγούμενη χρονική στιγμή, σε σχέση με την εξάρτησή της από την κατάσταση των άλλων κόμβων.

Ο πίνακας $\mathbf{W}_{out}$ *εκπαιδεύεται*, δηλαδή τα βάρη w_{ij}^{out} ρυθμίζονται έτσι ώστε η έξοδος $y(t)$ να προσαρμόζεται όσο γίνεται καλύτερα σε ένα προκαθορισμένο αντίστοιχο διάνυσμα $\mathbf{y}_{target}(t)$ (το δείγμα

εκπαίδευσης της δεξαμενής) σε κάθε χρονική στιγμή t (ή χρονικό βήμα n). Δηλαδή θέλουμε να καθορίσουμε το $\mathbf{W}_{out}$ έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί κάποιο μέτρο που καθορίζει την απόσταση μεταξύ του σήματος εξόδου $y(t)$ της δεξαμενής και του $\mathbf{y}_{target}(t)$, όπως π.χ. το μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE) ή το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE):

$$MSE = \frac{1}{N_t}\sum_n \mathbf{y}_{target}(n) - \mathbf{y}(n)^{\,2} \qquad (3)$$

όπου N_t είναι το μήκος της χρονοσειράς του δείγματος εκπαίδευσης $y_{target}(t)$. Αποδεικνύεται ότι ο καθορισμός των στοιχείων του $\mathbf{W}_{out}$ αποτελεί ένα απλό πρόβλημα *προσαρμογής* ελάχιστων τετραγώνων που λύνεται σε ένα μόνον βήμα με την αναστροφή ενός υπερκαθορισμένου συστήματος γραμμικών εξισώσεων:

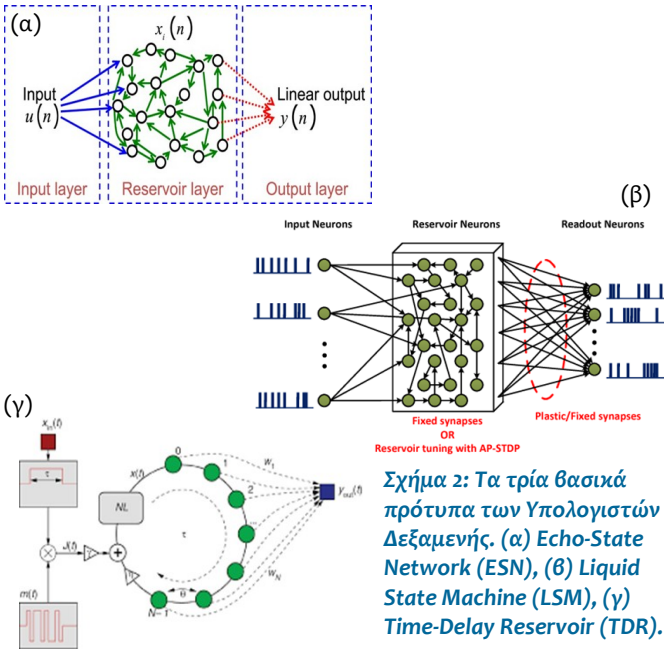
$$\mathbf{W}_{out} = \mathbf{Y}_{target}^{\dagger} \cdot \overline{\overline{\mathbf{X}}} \qquad (4)$$

όπου $\mathbf{Y}_{target}^{\dagger}$ είναι ο ψευδο-ανάστροφος του $N_t \times r$ πίνακα $\mathbf{Y}_{target}(t)$, του οποίου κάθε σειρά είναι το διάνυσμα $\mathbf{y}_{target}(t)$ τη χρονική στιγμή n και $\overline{\overline{\mathbf{X}}}$ ο πίνακας $N_t \times N$ του οποίου κάθε σειρά είναι το διάνυσμα των N εσωτερικών μεταβλητών της δεξαμενής $\mathbf{X}(n)$ τη χρονική στιγμή n. Η αντιστροφή του συστήματος αυτού γίνεται με κάποια από τις γνωστές προσεγγιστικές μεθόδους. Εδώ βρίσκεται η μεγάλη διαφορά μεταξύ της εκπαίδευσης του RC και ενός παραδοσιακού νευρωνικού δικτύου: Στο πρώτο, η εκπαίδευση γίνεται σε ένα μόνον βήμα και αφορά τον καθορισμό του πλήθους r x N ελεύθερων μεταβλητών του πίνακα των βαρών εξόδου, ενώ στο δεύτερο η εκπαίδευση γίνεται σε πολλά βήματα με τη μέθοδο του back-propagation και αφορά τις $N \times N$ *εσωτερικές* μεταβλητές του πίνακα βαρών των κρυμμένων επιπέδων του νευρωνικού *συν* τα βάρη εξόδου. Για μεγάλο αριθμό κόμβων N (που μπορεί να είναι και εκατοντάδες) ο χρόνος εκπαίδευσης του RC σε σχέση με τον τυπικό χρόνο εκπαίδευσης ενός κλασικού ANN μπορεί να είναι τάξεις μεγέθους μικρότερος! Αυτό είναι το πρώτο και μεγαλύτερο πλεονέκτημα του RC έναντι των νευρωνικών δικτύων. Μετά την εκπαίδευσή τους ελπίζουμε ότι η δεξαμενή «έχει μάθει» τη δυναμική του συστήματος από το οποίο εξήχθησαν τα δεδομένα εκπαίδευσης και μπορεί να αναπαράγει χαρακτηριστικά μεγέθη του συστήματος, αφού του δοθεί ένα άγνωστο δείγμα δεδομένων στην είσοδο. Με άλλα λόγια, το RC «*μιμείται*» το εν λόγω σύστημα. Έστω, για παράδειγμα, ότι θέλουμε το RC να προβλέπει τον καιρό στη Θεσσαλονίκη. Εκπαιδεύουμε τον RC με ένα επαρκώς μεγάλο δείγμα από παρελθοντικές γνωστές χρονοσειρές θερμοκρασίας, πίεσης, ταχύτητας ανέμων κλπ. ώστε να προβλέπει τα αντίστοιχα μεγέθη για τις επόμενες π.χ. 4-5 ημέρες πάνω στο δείγμα εκπαίδευσης. Εάν έχει «μάθει» το RC επαρκώς το φυσικό σύστημα που καθορίζει τον καιρό της Θεσσαλονίκης μέσω της ρύθμισης των στοιχείων του $\mathbf{W}_{out}$, ελπίζουμε ότι μπορεί να επιτύχει τις αντίστοιχες προβλέψεις για το (άγνωστο) μέλλον.

Αναρωτιέται κανείς εάν, μετά την εκπαίδευσή τους, οι υπολογιστές δεξαμενής μπορούν να συναγωνιστούν σε αποτελεσματικότητα τα κλασικά νευρωνικά δίκτυα τύπου RNN, όπως για παράδειγμα τα ANN-LSTM ή τα CNN-LSTM. Η απάντηση είναι πώς όχι μόνον τα συναγωνίζονται επάξια, αλλά σε πολλές περιπτώσεις δίνουν καλύτερα αποτελέσματα, ειδικά σε προβλήματα πρόβλεψης χρονοσειρών. Ιδιαίτερα για πρόβλεψη χρονοσειρών που προέρχονται από χαοτικά συστήματα λίγων βαθμών ελευθερίας, οι RC μπορούν να μιμηθούν το πρωτότυπο σύστημα ως προς την μελλοντική εξέλιξη των δυναμικών μεταβλητών του σε βάθος χρόνου, σχεδόν τόσο καλά όσο το ίδιο το πρωτότυπο σύστημα. [2] Και όλα αυτά σε ένα μικρό κλάσμα του χρόνου εκπαίδευσης σε σχέση με ένα κλασικό νευρωνικό δίκτυο!

Τα βασικά πρότυπα RC

Εδώ παρουσιάζονται τα τρία βασικά πρότυπα RC που χρησιμοποιούνται στην πράξη.



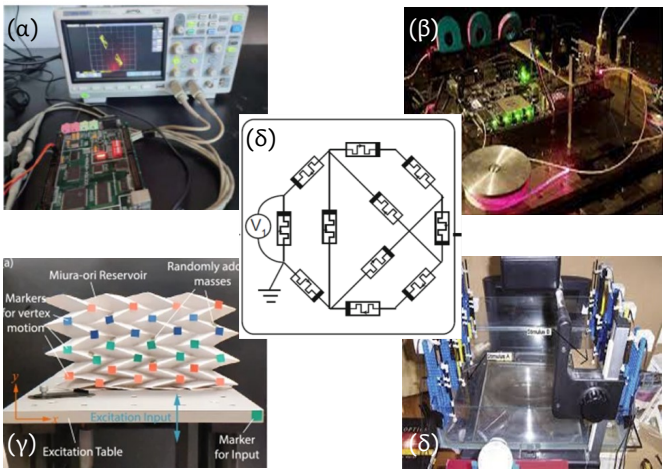
Σχήμα 2: Τα τρία βασικά πρότυπα των Υπολογιστών Δεξαμενής. (α) Echo-State Network (ESN), (β) Liquid State Machine (LSM), (γ) Time-Delay Reservoir (TDR).

1. Echo-State Networks (ESN): Είναι το πρώτο πρότυπο RC που εμφανίστηκε στη βιβλιογραφία [2-5]. Ένα ESN λειτουργεί σε διακριτό χρόνο και περιγράφεται από τις εξισώσεις (1)-(4) (Σχήμα 2(α)). Στους ESN, ο κάθε κόμβος είναι ένας *νευρώνας*, δηλαδή ένα μη γραμμικό σύστημα του οποίου η έξοδος είναι θετική για ένταση σήματος εισόδου πάνω από ένα καθορισμένο κατώφλι και μηδέν όταν είναι κάτω από αυτό. Στην πράξη χρησιμοποιείται μια συνεχής σιγμοειδής συνάρτηση ως η **F** που εμφανίζεται

στην (2), όπως π.χ. η αντίστροφη εφαπτομένη. Στους ESN οι μεταβλητές **u**(*n*), **x**(*n*) και **y**(*n*) παίρνουν συνεχείς τιμές. Τίθεται επίσης ένας περιορισμός για τη φασματική ακτίνα του πίνακα των βαρών **W** ώστε η ακολουθία των μεταβλητών **x**(*n*) να παραμένει πεπερασμένη.

2. Τα **Liquid State Machines (LSM),** εμφανίστηκαν σχεδόν ταυτόχρονα με τα ESN. [4,6] Όπως και οι ESN έχουν κόμβους που συμπεριφέρονται ομοίως ως νευρώνες με τη διαφορά ότι α) δουλεύουν σε συνεχή χρόνο και β) τα σήματα **u**(*t*), **x**(*t*) και **y**(*t*) παίρνουν μόνον τιμές 0 και 1, είναι δηλαδή τετραγωνικοί παλμοί (Σχήμα 2(β)). Οι νευρώνες αυτοί ονομάζονται *spiking neurons* και μοιάζουν στον τρόπο λειτουργίας με τους φυσικούς νευρώνες ενός ανθρώπινου εγκέφαλου. Η πληροφορία στο σήμα εισόδου και εξόδου κωδικοποιείται μέσω των χρονικών αποστάσεων μεταξύ διαδοχικών τετραγωνικών παλμών.

3. Τα **Time Delay Reservoirs (TDR)** που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται επίσης και ως Delayed Feedback Reservoirs (DFR), είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα παραλλαγή των LSM. [7] Λειτουργούν επίσης με τετραγωνικούς παλμούς και σε συνεχή χρόνο, αλλά περιλαμβάνουν έναν μόνον φυσικό κόμβο-νευρώνα και *N*-1 *εικονικούς* κόμβους (virtual nodes), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2(γ). Το σήμα εισόδου εισέρχεται στον φυσικό κόμβο, του οποίου η έξοδος **x**(*t*) εισέρχεται σε μια κλειστή γραμμή χρονικής υστέρησης (time-delay line/loop). Κάθε συγκεκριμένο βήμα υστέρησης χρόνου τ η τιμή **x**(*t* - *i*·τ) αποτελεί την τιμή της καταστατικής μεταβλητής του *i*-οστού εικονικού κόμβου. Η τιμή του σήματος εξόδου **y**(*t*), προκύπτει ως το άθροισμα όλων των w_i^{out}**x**(*t* - *i*·τ), όπου w_i^{out} τα αντίστοιχα (εκπαιδεύσιμα) βάρη εξόδου. Η τιμή του τελευταίου εικονικού κόμβου **x**(*t* - (*N* -1)·τ), προστίθεται μαζί με



Σχήμα 3: Διάφορες φυσικές υλοποιήσεις Υπολογιστών Δεξαμενής (α) Ηλεκτρονική υλοποίηση ενός TDR, [21] (β) Οπτικό TDR με διάταξη laser, [20] (γ), Ένας μηχανικός RC "origami", [21] (δ) Υδραυλικός RC ,[8] (ε) Δίκτυο Μνημοαντιστατών (memristior network) [8].

το σήμα εισόδου **u**(*t*) ως είσοδος στον πραγματικό κόμβο. Έτσι κλείνει ο «βρόχος» υστέρησης. Προφανώς, το μεγάλο πλεονέκτημα των TDR είναι ότι έχουν μόνον έναν φυσικό κόμβο, άρα εξοικονομούν το μέγιστο σε υλικά διασύνδεσης των κόμβων. Τα TDR υλοποιούνται εύκολα και με απλά ηλεκτρονικά αλλά και με οπτικά σήματα (laser).

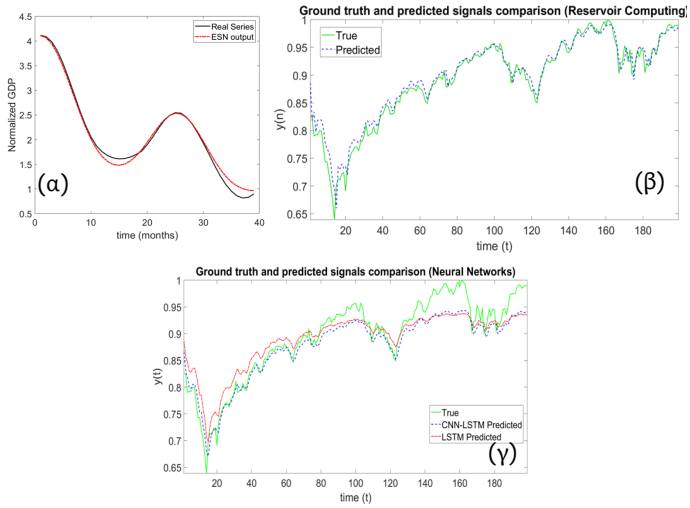
Φυσική υλοποίηση των RC

Προφανώς μπορούμε να προσομοιώσουμε έναν RC γράφοντας κώδικα πχ. σε PYTHON, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (1)-(4) και εκτελώντας τον κώδικα σε ένα PC, όπως ακριβώς κάνουμε και με ένα ANN. Όμως, ο στρατηγικός στόχος πίσω από τους RC είναι να υλοποιηθούν με πραγματικά φυσικά συστήματα και να δουλέψουν ως αναλογικοί υπολογιστές, κάτι που έχει τα προτερήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, ειδικά για εφαρμογές IoT. Στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί πολλές υλοποιήσεις με διάφορα φυσικά συστήματα. [8] Τα πιο πρακτικά είναι αυτά με χρήση απλών ηλεκτρικών στοιχείων χαμηλής κατανάλωσης ισχύος (ηλεκτρονικά RC), [10] όπως φαίνεται στο Σχήμα 3 (α). Μια άλλη εφαρμογή (Σχήμα 3(β)) είναι με οπτικά συστήματα laser (οπτικά RC). Τέλος, περισσότερο για ακαδημαϊκούς σκοπούς, έχουν παρουσιαστεί RC (Σχήμα 3(γ)) όπου το δυναμικό σύστημα του κάθε κόμβου είναι ένας μη-γραμμικός μηχανικός ταλαντωτής ("origami" RC) και «υδραυλικοί» RC (Σχήμα 3 (δ)). Όσον αφορά υλοποιήσεις κατάλληλες για ενσωματωμένα συστήματα σε ηλεκτρονικές συσκευές IoT, πολύ ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα λεγόμενα δίκτυα μνημοαντιστατών (memristor networks) (Σχήμα 3(ε)). [11-17] Σε αυτά, ο κάθε κόμβος είναι ένας μνημοαντιστάτης (memristor), το περίφημο τέταρτο ηλεκτρικό στοιχείο που συμπληρώνει την τριάδα ωμικού αντιστάτη, πηνίου, πυκνωτή, το οποίο προέβλεψε ο L. O. Chua το 1971 [18] και υλοποίησαν πρώτη φορά ερευνητές της Hewlett-Packard το 2008. [19] Το μεγάλο πλεονέκτημα των μνημοαντιστατών είναι ότι είναι μη-γραμμικά παθητικά ηλεκτρικά στοιχεία που καταναλώνουν ελάχιστη ισχύ. Το μεγάλο τους μειονέκτημα είναι ότι δεν έχουν εύρωστη συμπεριφορά στο χρόνο (τουλάχιστον οι μέχρι σήμερα γνωστές υλοποιήσεις) κάτι που μειώνει την αξιοπιστία τους.

Εφαρμογές των RC, παραδείγματα, τρέχουσα έρευνα και προοπτικές

Οι διάφοροι τύποι RC έχουν εφαρμοστεί σε όλες τις τυπικές εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων. Αυτές περιλαμβάνουν εργασίες πρόβλεψης χρονοσειρών αλλά και εργασίες κατηγοριοποίησης (classification tasks). Υπάρχει πληθώρα ερευνών με χρήση RC το τελευταίο χρονικό διάστημα είτε με προσομοιώσεις είτε με υλικό (ηλεκτρονικές κυρίως

υλοποιήσεις) σε προβλήματα στην ιατρική/βιοπληροφορική (EEG, ECG, βιομετρία), [14,15] οικονομία [9], αναγνώριση εικόνας/ήχου, [16, 17] ασφάλεια διαδικτύου και σε πολλές άλλες, όπως στην κρυπτογραφία.



Σχήμα 4: Εφαρμογή ενός RC τύπου ESN στην πρόβλεψη χρονοσειρών: (α) Πρόβλεψη μιας χαοτικής χρονοσειράς (έρευνα του συγγραφέα υπό εξέλιξη). Πρόβλεψη του κλεισίματος του χρηματιστηριακού δείκτη S&P 500 (β) με ESN και (γ) με νευρωνικά δίκτυα τύπου LSTM (εικόνες από [9]).

Μερικά παραδείγματα εφαρμογών που δείχνουν την αποτελεσματικότητα των RC φαίνονται στο Σχήμα 4. Στο Σχήμα 4(α) φαίνεται μια χαοτική χρονοσειρά που εξήχθη από ένα μη-γραμμικό μακροοικονομικό μοντέλο που δίνει την εξέλιξη του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (GDP) μιας χώρας σε συνάρτηση με το χρόνο (μαύρη γραμμή). Με κόκκινο φαίνεται η πρόβλεψη από ένα RC τύπου ESN. Ο ESN εκπαιδεύτηκε ώστε με παρελθοντικά δεδομένα 28 μηνών να προβλέπει τους επόμενους 39 μήνες. Βλέπουμε ότι ο RC αναπαράγει την πραγματική χρονοσειρά με ~99% συντελεστή συσχέτισης. Στο Σχήμα 4(β) φαίνεται η πρόβλεψη του κλεισίματος του χρηματιστηριακού δείκτη S&P 500 της επόμενης ημέρας από αντίστοιχα εκπαιδευμένο ESN 250 κόμβων, ενώ στο Σχήμα 4(γ) η αντίστοιχη πρόβλεψη από ένα νευρωνικό δίκτυο τύπου LSTM. Ο Πίνακας 1 δείχνει την αντίστοιχη σύγκριση της αποτελεσματικότητας αλλά και των χρόνων εκπαίδευσης μεταξύ του ESN και των LSTM. Τα RC τύπου ESN είχαν καλύτερα αποτελέσματα ενώ χρειάστηκαν περίπου 60 φορές μικρότερο χρόνο εκπαίδευσης από τα LSTM!

Την τελευταία πενταετία η βασική και εφαρμοσμένη έρευνα πάνω στους υπολογιστές δεξαμενής βρίσκεται σε σταθερή άνοδο. Ένα βασικό ερώτημα αφορά την βελτιστοποίηση της τοπολογίας και γεωμετρίας της δεξαμενής ώστε α) να ελαχιστοποιούνται οι πόροι για την κατασκευή τους, β) να παραμένει η αποτελεσματικότητά τους σε υψηλά επίπεδα. Υλοποιήσεις RC με άλλες τεχνολογίες όπως δίκτυα

Πίνακας 1: Σύγκριση μεταξύ ESN RC και νευρωνικών δικτύων τύπου LSTM στην πρόβλεψη του δείκτη S&P 500. Είναι χαρακτηριστική η διαφορά στους χρόνους εκπαίδευσης αλλά και στην αποτελεσματικότητα της πρόβλεψης. Ο πίνακας είναι από την αναφορά [9].

Model	*RMSE*	*MAE*	*Training time*	*Trends*	*Trends %*
LSTM	0.03	0.0249	6 min.	124/198	62.6
CNN-LSTM	0.025	0.02	10 min.	126/198	64.1
ESN	0.0117	0.0085	10 sec.	136/198	68.7

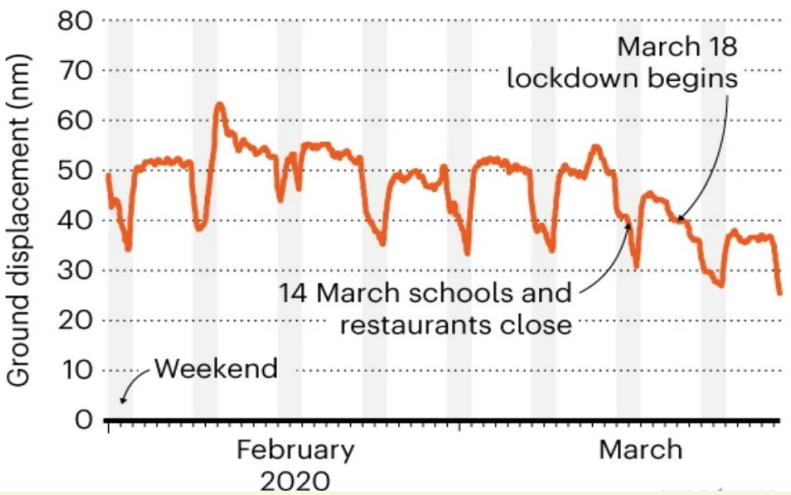
από spin (κβαντικά RC) είναι επίσης ερευνητικός στόχος [22] όπως και η πιο αποτελεσματική κατασκευή ηλεκτρονικών RC ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο όγκος και η κατανάλωση ενέργειας. [13] Τέλος, ερευνητικές προσπάθειες γίνονται για το συνδυασμό των RC με άλλες μεθόδους μηχανικής μάθησης όπως οι πασίγνωστοι Transformers. [23] Το έδαφος προς την τελευταία κατεύθυνση είναι σχεδόν παρθένο και αναμένεται σημαντική ερευνητική παραγωγή για την καλλιέργεια του.

Πηγές

[1] V. Ashish, et al. , Adv. Neural. Inf. Process Syst. 30 (2017).
[2] E. Bollt, Chaos, 31 (2021) 013108.
[3] H. Jaeger, GMD Report 148, German National Research Institute for Computer Science (2001).
[4] H. Jaeger et al., Special issue on echo state networks and liquid state machines: Editorial. Neural Networks, 20 (2007) 287.
[5] M. A. Lukoševičius In: G. Montavon, G. B. Orr, K. R. Müller, (eds) Lecture Notes in Computer Science, vol 7700. Springer.
[6] W. Maass, H. Markram, J. Comput. Syst. Sci ., 69 (2004) 593.
[7] L. Appeltant et al., Nat. Commun., 2 (2011) 468.
[8] G. Tanaka et al., Neural Networks, 115 (2019) 100.
[9] S. P. Georgopoulos et al., Int. J. Comput. Econ. (2021) in press.
[10] F. Nowshin et al., , 2020 11th International Green and Sustainable Computing Workshops (IGSC) (pp. 1-8), IEEE.
[11] L. Chua, IEEE Transactions on Circuit Theory, 189 (1971) 507.
[12] M. Hopkin, Nature (2008).
[13] M. S. Kulkarni, C. Teuscher, 2012 IEEE/ACM Int. Symposium on Nanoscale Architectures (NANOARCH) (2012) 226.
[14] T. Chang et al., IEEE Circ. Syst. Mag. 13 (2013) 56.
[15] S. Sayyaparaju et al., IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (2020).
[16] D. Kudithipudi et al. , Front. Neurosci. (2016) 9.
[17] D. Przyczyna et al., Int. J. Parallel Emergent Distrib., 37 (2022) 512.
[18] Y. Zhong et al., Nat. Commun. 12 (2021) 408 .
[19] G. Tanaka, R. Nakane. Sci. Rep. 12 (2022) 9868.
[20] Y. K. Chembo et al., Rev. Mod. Phys. 91, (2019) 035006.
[21] Y. Deng and Y. Li., IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs , vol. 69, no. 3, pp. 1817-1821, 2022.
[22] R. Martínez-Peña et al. Cogn. Comput (2020).
[23] S. Shen, et al., arXiv:2012.15045v2 (2020).

ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Στο Βέλγιο, οι δονήσεις λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητα μειώθηκαν κατά 30 % περίπου από την στιγμή που θεσπίστηκαν μέτρα για τον περιορισμό του κορωνοϊού.



πώς τα lockdown για τον κορωνοϊό άλλαξαν τον τρόπο που η Γη κινείται

Η μείωση του σεισμικού θορύβου λόγω των αλλαγών στην ανθρώπινη δραστηριότητα αποτέλεσε ένα θείο δώρο για τους γεωεπιστήμονες.

Η πανδημία του κορωνοϊού έφερε χάος στην ζωή αλλά και στις οικονομίες σε όλο τον κόσμο. Η προσπάθεια όμως να περιοριστεί η εξάπλωση του ιού μπορεί να έμοιαζε ότι ο ίδιος ο πλανήτης κινούνταν λίγο λιγότερο. Ερευνητές που μελέτησαν την κίνηση της Γης εκείνη την περίοδο, ανέφεραν μια πτώση στον σεισμικό θορύβου - το βουητό των δονήσεων στον φλοιό του πλανήτη - το οποίο και θα μπορούσε να είναι το αποτέλεσμα της αναστολής λειτουργίας των δικτύων των μεταφορικών μέσων και την διακοπής διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτό ενδεχομένως θα επέτρεπε τον εντοπισμό ασθενέστερων σεισμών από τους ανιχνευτές, ενώ οι προσπάθειες παρακολούθησης της ηφαιστειακής δραστηριότητας και άλλων σεισμικών συμβάντων θα μπορούσε επίσης να ενισχυθεί .

Μια μείωση του θορύβου αυτού του μεγέθους παρατηρείται συνήθως μόνο για πολύ λίγο και συνηθέστερα στα Χριστούγεννα, λέει ο Thomas Lecocq, σεισμολόγος του Βασιλικού Παρατηρητηρίου του Βελγίου στις Βρυξέλλες, όπου παρατηρήθηκε η μείωση. Ακριβώς με τον τρόπο με τον οποίο φυσικά φαινόμενα όπως οι σεισμοί, προκαλούν την κίνηση του φλοιού της Γης, κάτι ανάλογο συμβαίνει και με τις δονήσεις που δημιουργούν τα κινούμενα οχήματα και τα εν λειτουργία μηχανήματα στην βιομηχανία. Και παρόλο που οι επιδράσεις από μεμονωμένες πηγές θεωρούνται μικρές, ο συνδυασμός τους παράγει θόρυβο υποβάθρου (background noise), ο οποίος με την σειρά του μειώνει την ικανότητα των σεισμολόγων να ανιχνεύσουν άλλα σήματα που εμφανίζονται στην ίδια συχνότητα.

Τα δεδομένα από ένα σεισμόμετρο στο παρατηρητήριο έδειξαν ότι τα μέτρα για τον περιορισμό της εξάπλωσης του COVID-19 στις Βρυξέλλες προκάλεσαν

μπαταρίες λιθίου: καταρρίφθηκε το ρεκόρ μέγιστης πυκνότητας ενέργειας

Αποτελούν την καίρια τεχνολογία για την επίτευξη μιας υψηλής απόδοσης εφαρμογής της καθαρής ενέργειας.

Οι ερευνητές κατάφεραν να κατασκευάσουν επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου (Li) κλειστού τύπου με πυκνότητα ενέργειας πάνω από 700 Wh/kg σπάζοντας κάθε ρεκόρ. Ο νέος σχεδιασμός περιλαμβάνει μια κάθοδο υψηλής χωρητικότητας πλούσιας σε Li με βάση το μαγγάνιο και μια λεπτή άνοδο μετάλλου από Li υψηλής ειδικής ενέργειας. Εάν αναπτυχθεί περαιτέρω, η μπαταρία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως ο εξηλεκτρισμός των αερομεταφορών, όπου απαιτούνται μπαταρίες με πολύ υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας από αυτές που είναι σήμερα διαθέσιμες.

Οι μπαταρίες ιόντων Li αποτελούν την βασική τεχνολογία ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι για κλιματική ουδετερότητα. Η χρήση τους έχει επεκταθεί στην τροφοδοσία των ηλεκτρικών οχημάτων ενώ αποτελούν πλέον τα κύρια τμήματα οικιακών συσκευών για την αποθήκευση ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Και η τεχνολογία έχει εξελιχθεί επίσης σημαντικά: από τότε που κυκλοφόρησε για πρώτη φορά στο εμπόριο από τη Sony το 1991, η πυκνότητα ενέργειας των μπαταριών ιόντων Li έχει αυξηθεί από 80 Wh/kg σε περίπου 300 Wh/kg.

ελάττωση του προκαλούμενου από την ανθρώπινη δραστηριότητα σεισμικού θορύβου κατά 30 % περίπου, σύμφωνα με τον Lecocq. Τα μέτρα περιελάμβαναν το κλείσιμο των σχολείων, των εστιατορίων και άλλων δημόσιων χώρων από τις 14 Μαρτίου και την απαγόρευση όλων των μη απαραίτητων μετακινήσεων από τις 18 Μαρτίου.

Αυτή η μείωση ενίσχυσε κατά πολύ την ευαισθησία του εξοπλισμού του παρατηρητηρίου, βελτιώνοντας σημαντικά την ικανότητά του να ανιχνεύει κύματα στην ίδια περιοχή υψηλών συχνοτήτων με τον θόρυβο. Το σεισμόμετρο επιφάνειας της εγκατάστασης ήταν πλέον τόσο ευαίσθητο σε ασθενείς σεισμούς και σε εκρήξεις σε λατομεία όσο ένας αντίστοιχος ανιχνευτής τοποθετημένος σε μια γεώτρηση βάθους 100 m, προσθέτει. "Είναι πραγματικά ήσυχα τώρα στο Βέλγιο".Εάν τα lockdown συνέχιζαν για αρκετούς ακόμη μήνες, οι ανιχνευτές σε πόλεις σε όλο τον κόσμο θα μπορούσαν να είναι αποτελεσματικότεροι στην ανίχνευση των θέσεων των μετασεισμών από ότι συνήθως, δήλωνε ο Andy Frassetto, σεισμολόγος στο Incorporated Research Institutions for Seismology στην Washington. "Θα καταγράψετε ένα σήμα με λιγότερο θόρυβο , γεγονός που ίσως σας επιτρέψει να αντλήσετε λίγο περισσότερες πληροφορίες από αυτά τα συμβάντα", δήλωνε.

Η πτώση του θορύβου θα μπορούσε επίσης να ωφελήσει τους σεισμολόγους που χρησιμοποιούν δονήσεις υποβάθρου από φυσικά αίτια, όπως πχ. από τα κύματα του ωκεανού, προκειμένου να μελετήσουν τον φλοιό της Γης. Επειδή η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η αλλαγή της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα επηρεάζουν πόσο γρήγορα ταξιδεύουν αυτά τα φυσικά κύματα, οι επιστήμονες μπορούν να μελετήσουν αυτά τα γεγονότα παρακολουθώντας πόσο χρόνο χρειάζεται ένα κύμα για να φτάσει σε έναν δεδομένο ανιχνευτή. Μια πτώση του θορύβου λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, θα μπορούσε να ενισχύσει την ευαισθησία των ανιχνευτών στα φυσικά κύματα σε ανάλογες συχνότητες, λέει ο Lecocq, η ομάδα του οποίου σχεδιάζει να ξεκινήσει δοκιμές. "Υπάρχει πράγματι μεγάλη πιθανότητα να οδηγήσει σε καλύτερες μετρήσεις", δήλωσε.

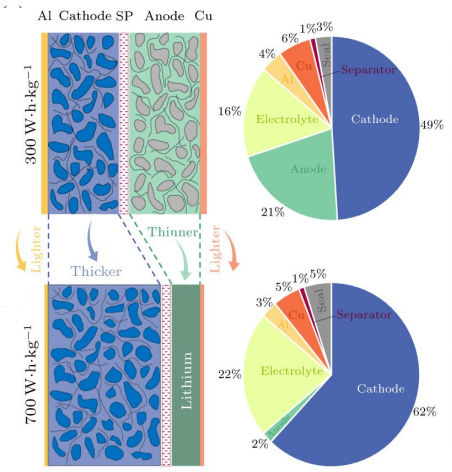
Οι Βέλγοι σεισμολόγοι δεν είναι οι μόνοι που παρατήρησαν τις επιπτώσεις του lockdown. Η Celeste Labedz, μεταπτυχιακή φοιτήτρια στη γεωφυσική στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνια στην Pasadena, έγραψε στο Twitter μια ανάλογη μείωση του θορύβου είχε καταγραφεί από έναν σταθμό στο Los Angeles. «Η μείωση ήταν πραγματικά απίστευτη», είχε δηλώσει.

Ωστόσο, δεν επηρεάστηκαν σε τόσο ισχυρό βαθμό όλοι οι σταθμοί σεισμικής παρακολούθησης, σε σχέση με αυτούς στις Βρυξέλλες, λέει η Emily Wolin, γεωλόγος στο Αμερικανικό Γεωλογικό Ινστιτούτο στο Albuquerque του Νέου Μεξικού. Πολλοί σταθμοί βρίσκονται σκόπιμα σε απομακρυσμένες περιοχές ή μέσα σε βαθιές γεωτρήσεις ώστε να αποφεύγεται ο θόρυβος λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας. Συμφώνα με την Emily Wolin, αυτοί θα πρέπει να αντιλαμβάνονται μια μικρότερη μείωση ή ακόμη και καμία αλλαγή στο επίπεδο του θορύβου υψηλής συχνότητας που καταγράφουν.

Φανή Πινακίδου
Ε.ΔΙ.Π. Τμήματος Φυσικής

Πηγή:
Nature 580, 176-177 (2020)
doi: https://doi.org/10.1038/d41586-020-00965-x

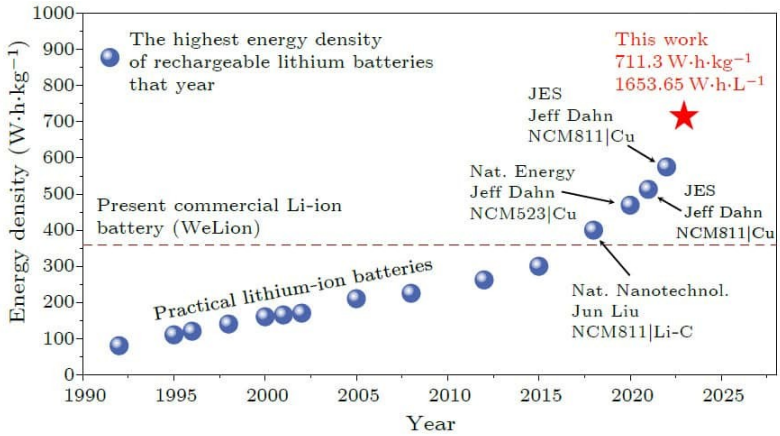
Ωστόσο, η επίτευξη μιας οικονομίας πραγματικά ελεύθερης από άνθρακα , προϋποθέτει μπαταρίες με καλύτερη απόδοση από αυτή που μπορεί να προσφέρει η τρέχουσα τεχνολογία ιόντων Li. Στα ηλεκτρικά οχήματα, για παράδειγμα, ένα βασικό κριτήριο είναι οι μπαταρίες να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες και πιο ελαφριές. Η επίτευξη αυτού του στόχου απαιτεί πυκνότητες ενέργειας μεγαλύτερες από 400 Wh/kg. Το πρόβλημα είναι ότι οι σημερινές μπαταρίες ιόντων Li περιέχουν κυρίως καθόδους στις οποίες δημιουργούνται παρασιτικές φάσεις (π.χ. $LiFePO_4$, $LiCoO_2$ ή $LiNi_xMn_yCo_zO_2$, x+y+z=1) και ανόδους με βάση τον γραφίτη, ενώ η πυκνότητα ενέργειας αυτών των ηλεκτροδίων προσεγγίζει το ανώτατο όριο.



Σχεδιασμός μπαταριών: (πάνω) η σύσταση των εμπορικά διαθέσιμων 300 W·h/kg μπαταριών ιόντων Li, (κάτω) η δομή μιας μπαταρίας 700 W·h/kg σύμφωνα με τους Li et al.

Υψηλή τάση φόρτισης - εκφόρτισης

Σε μια νέα εργασία, οι ερευνητές με επικεφαλής τον Xiqian Yu και τον Hong Li του Ινστιτούτου Φυσικής της Κινεζικής Ακαδημίας Επιστημών στο Πεκίνο, κατασκεύασαν πρακτικές επαναφορτιζόμενες κλειστού τύπου μπαταρίες Li χρησιμοποιώντας μια υψηλής χωρητικότητας, αρκετά παχιά κάθοδο $LiNi_{1,2}Co_{0,3}Mn_{0,54}O_2$ επιφανειακής χωρητικότητας άνω των 10 mAh/cm και μια άνοδο μετάλλου



Τεχνολογική εξέλιξη: η πυκνότητα ενέργειας των μπαταριών ιόντων Li έχει αυξηθεί από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, από 80 Wh/kg σε περίπου 300 Wh/kg. (Ευγενική προσφορά: B Wang)

Li. Η υψηλή τάση φόρτισης-εκφόρτισης των πλούσιων σε Li οξειδίων με βάση το Mn επιτρέπει μεγαλύτερη χωρητικότητα αποθήκευσης ιόντων Li.

«Το ηλεκτρόδιο ανόδου χρησιμοποιεί υπερλεπτό μεταλλικό Li το οποίο ενσωματώνεται σύμφωνα με μια περίπλοκη τεχνική επικάλυψης, ώστε να αντιμετωπιστεί το ενοχλητικό ζήτημα της αντιστρεπτής εναπόθεσης υπέρλεπτου Li μεγάλης επιφανειακής χωρητικότητας» εξηγεί ο πρώτος συγγραφέας Quan Li. Οι μπαταρίες διαθέτουν βαρυμετρική πυκνότητα ενέργειας ίση με 711,3 Wh/kg και ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας ίση με 1653,65 Wh/L, οι οποίες αμφότερες αποτελούν τις υψηλότερες τιμές στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες Li που βασίζονται σε καθόδους με παρασιτικές φάσεις, λέει ο Li στο Physics World.

«Σε ότι αφορά την κατασκευή μπαταριών, λαμβάνοντας υπόψη τις διαδικασίες κατασκευής, ο συγκριμένος σχεδιασμός της δομής της μπαταρίας (συμπεριλαμβανομένης της χρήσης υπέρλεπτων συλλεκτών ρεύματος) αποσκοπεί στην μείωση της ποσότητας των υλικών τα οποία επιτελούν δευτερεύοντα ρόλο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε αύξηση της πυκνότητας ενέργειας», προσθέτει. «Αυτή η συνεργατική προσέγγιση κατέστησε δυνατή την εξαιρετικά υψηλή πυκνότητα ενέργειας των μπαταριών».

Ηλεκτρικά οχήματα με μεγάλη αυτονομία και εξηλεκτρισμός των αερομεταφορών: θα επωφεληθούν;

Οι καινούργιες μπαταρίες θα μπορούσαν να ωφελήσουν τα ηλεκτρικά οχήματα με μεγάλη αυτονομία και τον εξηλεκτρισμό των αερομεταφορών, λόγω των ολοένα και υψηλότερων απαιτήσεων των μπαταριών για υψηλές τιμές πυκνότητα ενέργειας. Η έρευνα θα μπορούσε επίσης να βοηθήσει στην αντιμετώπιση ορισμένων από τα εγγενή ζητήματα που σχετίζονται με την τεχνολογία των μπαταριών, λέει ο Li.

«Για παράδειγμα, παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο εξισορρόπησης της ασφάλειας και άλλων σημαντικών παραγόντων στις μπαταρίες με υψηλή πυκνότητα ενέργεια, οι οποίες και θα βοηθήσουν στην πρακτική υλοποίηση των μπαταριών υψηλής πυκνότητας ενέργειας στο μέλλον. Η έρευνα στις μπαταρίες με πυκνότητας ενέργειας που προσεγγίζει τα θεωρητικά όρια θα συμβάλει επίσης στο να βελτιωθούν οι γνώσεις μας για τις ιοντικές ιδιότητες της στερεάς κατάστασης και την ηλεκτροχημεία στερεάς κατάστασης, επιτρέποντας ενδεχομένως την τεχνολογική καινοτομία σε νέα υλικά και συστήματα μπαταριών».

Οι ερευνητές, που δημοσίευσαν την εργασία τους στο *Chinese Physics Letters*, εξήγησαν ότι υπάρχει πάντοτε μια αντιστάθμιση μεταξύ διαφόρων παραγόντων. Ένας είναι η ανάγκη για μεγάλη πυκνότητα ενέργειας, ένας δεύτερος η αντοχή της μπαταρίας σε πολλούς κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης και τέλος είναι επίσης σημαντική η δυνατότητα φόρτισης σε σύντομο χρονικό διάστημα χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις. Η ασφάλεια είναι πρωταρχική απαίτηση, η αυξημένη όμως πυκνότητα ενέργειας θα αυξήσει τους κινδύνους κατά τη λειτουργία της μπαταρίας, ισχυρίζονται. «Η πυκνότητα ενέργειας πρέπει να βελτιώνεται σταδιακά, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφάλεια», λέει ο Li. «Στόχος μας είναι η βελτίωση της απόδοσης ασφάλειας της μπαταρίας μέσω της τεχνολογίας μπαταριών στερεάς κατάστασης, καθιστώντας τις μπαταρίες υψηλής πυκνότητας ενέργειας πιο πρακτικές».

Η αντοχή μιας τέτοιας μπαταρίας σε πολλούς κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης εξακολουθεί και είναι υποδεέστερη συγκριτικά με εκείνη των μπαταριών που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο, προσθέτει. «Αυτή η παράμετρος πρέπει να ληφθεί αναλυτικά υπόψη ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις συγκεκριμένων πεδίων. Συνεπώς, απαιτείται πολύς χρόνος για την πρακτική εφαρμογή των μπαταριών υπερ-υψηλής πυκνότητας ενέργειας. Η αντιμετώπιση των προκλήσεων που εμποδίζουν την πρακτική χρήση τους θα αποτελέσει την διαρκή στόχευση των μελλοντικών ερευνητικών μας προσπαθειών».

Χάρης Σαραφίδης
Αναπ. Καθ. Τμήματος Φυσικής

Πηγή:
https://physicsworld.com/a/lithium-ion-batteries-break-energy-density-record/#
Quan Li et al., Chinese Phys. Lett. 40 (2023) 048201

ο ύμνος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Κωνσταντίνος Ευθυμιάδης
Καθηγητής Τμήματος Φυσικής

Το 1954 το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης μετονομάζεται σε Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Με αφορμή τη μετονομασία συντέθηκε από τον Στυλιανό Καψωμένο, τακτικό καθηγητή της Γ' έδρας Αρχαίας Ελληνικής Φιλολογίας, και εγκρίθηκε από τη Σύγκλητο το 1955, ο Ύμνος του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης.

Ο ύμνος όφειλε να είναι ποιητικό κείμενο, αναφερόμενο σε ηθικές αξίες και συνδεδεμένο τόσο με τον Αριστοτέλη, όσο και με το Πανεπιστήμιο. Ως εκ τούτου, ο καθ. Σ. Καψωμένος χρησιμοποίησε του πρώτους πέντε στίχους του Ύμνου στην Αρετή του Αριστοτέλη και συνέθεσε μια δεύτερη πεντάστιχη στροφή που αφορά στο Πανεπιστήμιο, ακολουθώντας την ίδια γλωσσική και μετρική μορφή.

Αν και θεσμοθετημένος ο Ύμνος, σπάνια αναφέρεται και είναι ελάχιστα γνωστός στην πανεπιστημιακή κοινότητα. Προς γνώση λοιπόν των νεότερων αλλά και των παλαιότερων συναδέλφων παραθέτω την πρότυπη μορφή του καθώς και τη νεοελληνική μετάφραση του.

Ἀρετά πολύμοχθε γένει βροτέῳ,
θήραμα κάλλιστον βίῳ,
σᾶς πέρι, παρθένε, μορφᾶς
καί θανεῖν ζαλωτός ἐν Ἑλλάδι πότμος
καί πόνους τλῆναι μαλερούς ἀκάμαντας.

Ἀρετά, τέμενος τόδ᾽ Ἀριστοτέλους
ναίουσα σούς ἄθλους φέρειν
ὧδε πάρεσμεν ἕτοιμοι·
σάν δ᾽ἀγρεύοντας δύναμιν φιλοτίμως
δός πρόφρων ἡμᾶς γέρας Ἑλλάδος αὔξειν.

Αρετή, που για σε πολύ μοχθεί το γένος των ανθρώπων,
κυνήγι εσύ το πιο λαμπρό για όλη τη ζωή μας,
παρθένα μου, για χάρη της μορφής σου
μοίρα αξιοζήλευτη λογιέται στην Ελλάδα κανείς και να πεθάνει
και κόπους να υπομείνει ασήκωτους, μεγάλους.

Αρετή, που κατοικείς το τέμενος αυτό του Αριστοτέλη,
μπροστά σου εδώ βρισκόμαστε
έτοιμοι πάνω μας να βαστάμε τους άθλους τους δικούς σου.
Δώσε καλόγνωμη σ' εμάς φιλότιμα ν' αυξάνουμε τη δόξα της Ελλάδας
αντλώντας δύναμη από σε.

Πηγές:

- *Προφορική συζήτηση με το συνταξιοθέντα συνάδελφο Κ.Γ. Μελίδη και τη γραμματέα των πρυτανικών αρχών Α. Πλουμπή.*
- *Β.Δ. Κυριαζόπουλου, Τα πενήντα χρόνια του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης 1926-1976, επετειακός τόμος, Θεσσαλονίκη 1976*
- *Δ.Ζ. Νικήτας, Ο Ύμνος στην Αρετή του Αριστοτέλη και ο Ύμνος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Φιλόλογος, τχ. 100 (2000), σ. 183-193*

Μεταπτυχιακές σπουδές στο Τμήμα Φυσικής

Π.Μ.Σ. Ηλεκτρονικής Φυσικής (Ραδιοηλεκτρολογίας)

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Ηλεκτρονικής Φυσικής
(Ραδιοηλεκτρολογίας)

Το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ) "Ηλεκτρονική Φυσική - Ραδιοηλεκτρολογία (Ρ/Η)" λειτουργεί από το 1965 και είναι το πρώτο μεταπτυχιακό πρόγραμμα που λειτούργησε στο ΑΠΘ. Το αναμορφωμένο πρόγραμμα σπουδών είναι διάρκειας 4 εξαμήνων (120 ECTS) και παρέχει 2 κατευθύνσεις ειδίκευσης, την Ηλεκτρονική και τις Τηλεπικοινωνίες. Περιλαμβάνει έξι (6) μαθήματα κορμού (42 ECTS), 5 μαθήματα κατεύθυνσης (42 ECTS), 1 μάθημα επιλογής (6 ECTS) και διπλωματική εργασία (30 ECTS). Το ετήσιο πρόγραμμα μαθημάτων συμπληρώνεται με ένα πρόγραμμα διαλέξεων εξωτερικών ειδικών επιστημόνων είτε από την Ελλάδα είτε από το εξωτερικό. Επίσης πραγματοποιούνται εκπαιδευτικές εκδρομές σε παραγωγικούς φορείς και επιχειρήσεις τεχνολογίας ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών.

Το ΠΜΣ δεν έχει δίδακτρα ενώ ένας αριθμός μεταπτυχιακών φοιτητών συμμετέχει στα χρηματοδοτούμενα ερευνητικά προγράμματα που εκτελούνται στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικής και στο Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών. Χρησιμοποιείται όλη η υπάρχουσα υποδομή των Εργαστηρίων Ηλεκτρονικής και Ραδιοεπικοινωνιών η οποία περιλαμβάνει 2 αίθουσες διδασκαλίας 25 θέσεων, νησίδα Η/Υ 14 θέσεων εργασίας και 2 πλήρως εξοπλισμένα εργαστήρια πειραματικών ασκήσεων.

Στη διάρκεια των 58 ετών λειτουργίας του ΠΜΣ έχουν αποφοιτήσει περισσότεροι από 870 Ηλεκτρονικοί Φυσικοί (Ραδιοηλεκτρολόγοι) οι οποίοι έχουν καλύψει θέσεις σε εταιρείες τηλεπικοινωνιών και ηλεκτρονικής του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, καθώς και θέσεις σε ερευνητικά και εκπαιδευτικά ιδρύματα με πλήρη αναγνώριση των γνώσεων που απέκτησαν στο ΠΜΣ. Οι διπλωματούχοι του ΠΜΣ έχουν μέσο χρόνο επαγγελματικής αποκατάστασης 6 μήνες.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://elecom.physics.auth.gr/**

Π.Μ.Σ. Φυσική & Τεχνολογία Υλικών

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Φυσικής και Τεχνολογίας Υλικών

Το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσική & Τεχνολογία Υλικών» (ΠΜΣ ΦΤΥ), λειτουργεί στο Τμήμα Φυσικής για πάνω από 25 έτη. Το ΠΜΣ ΦΤΥ σήμερα δίνει έμφαση σε όλες τις κατηγορίες Υλικών, δηλαδή τόσο στα βασικά όσο και στα πιο προηγμένα υλικά, όπως τα νανοϋλικά. Γίνονται δεκτοί απόφοιτοι Τμημάτων (α) Σχολών Θετικών Επιστημών, (β) Πολυτεχνικών Σχολών, (γ) της Σχολής Ικάρων και (δ) απόφοιτοι άλλων ομοειδών ή συναφών Τμημάτων ομοταγών Ιδρυμάτων της ημεδαπής (ΑΕΙ και ΤΕΙ) και αναγνωρισμένων Ιδρυμάτων της αλλοδαπής συναφούς γνωστικού αντικειμένου.

Σκοπός του ΠΜΣ ΦΤΥ είναι η κατάρτιση επιστημόνων με διεπιστημονική παιδεία και υψηλής ποιότητας θεωρητική και πειραματική εκπαίδευση σε νέα υλικά αιχμής, που περιλαμβάνει θέματα ανάπτυξης, ιδιοτήτων, χαρακτηρισμού, επιλογής και βελτιστοποίησης υλικών, επιχειρηματικές δεξιότητες καθώς και διαχείριση και μεταφορά τεχνογνωσίας. Στη διάρκεια λειτουργίας του, έχουν αποφοιτήσει περισσότεροι από 350 φοιτητές, η πλειοψηφία των οποίων απασχολείται σε τομείς έντασης γνώσης: το 32% των αποφοίτων κατέλαβε θέσεις ερευνητών, το 43% εργάζεται σε ΑΕΙ , το 17% σε εταιρείες και το 8% έχει εξελιχθεί σε θέσεις στελεχών στην εκπαίδευση, στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

Το ΠΜΣ ΦΤΥ απομένει Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (ΜΔΕ) μετά από επιτυχή φοίτηση 3 εξα-

μήνων (90 ECTS). Η παρακολούθηση των μαθημάτων, εργαστηρίων και σεμιναρίων είναι υποχρεωτική. Το πρόγραμμα σπουδών είναι ενιαίο και δεν υπάρχουν ειδικεύσεις. Δεν προβλέπεται η καταβολή διδάκτρων ή τελών εγγραφής.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://pms.physics.auth.gr/materials/**

Π.Μ.Σ. Φυσική Περιβάλλοντος

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Φυσικής Περιβάλλοντος

Το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσικής Περιβάλλοντος» προσφέρεται από το Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης από το 1993 και ο βασικός στόχος του είναι να εκπαιδεύσει και να καταρτίσει επιστήμονες που θα είναι σε θέση να εργαστούν και να αξιολογούν θέματα που αφορούν στην προστασία του περιβάλλοντος. Στοχεύει στην παραγωγή ειδικευμένων φυσικών-περιβαλλοντολόγων ικανών να ανταποκριθούν στη ζήτηση της αγοράς εργασίας σχετικά με την αντιμετώπιση των παρόντων και μελλοντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση σε τοπική και παγκόσμια κλίμακα, η βιώσιμη ανάπτυξη, η παγκόσμια αλλαγή και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες.

Οι πτυχιούχοι λαμβάνουν τον τίτλο ειδίκευσης (MSc) μετά από δύο έτη σπουδών και μπορούν να συνεχίσουν για την απόκτηση διδακτορικού διπλώματος (PhD), με ελάχιστη διάρκεια τριών πρόσθετων ετών. Κάθε έτος γίνονται δεκτοί 10 φοιτητές.

Οι πτυχιούχοι αποκτούν το απαραίτητο επιστημονικό υπόβαθρο σε διάφορα θέματα της περιβαλλοντικής φυσικής, ώστε να απορροφούνται αποτελεσματικά από ιδιωτικές επιχειρήσεις, δημόσιους οργανισμούς και ερευνητικά και εκπαιδευτικά ιδρύματα. Οι περισσότεροι από αυτούς εμπλέκονται στην τρέχουσα έρευνα σε διεθνές επίπεδο, σε θέματα που αφορούν το τροποσφαιρικό και στρατοσφαιρικό όζον, την ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία και τα αποτελέσματά της στη φωτοχημεία, τα μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα κλιματικά μοντέλα, τους αλγορίθμους επεξεργασίας δεδομένων για δορυφορικές εφαρμογές και την ανάπτυξη τεχνικών τηλεπισκόπισης για την παρακολούθηση του πεδίου τη ακτινοβολίας και των μεταβολών της ατμοσφαιρικής σύστασης.

Το μεταπτυχιακό πρόγραμμα έχει μια διεπιστημονική δομή μέσα στο Τμήμα Φυσικής συνδυάζοντας διδακτικό προσωπικό από διαφορετικά εργαστήρια σχετιζόμενα με περιβαλλοντικά ζητήματα. Ο βασικός ρόλος ανήκει στο Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας και συμπληρώνεται από τα επιστημονικά πεδία της Οπτικής, Αστρονομίας, Πυρηνικής Φυσικής. Μέρος των διδασκόντων επίσης προέρχεται από τα Τμήματα Γεωλογίας ΑΠΘ και Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ. Τα διδασκόμενα μαθήματα περιλαμβάνουν διαλέξεις στην Φυσική του Περιβάλλοντος, τα Ατμοσφαιρικά Μοντέλα, την Διάδοση της Ακτινοβολίας στη Ατμόσφαιρα, , τη Παγκόσμια Μεταβολή, την Περιβαλλοντική Χημεία, την Εφαρμοσμένη Στατιστική και Πληροφορική, την Περιβαλλοντική Διαχείριση, τις Τεχνικές Μέτρησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων την σύνθεση Περιβαλλοντικών εκθέσεων και άλλα.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://msc-env.physics.auth.gr/**

Δ.Π.Μ.Σ. Νανοεπιστήμες & Νανοτεχνολογίες

Post Graduate Program on Nanosciences & Nanotechnologies

Το Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες (N&N) είναι το πρώτο (ιδρύθηκε το 2002) Διατμηματικό Μεταπτυχιακό το οποίο διοργανώνεται από τα Τμήματα Φυσικής, Χημείας και Ιατρικής του Α.Π.Θ. σε συνεργασία με τον Δημόκριτο, ΕΚΕΤΑ αλλά και τα Πανεπιστήμια Πατρών, Κρήτης, Ιωαννίνων, Berkeley και Οξφόρδης. Το αντικείμενο των Νανοεπιστημών & Νανοτεχνολογιών είναι πολυθεματικό και συνδυάζει ένα ευρύ διεπιστημονικό σύνολο περιοχών της επιστήμης και της τεχνολογίας, όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Επιστήμη Υλικών, η Ιατρική, η Φαρμακευτική, η Μηχανική κα. Τα τελευταία χρόνια, οι θεματικές αυτές περιοχές να αποτε-

λούν πυρήνα έντονων δραστηριοτήτων, στον οποίο επικεντρώνεται πλήθος ερευνητικών προγραμμάτων, επιστημονικών συνεργασιών και βιομηχανικών επενδύσεων. Οι Νανοτεχνολογίες έχουν ήδη εισχωρήσει σε κάθε τομέα της σύγχρονης πραγματικότητας, βρίσκοντας εφαρμογή σε διάφορα πεδία όπως η παραγωγή ενέργειας, η επικοινωνία, η υγεία, η διαχείριση του περιβάλλοντος κ.α. ενώ παράλληλα προσανατολίζουν την εκπαίδευση και την έρευνα προς νέους ορίζοντες ανάπτυξης.

Η διάρκεια σπουδών είναι 2 έτη, ενώ δίνεται η δυνατότητα ειδίκευσης σε μια από τις τρεις κατευθύνσεις: (α) Τεχνολογία Λεπτών Υμενίων & Οργανικών Εκτυπωμένων Ηλεκτρονικών (β) Νανομηχανική, Νανοβιοϋλικά & Νανοσωματίδια, (γ) Νανοϊατρική - Νανοβιοτεχνολογία - Βιοηλεκτρονική. Από την ίδρυση του έως και σήμερα, το Δ.Π.Μ.Σ. N&N έχει εκπαιδεύσει περισσότερους 350 επιστήμονες υψηλών προσόντων, από τους οποίους/ες περισσότεροι από 80 έχουν ολοκληρώσει και τη Διδακτορική τους Διατριβή, ενώ σχεδόν όλοι/ες ακολουθούν λαμπρή πορεία και καριέρα τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Για την φοίτηση στο ΔΠΜΣ N&N δεν προβλέπονται τέλη φοίτησης.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://nn.physics.auth.gr/**

Π.Μ.Σ. Υπολογιστικής Φυσικής

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Υπολογιστικής Φυσικής

Αντικείμενο του Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Υπολογιστική Φυσική» (Υ/Φ) είναι η οργάνωση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος σπουδών στην Υπολογιστική Φυσική. Το εκπαιδευτικό αυτό πρόγραμμα έχει σκοπό τη διοργάνωση μεταπτυχιακών μαθημάτων υψηλού επιπέδου στα πλαίσια της ανάγκης δημιουργίας στελεχών υψηλού επιπέδου τα οποία θα είναι σε θέση να στελεχώσουν οργανισμούς και επιχειρήσεις και να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στην εκπαίδευση, την έρευνα και την ανάπτυξη λογισμικού ειδικών εφαρμογών. Για το σκοπό αυτό θα αξιοποιηθεί η σοβαρή υποδομή και τεχνογνωσία του Τμήματος Φυσικής, τα διάφορα λειτουργούντα προγράμματα εθνικής και διεθνούς συνεργασίας και θα επιδιωχθεί η συνεργασία του προγράμματος με δίκτυα μεταπτυχιακών σπουδών με συναφή μεταπτυχιακά προγράμματα της Ελλάδας και του εξωτερικό.

Σκοπός του Π.Μ.Σ. είναι η ειδίκευση των φοιτητών σε μεθόδους προσομοίωσης φαινομένων και διεργασιών με στόχο τη δημιουργία και την κατάρτιση στελεχών υψηλής στάθμης που είναι απαραίτητα αφενός για την τριτοβάθμια εκπαίδευση στην ευρύτερη περιοχή των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας και αφετέρου για την στελέχωση αναπτυξιακών δραστηριοτήτων οργανισμών και επιχειρήσεων.

Η χρονική διάρκεια φοίτησης στο Π.Μ.Σ. που οδηγεί στη λήψη του Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Μ.Ε.) ορίζεται κατ' ελάχιστο στα τρία (3) εξάμηνα, στα οποία περιλαμβάνεται και ο χρόνος εκπόνησης και κρίσης της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασία. Για την επιτυχή ολοκλήρωση του Π.Μ.Σ. απαιτείται η επιτυχής εξέταση στα μαθήματα, όπως τα ορίζει το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του ΠΜΣ, η επιτυχής εξέταση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και η συμπλήρωση τουλάχιστον ενενήντα (90) πιστωτικών μονάδων (ECTS). Για την φοίτηση στο ΠΜΣ δεν προβλέπονται τέλη φοίτησης.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://pms.physics.auth.gr/comphys/**

Π.Μ.Σ. Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Α.Π.Θ.
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία

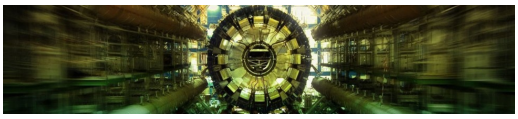
Η Διδακτική της Φυσικής είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη και τη βελτίωση της διδασκαλίας της Φυσικής, με στόχο τη μάθηση των εννοιών, των αρχών και των νόμων που τη διέπουν, ώστε οι μαθητές, όλων των βαθμίδων, να κατανοήσουν και να μπορούν να ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα. Αντικείμενο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) είναι η εκπαίδευση στις διεθνείς εξελίξεις γύρω από τα γνωστικά αντικείμενα της Διδακτικής της Φυσικής και της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και η ερευνητική συνεισφορά σε αυτά.

Σκοπός Π.Μ.Σ. είναι η δημιουργία πτυχιούχων φυσικών εξειδικευμένων σε θέματα που αφορούν τη Διδακτική της Φυσικής και τη χρήση της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας στη διδασκαλία, ώστε να καταστούν ικανοί να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της αγοράς εργασίας για μια σύγχρονη εκπαίδευση. Οι βασικοί στόχοι του Π.Μ.Σ. είναι: να προσφέρει σύγχρονο και ολοκληρωμένο διδακτικό έργο στους μεταπτυχιακούς φοιτητές, να συμβάλλει στη γνώση για τους τρόπους αξιοποίησης της σύγχρονης Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και να αναπτύξει γνώση σχετικά με τη μαθησιακή και διδακτική διαδικασία και να αναπτύξει πρωτότυπες ιδέες και εκπαιδευτικό υλικό αξιοποιώντας τις σύγχρονες τεχνολογίες για το μαθητή και τον εκπαιδευτικό.

Το Π.Μ.Σ. Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία παρέχει Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης, ενώ μπορεί να οδηγήσει και στην απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος. Η διάρκεια του προγράμματος είναι τρία εξάμηνα (90 ECTS). Η διδασκαλία όλων των μαθημάτων γίνεται δια ζώσης σε αίθουσες και εργαστήρια του Τμήματος Φυσικής. Η παρακολούθηση των μαθημάτων και διαλέξεων είναι υποχρεωτική. Η αξιολόγηση των φοιτητών σε κάθε μάθημα περιλαμβάνει γραπτές ή προφορικές ή εργαστηριακές εξετάσεις ή εκπόνηση εργασιών ή συνδυασμό των παραπάνω. Η συμμετοχή στο ΠΜΣ είναι χωρίς δίδακτρα.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://pms-difet.physics.auth.gr/**

Π.Μ.Σ. Υποατομική Φυσική & Τεχνολογικές Εφαρμογές



Στόχος του προγράμματος είναι η παροχή υψηλού επιπέδου μεταπτυχιακής εκπαίδευσης στο επιστημονικό πεδίο της Υποατομικής Φυσικής, ώστε να παράγει επιστήμονες με βαθιά γνώση τόσο στη θεμελιώδη Φυσική, όσο και στις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις για τα δομικά συστατικά της Ύλης και τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις τους. Οι απόφοιτοι θα έχουν επίσης εξειδικευτεί σε κλάδους της Κβαντικής και Πυρηνικής Φυσικής, της Σωματιδιακής και Αντισωματιδιακής Φυσικής, καθώς και της Κοσμολογίας, της Φυσικής των Ακτινοβολιών και της Επιταχυντικής Φυσικής, και θα έχουν αποκτήσει εμπειρία και δεξιότητες σε σύγχρονες ερευνητικές μεθόδους και τεχνολογίες και την ικανότητα εφαρμογής τους, σε υψηλό θεωρητικό και τεχνικό επίπεδο, σε ερευνητικά ή/και αναπτυξιακά έργα σε ένα ευρύ πεδίο συναφών επιστημών.

Μέσα από τα μαθήματα, τα σεμινάρια, τα εργαστήρια και την ερευνητική τους δουλειά, κυρίως στα πλαίσια της διπλωματικής τους εργασίας, οι απόφοιτοι του προγράμματος θα έχουν αποκτήσει ικανότητες που τους επιτρέπουν (α) να χειρίζονται με ευχέρεια τα απαραίτητα μαθηματικά εργαλεία για θεωρητικούς υπολογισμούς ή υπολογισμούς ποσοτήτων που μετρούνται στο πείραμα, (β) να χρησιμοποιούν εξειδικευμένα πακέτα λογισμικού και γλώσσες προγραμματισμού για τον σκοπό αυτό, (γ) να αναλύουν δεδομένα με χρήση στατιστικών τεχνικών και (δ) να στήνουν πειραματικές διατάξεις και να εκτελούν μετρήσεις. Επιπλέον, οι φοιτητές αποκτούν την ικανότητα να εργάζονται τόσο ατομικά όσιο και σε ομάδες, σε πολλές περιπτώσεις σε πλαίσια διεθνών ερευνητικών προγραμμάτων και κοινοπραξιών, να παρουσιάζουν και να υποστηρίζουν το έργο τους σε τρίτους καθώς και να αναζητούν νέες γνώσεις και να ενημερώνονται βιβλιογραφικά για τις τελευταίες εξελίξεις της επιστήμης,

Το Δίπλωμα αποκτάται με τη συμπλήρωση 120 ECTS μοιρασμένα σε 4 εξάμηνα. Κατά τα πρώτα δύο εξάμηνα προσφέρονται οκτώ υποχρεωτικά μαθήματα όπου οι φοιτητές συμπληρώνουν τις γνώσεις που απέκτησαν με τις προπτυχιακές σπουδές τους. Στο τρίτο και τέταρτο εξάμηνο οι φοιτητές, παράλληλα με την εκπόνηση μεταπτυχιακής έρευνας στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας (30 ECTS), σπουδάζουν σε αντικείμενα όπου επικεντρώνεται η σύγχρονη ερευνητική δραστηριότητα στην Υποατομική Φυσική, επιλέγοντας δύο μαθήματα ανά εξάμηνο. Το ΠΜΣ δέχεται κάθε χρόνο γύρω στις 30-35 αιτήσεις (την περίοδο του Σεπτεμβρίου, όπως ορίζεται λεπτομερώς στην εκάστοτε ανακοίνωση της Γραμματείας του Τμήματος Φυσικής). Τα δύο ανελαστικά κριτήρια εισαγωγής είναι ελάχιστος βαθμός πτυχίου 6.5 και γνώση Αγγλικών.

Περισσότερες πληροφορίες: **http://subatomic.physics.auth.gr/**

συνέβησαν στο τμήμα

Σεμινάριο
«Εισάγοντας Θέματα Νανοκλίμακας και Βιο-μιμητικής στην Εκπαίδευση»

Στο πλαίσιο του προγράμματος Παιδαγωγικής και Διδακτικής Επάρκειας (ΠΔΕ) του Τμήματος Φυσικής, παρέχεται η δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους φοιτητές και φοιτήτριες, να παρακολουθήσουν σχετικό *Σεμινάριο στη Διδασκαλία & Μάθηση με εργαστηριακές πρακτικές*, που παρέχεται σε κάθε εξάμηνο και, σε περίπτωση που δεν συμπληρώνεται ο ελάχιστος αριθμός των 30 ECTS από τα υπόλοιπα μαθήματα του προγράμματος ΠΔΕ, αποτιμάται με 2 ECTS, αποκλειστικά στο πλαίσιο του ΠΔΕ (https://www.physics.auth.gr/ppde).

Το Σεμινάριο του εαρινού εξαμήνου 2022-2023, πραγματοποιήθηκε υπό μορφή Ημερίδας με θέμα: **«Εισάγοντας Θέματα Νανοκλίμακας και Βιο-μιμητικής στην Εκπαίδευση»**, το Σάββατο 13 Μαΐου 2023, στις 10:00 – 14:00, στην αίθουσα Δ13 και οργανώθηκε από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες του Π.Μ.Σ. «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία» στο πλαίσιο μαθημάτων τους. Συγκεκριμένα στα πλαίσια του μαθήματος του Π.Μ.Σ. «*Σύγχρονα θέματα Φυσικής & η διδακτική τους*» οι μεταπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες έρχονται σε επαφή με σύγχρονα θέματα ΝανοΕπιστήμης & ΝανοΤεχνολογίας και, παράλληλα, εισάγονται σε θεωρίες & πρακτικές μετασχηματισμού του περιεχομένου, ώστε να είναι κατάλληλο για διδασκαλία σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες εμβαθύνουν μελετώντας την αντίστοιχη βιβλιογραφία και υλοποιούν εργασίες όπου προσδιορίζουν τις βασικές αρχές, έννοιες & ιδέες του γνωστικού περιεχομένου και το μετασχηματίζουν σε σχολική γνώση, οικοδομώντας σενάρια διδακτικών παρεμβάσεων.

Σεμινάριο «Εισάγοντας Θέματα Νανοκλίμακας και Βιο-μιμητικής στην Εκπαίδευση»
Σάββατο 13 Μαΐου 2023

10:00 - 11:00 1η Συνεδρία: Κύριες ομιλίες
- Λασκαράκης Αργύρης, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.: *Εισαγωγή στη Νανοτεχνολογία και Εφαρμογές*
- Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης, Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.: *Εισαγωγή στη Βιομιμητική και Εφαρμογές*
- Μάνου Λεωνίδας, Δρ. Φυσικός, Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: *Διδακτική Αξία της Ένταξης της Βιομιμητικής στο Σχολικό Πρόγραμμα*

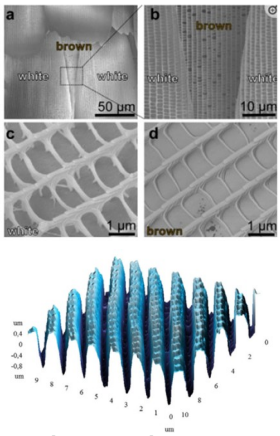
11:00 - 12:00 2η Συνεδρία: Επίσκεψη σε Εργαστήρια
- Παυλίδου Ελένη, Καθηγήτρια, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.: *Scanning Electron Microscope (SEM)*
- Γραβαλίδης Χριστόφορος, ΕΔΙΠ, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.: *Atomic Force Microscopy (AFM)*

12:00 - 13:00 3η Συνεδρία
Poster εργασιών στο 11ο Διεθνές Συνέδριο της Βαλκανικής Ένωσης Φυσικών (BPU)
- Pelekas Lazaros, Hatzikraniotis Euripides (2022). *Teaching Activities for the Introduction of Superhydrophobicity in Secondary Education.*
- Tsirigoti Emmanouela, Stefanis Michail, Molohidis Anastasios (2022). *Introducing Biomimetics Through the Study of Wetting and Roughness of Biomimetic Surfaces: A Design of a Didactic Intervention.*
- Kalantzis Ioannis, Sofronidis Konstantinos, Hatzikraniotis Euripides (2022). *Teaching Activities for the Superhydrophobicity and Adhesion Observed in Rose Petals due to their Hierarchical Structure*
- Arvanitou Efthymia, Tsaousidi Marina, Hatzikraniotis Euripides (2022). *Design & Development of teaching materials for Introducing Wetting Models into Science Club*

13:00 - 14:00 4η Συνεδρία: Παρουσιάσεις Εργασιών Μεταπτυχιακών Φοιτητών/τριών ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία», Τμήμα Φυσικής
- Βλαχοστέργιος Νικόλαος, Πετρίδου Ελένη, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης (2023). *Διδάσκοντας για τα Μοντέλα και τις Προσομοιώσεις μέσω της Νανοτεχνολογίας: Μια πρόταση διδασκαλίας στα πλαίσια ενός Ομίλου Φυσικής στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.*
- Μπατσιόλας Γεώργιος, Προσπαθόπουλος Αλέξανδρος, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης (2019). *Μια πρόταση για την ένταξη του περιεχομένου της νανοεπιστήμης στο σχολείο μέσω της ενσωμάτωσης του δομικού στοιχείου «Μέγεθος και Κλίμακα».*
- Σαμαρά-Χρυσοστομίδου Αναστασία, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης (2019). *Μια πρόταση για την εισαγωγή της έννοιας «Δυνάμεις και Αλληλεπιδράσεις στη νανοκλίμακα» στη Β΄ βάθμια εκπαίδευση.*
- Ντεβετούδη Ελένη, Τσερέλη Φωτεινή, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης (2022). *Βιομιμητική σε Science Club: Ο αυτοκαθαρισμός στο φύλλο του Λωτού.*

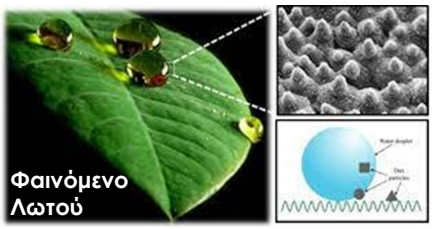
Στα πλαίσια δε του μαθήματος του Π.Μ.Σ. «*Πρακτική Άσκηση σε εκπαιδευτικές δράσεις*» αξιοποιούν τις γνώσεις και τις δεξιότητες που αποκτήθηκαν μέσα από τα υπόλοιπα μαθήματα του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών και σχεδιάζουν και υλοποιούν διδακτικές ή/και επιμορφωτικές δράσεις. Στη συγκεκριμένη περίπτωση σχεδίασαν την Ημερίδα για το ΠΔΕ προσκαλώντας διδάσκοντες του μαθήματος και πρώην μεταπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες του ΠΜΣ, που έχουν παρουσιάσει σε τοπικά Συνέδρια σχετικές εργασίες, με στόχο να εισάγουν τους προπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες στο πώς μπορούν ***Θέματα Νανοκλίμακας και Βιο-μιμητικής*** να εισαχθούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στα πλαίσια εκπαιδευτικών ομίλων (science club). Οι εκπαιδευτικοί όμιλοι τα τελευταία χρόνια εμφανίζονται όλο και πιο τακτικά στο πρόγραμμα λειτουργίας ενός σχολείου, μετά το κανονικό ημερήσιο πρόγραμμά του, και προσφέρονται για την εισαγωγή θεμάτων σύγχρονης φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Μετά την ολοκλήρωση της ημερίδας οι προπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες κατέθεσαν ατομικές αναφορές τουλάχιστον 2000 λέξεων, σχετικά με το θέμα της ημερίδας. Όλοι/ες οι συμμετέχοντες/ουσες ολοκλήρωσαν τις αναφορές τους με την προσωπική τους γνώμη για την ημερίδα. Κοινός σχολιασμός ήταν ότι με το σεμινάριο δόθηκε η ευκαιρία να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους πάνω σε ένα επιστημονικό θέμα που δεν βρίσκεται στο βασικό αντικείμενο σπουδών του Τμήματος Φυσικής. Η δομή του σεμιναρίου, με την εναλλαγή θεωρητικής εισαγωγής, που δεν κούρασε το κοινό, ξενάγησης στα εργαστήρια, παρουσίασης και συζήτησης των πόστερ, με την συνοδεία καφέ, και αναλυτικής παρουσίασης εργασιών, εξασφάλισε στο να έρθουν οι συμμετέχοντες σε επαφή με πολλές πτυχές του θέματος, και να υπάρχει μια ποικιλία στις δραστηριότητες, με αποτέλεσμα ο χρόνος να περάσει ευχάριστα και με το ενδιαφέρον να παραμένει αμείωτο. Τονίστηκε ότι, σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, γνώρισαν σύγχρονες τάσεις στην έρευνα της νανοτεχνολογίας και της βιομιμητικής, αλλά και διδακτικές προτάσεις για την ένταξη θεμάτων τους στην εκπαίδευση με τον κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό. Συνολικά, το σεμινάριο χαρακτηρίστηκε πολύ καλά οργανωμένο, επιτυχημένο όσον αφορά τους στόχους του, ενδιαφέρον και χρήσιμο, παρέχοντας κίνητρα και για τις μετέπειτα σπουδές τους.



Φτερό πεταλούδας σε SEM (πάνω) και AFM (κάτω)

Προτάθηκε να γίνονται περισσότερες παρόμοιες δράσεις σε επίπεδο προπτυχιακών δραστηριοτήτων και, ειδικότερα, προτάθηκε σε ανάλογη ημερίδα να υπάρξει γνωριμία με εκπαιδευτικούς που σχεδίασαν και υλοποίησαν παρόμοιες δραστηριότητες στην τάξη ώστε να προσεγγιστεί το θέμα της ένταξης θεμάτων σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση.



Συντάκτες: Μολοχίδης Αναστάσιος, Πετρίδου Ελένη, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης

συνέβησαν στο τμήμα

ορκωμοσίες

Οι νέοι πτυχιούχοι του Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ που ορκίστηκαν την Τετάρτη 26/4/2023

ΑΝΥΦΑΝΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ • ΒΑΜΒΑΚΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ • ΒΟΝΤΣΑ ΆΝΝΑ • ΓΟΥΛΑ ΙΩΑΝΝΑ • ΔΑΜΙΑΝΟΣ ΔΑΥΙΔ • ΔΕΔΟΥΣΗ ΕΥΓΕΝΙΑ • ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΦΟΙΒΟΣ ΘΩΜΑΣ • ΗΛΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ • ΘΑΝΟΓΛΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ • ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ • ΚΑΠΟΥΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ • ΚΟΛΟΝΙΑΡΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΕΛΕΝΗ • ΚΟΤΡΩΤΣΙΟΥ ΠΗΝΕΛΟΠΗ • ΚΟΥΤΡΟΥΛΗ ΚΑΛΛΙΝΟΗ • ΚΟΥΤΣΑΝΤΑ ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ • ΛΟΪΖΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ • ΜΗΤΣΙΟΥ ΒΑΪΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ • ΜΟΥΡΑΤΙΔΟΥ ΚΑΣΣΙΑΝΗ • ΜΠΑΤΖΙΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ • ΞΕΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΟΔΥΣΣΕΑΣ • ΠΑΠΑΓΕΣΘΗΜΑΝΗ • ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΠΕΞΟΜΑΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ • ΠΕΤΣΑ ΕΛΕΝΗ • ΣΑΒΒΟΓΛΟΥ ΠΑΤΡΟΚΛΟΣ • ΤΑΪΓΑΝΙΔΗΣ ΠΑΝΤΕΛΕΗΜΩΝ • ΤΣΑΝΤΗΛΑ ΜΑΡΙΑ ΑΝΘΗ • ΤΣΙΝΙΔΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ • ΧΑΤΖΗΖΗΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

** παρατίθενται μόνο τα ονόματα όσων συναίνεσαν*

Οι νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής ΑΠΘ που ορκίστηκαν την Δευτέρα 13/03/2023

- **Τρύφων Καϊμακάμης** (επιβλ. Δ. Τάσσης): «Μελέτη και προσομοίωση των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών οργανικών τρανζίστορ».
- **Πολυχρόνης Κολιογιάννης Κουτμηρίδης** (επιβλ. Χ. Μουστακίδης): «Η καταστατική εξίσωση της πυρηνικής ύλης και εφαρμογές στους γρήγορα περιστρεφόμενους αστέρες νετρονίων».
- **Αικατερίνη Ραφαηλία Τσιάπλα** (επιβλ. Μ. Αγγελακέρης): «Τεχνολογικές και βιο-ιατρικές εφαρμογές μαγνητικών νανοδομών».
- **Ιουλιάνα Χρυσάφη** (επιβλ. Ε. Παυλίδου / Δ. Μπικιάρης): «Σύνθεση νέων συμπολυμερών πολυ(γαλακτικού οξέος) για ελεγχόμενη απελευθέρωση φαρμάκων».

..και θα συμβούν στο τμήμα

συνέδρια

Ιούλιος 2023

NANOTEXNOLOGY (1 - 8 July 2023) is the largest technology, networking and matchmaking annual event. it includes premier Internationally established events:

- **International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies (NN23) 4-7 July 2023**
- **International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE23) 3-6 July 2023**
- **International Conference on 3D Printing, 3D Bioprinting, Digital & Additive Manufacturing (I3D23) 5-6 July 2023**
- **International Summer Schools "N&N, OE & Nanomedicine" (ISSON23) 1-8 July 2023,**
- **NANOTEXNOLOGY EXPO 2023, Business Forum, Matchmaking Event 3-7 July 2023.**

NANOTEXNOLOGY explores the opportunities in the emerging fields of Nanotechnologies, Organic & Printed Electronics and Nanomedicine. NANOTEXNOLOGY brings together over 2,000 researchers, scientists, engineers, business, and policy professionals to promote research and industrial collaborations, identify priorities and strengthen the innovation ecosystem. For more info: **https://www.nanotexnology.com/**

2023 nanotexnology
International Conferences & Exhibition on Nanotechnologies, Organic Electronics & Nanomedicine

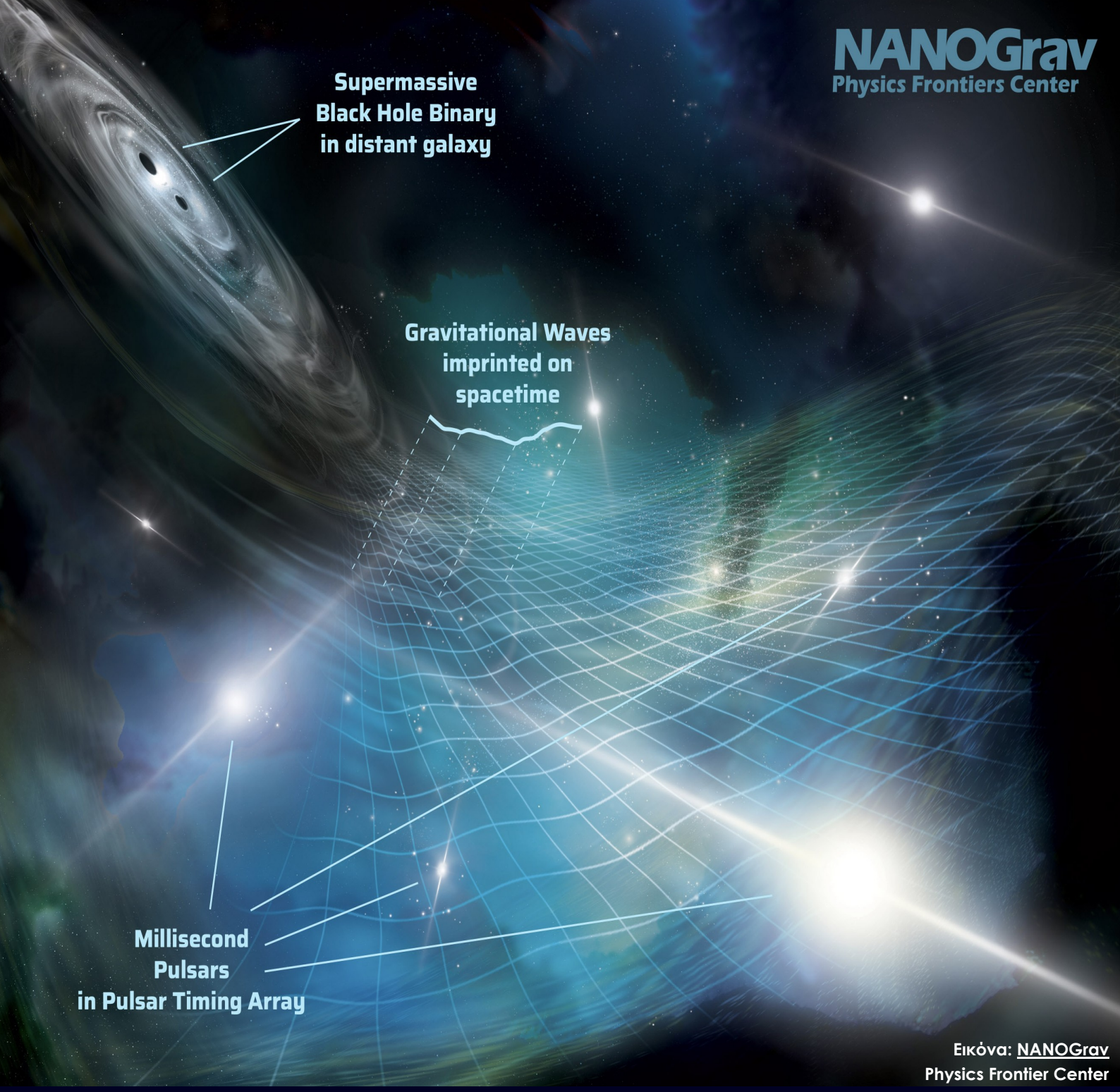
1 - 8 July 2023
Thessaloniki
Greece

Σεπτέμβριος 2023

Το **37ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής Στερεάς Κατάστασης και Επιστήμης Υλικών (ΠΣΦΣΚΕΥ)** διοργανώνεται φέτος από το Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ και θα διεξαχθεί στο ΚΕΔΕΑ Α.Π.Θ. την περίοδο 17-20 Σεπτεμβρίου 2023. Στόχος του ετήσιου συνεδρίου είναι να αποτελέσει ένα φόρουμ για τη συζήτηση των σύγχρονων πειραματικών και θεωρητικών ζητημάτων και των τεχνολογικών προόδων στη Φυσική της Συμπυκνωμένης Ύλης και την Επιστήμη των Υλικών.

Συμμετέχουν επιστήμονες που προέρχονται από τους κλάδους της φυσικής, της χημείας, της επιστήμης και της μηχανικής υλικών. Το συνέδριο προσκαλεί ερευνητές που εργάζονται στον ακαδημαϊκό χώρο, τα ερευνητικά ιδρύματα και τη βιομηχανία στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό και ενθαρρύνει τη συμμετοχή νέων ερευνητών. Η επίσημη γλώσσα του συνεδρίου είναι η αγγλική. Περισσότερες πληροφορίες: **https://fsk37.physics.auth.gr/**

XXXVII
Panhellenic Conference on
Solid State Physics & Materials Science
17-20 September 2023 Thessaloniki | Greece



Εικόνα: NANOGrav
Physics Frontier Center

Μήνυμα από το Βαρυτικό Σύμπαν

Παρακολουθώντας ένα σύνολο από 67 πάλσαρ του Γαλαξία μας (Milky Way), με τη βοήθεια εξαιρετικά μεγάλων ραδιοτηλεσκοπίων, το North American Nanohertz Observatory for Gravitational Waves (NANOGrav) ανακάλυψε την ύπαρξη στοχαστικού υποβάθρου βαρυτικών κυμάτων, μετρώντας προσεκτικά μικρές μετατοπίσεις στους χρόνους άφιξης των παλμών από τα πάλσαρ. Αυτές οι μικρές μετατοπίσεις συνδέονται μεταξύ διαφορετικών πάλσαρ κατά έναν τρόπο που υποδεικνύει ότι οφείλονται σε βαρυτικά κύματα, καθώς ανιχνεύτηκαν και οι λεγόμενες Hellings-Downs συσχετίσεις. Αυτό το στοχαστικό υπόβαθρο των βαρυτικών κυμάτων πιθανώς προκαλείται είτε από ζεύγη υπερμαζικών μελανών οπών εκατοντάδες χιλιάδες ή ακόμα και εκατομμύρια έτη φωτός μακριά, είτε είναι κοσμολογικής προέλευσης από το πρώιμο σύμπαν. Ομάδες ερευνητών σε Ευρώπη, Ασία και Αυστραλία ανακοίνωσαν ανεξάρτητα τα αποτελέσματά τους στις 29/06/2023, επιβεβαιώνοντας και ενισχύοντας αυτήν την ανακάλυψη. Στο παρελθόν, οι ανιχνευτές LIGO και Virgo είχαν ανιχνεύσει βαρυτικά κύματα υψηλότερης συχνότητας από τη συγχώνευση επιμέρους ζευγών τεραστίων αντικειμένων που κινούνται σε τροχιά, όπως μελανές οπές με μάζα της τάξης των αστέρων. Η παραπάνω εικόνα αναδεικνύει αυτό το αποτέλεσμα παραμόρφωσης του χωρόχρονου, απεικονίζοντας δύο περιστρεφόμενες υπερμεγέθεις μελανές οπές και αρκετούς πάλσαρ που παρουσιάζουν ασθενείς χρονικές μετατοπίσεις. Το αποτύπωμα των βαρυτικών κυμάτων στον ίδιο χωροχρόνο απεικονίζεται ως ένα παραμορφωμένο πλέγμα.