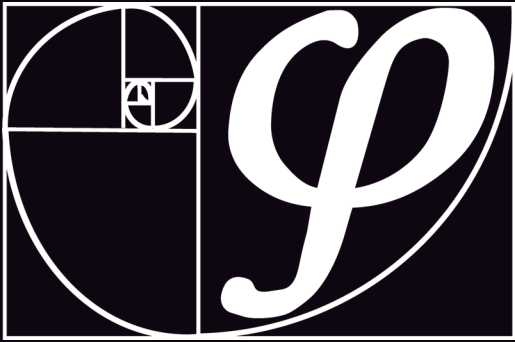




Φαινόμενο

Περίοδος Δ' | Τεύχος 42 | Ιούλιος 2026

ISSN: 2529-1874/2529-1882 (online)

caustic lenses:

εικόνες κρυμμένες σε κοινή θέα

Σελ. 3

πυρηνική ενέργεια:
μια παρεξηγημένη
επιλογή με βαρύ παρελθόν
Σελ. 7

Wolfram Model:
το σύμπαν σαν
«αλγόριθμος»
Σελ. 13

η τεχνολογία στην
εκπαίδευση
Σελ. 18

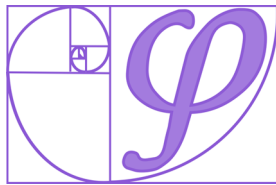
τέταρτη κατάσταση της ύλης:
φωτιά και αστραπή
Σελ. 5

από τα μαθήματα στην έρευνα:
έναν πρακτικό οδηγό
για νέους/ες
φυσικούς
Σελ. 10

η επιταχυνόμενη διαστολή
του σύμπαντος:
θεωρίες από
την γέννηση στο σήμερα
Σελ. 15

ραδιενέργεια: που τη συναντάμε
και πώς να προστατευτούμε
Σελ. 23

Memristor: η αντίσταση με μνήμη
που φέρνει επανάσταση
στους υπολογιστές
Σελ. 14



Φαινόμενο

Περίοδος Δ' · Τεύχος 42
Ιούλιος 2026

Περιοδική έκδοση του Τμήματος
Φυσικής Α.Π.Θ.
(προεδρία Α. Ιωαννίδου)

συντακτική ομάδα

Επιτροπή Επικοινωνίας και
Διάδοσης της Επιστήμης - Υπο -
Επιτροπή Έκδοσης Περιοδικού
«Φαινόμενο»

Σ. Κασσαβέτης · Φ. Πινακίδου ·
Χ. Σαραφίδης · Α. Μάντζαρη ·
Π. Πατσάλας · Ν. Χαστάς

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Λάζαρος Αναστασιάδης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Λουκάς Βλάχος
(Ομότιμος Καθ. Τμ. Φυσικής)
Κωνσταντίνα Μάνου
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Γιώργος Μπόζης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής, Α.Π.Θ.)
Ελένη Μπούρου
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Γεώργιος Λάζαρος Πασβάντης
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Αστέριος Παπαδόπουλος
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Μυρτώ Τερψιάδου
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)
Κωνσταντίνος Τζήκας
(Φοιτητής Τμ. Φυσικής, Α.Π.Θ.)
Νικολέτα Χριστίνα Τζιμούλα
(Φοιτήτρια Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.)

Εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

<http://phenomenon.physics.auth.gr>
E-mail επικοινωνίας:
phenomenon@physics.auth.gr
facebook: τμήμα φυσικής α.π.θ.
& περιοδικό "φαινόμενο"
ISSN: 2529-1874 · 2529-1882 (online)

σημείωμα της σύνταξης

Στο νέο **Τεύχος 42 του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ»** θα διαβάσετε άρθρα φοιτητών/τριών και μελών του Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ. για τους καυστικούς φακούς, την τέταρτη κατάσταση της ύλης, την «παρεξηγημένη» πυρηνική ενέργεια, το μοντέλο Wolfram, την επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος, την τεχνολογία στην εκπαίδευση, τα memristor ως αντιστάσεις με μνήμη, καθώς και για τη ραδιενέργεια - που τη συναντάμε και πώς να προστατευτούμε. Επίσης, θα διαβάσετε έναν πρακτικό οδηγό για νέους/ες φυσικούς από τον κ. Λουκά Βλάχο, ομότιμο καθ. του Τμήματος Φυσικής. Φυσικά δεν ξεχνάμε και όλα όσα συνέβησαν στο Τμήμα Φυσικής! Ευχαριστούμε θερμά τον καθ. του Τμ. Φυσικής Μ. Αγγελακέρη, για την εξαιρετική πρωτοβουλία του να καθοδηγήσει και να παροτρύνει τους φοιτητές του να μετουσιώσουν σε άρθρα, τις τελικές εργασίες τους στο μάθημα επιλογής «Ερευνητική Μελέτη - Επιστημονική Αναφορά».

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

Επιστημονικά νέα	1
Caustic lenses: εικόνες κρυμμένες σε κοινή θέα	3
Τέταρτη κατάσταση της ύλης: φωτιά και αστραπή	5
Πυρηνική ενέργεια: μια παρεξηγημένη επιλογή με βαρύ παρελθόν	7
Από τα μαθήματα στην έρευνα: ένας πρακτικός οδηγός για νέους/ες φυσικούς	10
Wolfram Model: το σύμπαν σαν "αλγόριθμος"	13
Η επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος: θεωρίες από την γέννηση στο σήμερα	15
Η τεχνολογία στην εκπαίδευση	18
Memristor: η αντίσταση με μνήμη που φέρνει επανάσταση στους υπολογιστές	20
Ραδιενέργεια: που τη συναντάμε και πώς να προστατευτούμε	23
Συνέβησαν στο τμήμα	27



Εξώφυλλο: Δρ. Φ. Πινακίδου (Ε.Δι.Π., Τμ. Φυσικής) (Image generated by leonardo.ai)

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 συμβα-

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



Χάρης Σαραφίδης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήματος Φυσικής

Η απεικόνιση μαγνητικών σωματιδίων (MPI) είναι μια καινοτόμος ιατρική απεικονιστική τεχνική υψηλής ευαισθησίας. Έχει εισαχθεί σε χρήση από το 2005, αλλά προς το παρόν περιορίζεται για μελέτες σε ζώα μικρού μεγέθους. Πρόσφατα μία ομάδα στο Κέντρο Βιοϊατρικής Απεικόνισης Athinoula A. Martinos της Μασαχουσέτης δημιούργησε ένα πιλοτικό σύστημα MPI σε κλίμακα ανθρώπινου εγκεφάλου και απέδειξε την δυνατότητα για λειτουργική νευροαπεικόνιση.



Ένα σύστημα MPI λειτουργεί με χρήση υπερπαραμαγνητικών νανοσωματιδίων οξειδίων του σιδήρου (SPIONs), τα οποία χορηγούνται ενδοφλέβια. Τα SPIONs εμφανίζουν μη-γραμμική απόκριση σε εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο: αρχικά η μαγνήτιση τους αυξάνεται σταδιακά μέχρι ένα μέγιστο, όπου έχουμε την μαγνήτιση κόρου. Το MPI εκμεταλλεύεται αυτήν τη συμπεριφορά δημιουργώντας ένα ισχυρό, μη-ομογενές μαγνητικό πεδίο με κλίση στην περιοχή που θέλουμε να απεικονίσουμε, ενώ στο κέντρο της υπάρχει μία γραμμική περιοχή μηδενικού πεδίου (FFL). Ταυτόχρονα στον βιολογικό ιστό εφαρμόζεται και ένα πιο χαμηλό, εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, το οποίο μπορεί να οδηγεί εντός και εκτός κατάστασης κόρου τα σωματίδια που βρίσκονται στην περιοχή FFL. Έτσι, τα SPIONs εντός της FFL, καθώς «μπαινοβγαίνουν» στον μαγνητικό κόρο, παράγουν το σήμα που χρησιμοποιεί η απεικονιστική τεχνική και μετακινώντας αυτή την περιοχή μπορεί να χαρτογραφηθεί η κατανομή των σωματιδίων σε όλο τον εγκέφαλο.



Η τεχνική MPI μπορεί να μετρήσει την τοπική κατανομή των νανοσωματιδίων στο αίμα χωρίς παρεμβολές από το υπόβαθρο, επιτρέποντας έτσι την απεικόνιση της δυναμικής του αίματος στον εγκέφαλο. Στον εγκέφαλο, ο ιχνηθέτης παραμένει στο αίμα, οπότε λαμβάνουμε μια εικόνα της κατανομής του όγκου του αίματος. Αυτό αποτελεί μια σημαντική φυσιολογική παράμετρο προς χαρτογράφηση, καθώς το αίμα είναι ζωτικής σημασίας για την υποστήριξη του μεταβολισμού. Μάλιστα, όταν μια περιοχή του εγκεφάλου χρησιμοποιείται σε μια νοητική διεργασία, ως απόκριση ο τοπικός όγκος του αίματος αυξάνεται κατά περίπου 20



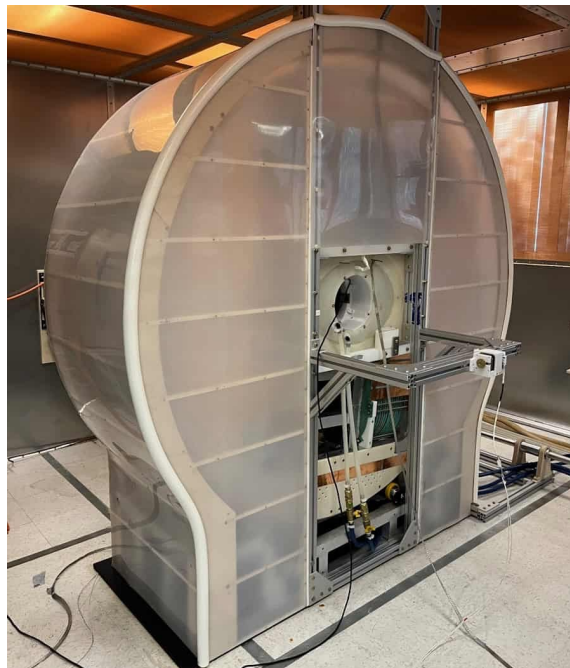
%, επιτρέποντας τη χαρτογράφηση της λειτουργικής δραστηριότητας του εγκεφάλου μέσω της δυναμικής απεικόνισης του όγκου αίματος στον εγκέφαλο.

~~~~~

Οι ερευνητές ξεκίνησαν καθορίζοντας τις παραμέτρους που απαιτούνται για την κατασκευή ενός συστήματος MPI σε κλίμακα ανθρώπινου εγκεφάλου. Μια τέτοια συσκευή θα πρέπει να είναι σε θέση να απεικονίζει την κεφαλή με χωρική διακριτική ικανότητα 6 mm (όπως χρησιμοποιείται σε πολλές μελέτες λειτουργικής νευροαπεικόνισης που βασίζονται στην MRI ) και χρονική διακριτική ικανότητα 5 δευτερολέπτων για τουλάχιστον 30 λεπτά. Για να το επιτύχουν αυτό, αναπροσάρμοσαν τις διαστάσεις του υπάρχοντος απεικονιστή ο οποίος είχε σχεδιαστεί για τρωκτικά.

~~~~~

Ο σαρωτής που κατασκεύασαν αποτελεί το πρώτο σύστημα MPI με βάση την τεχνολογία FFL, σε μέγεθος ανθρώπινης κεφαλής και με μηχανική περιστροφή – προσφέρει την κατάλληλη χωρική και χρονική διακριτική ικανότητα καθώς και ευαισθησία για τη λειτουργική νευροαπεικόνιση του ανθρώπου. Η συσκευή βελτιώνεται διαρκώς, μάλιστα η ομάδα αναπτύσσει ένα υλικό που θα επιτρέπει τη διεξαγωγή μελετών, όπως πηνία λήψης ειδικά για κάθε εφαρμογή, με σκοπό την προετοιμασία πειραμάτων *in vivo*. Προς το παρόν, η ευαισθησία του σαρωτή περιορίζεται από τον θόρυβο υποβάθρου λόγω των ενισχυτών. Η ομάδα προβλέπει ωστόσο ότι η μείωση αυτού του θορύβου θα μπορούσε να αυξήσει την ευαισθησία κατά 20 φορές, προσφέροντας ενδεχομένως βελτίωση κατά μια τάξης μεγέθους σε σχέση με άλλες μεθόδους νευροαπεικόνισης του ανθρώπου και επιτρέποντας την οπτικοποίηση αιμοδυναμικών μεταβολών λόγω της εγκεφαλικής δραστηριότητας.



Σύστημα επίδειξης της βασικής ιδέας (Proof-of-concept). Το πίσω μέρος του σαρωτή MPI που δείχνει την υποδοχή για την κεφαλή του ασθενούς. (Ευγενική παραχώρηση: Lawrence Wald)



**Γιώργος
Μπόζης**

Προπτυχιακός
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.

Είμαι σίγουρος πως κάποια στιγμή, όλοι έχουμε προσέξει στο πυθμένα μιας πισίνας (Εικόνα 1α) αυτές τις μαγευτικές φωτεινές γραμμές ή ίσως το μοτίβο φωτός που δημιουργείται καθώς το φως διέρχεται από ένα ποτήρι νερό. Καθώς οι κυματισμοί στην επιφάνεια του νερού αλλάζουν, το ίδιο συμβαίνει και με τις φωτεινές γραμμές στον πυθμένα και είναι εύκολο να φανταστούμε πώς αυτό

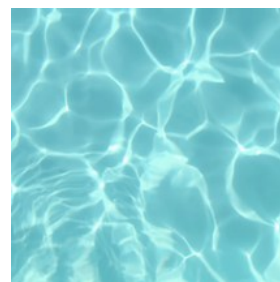
συμβαίνει. Η περιοχή της επιφάνειας του νερού που κυρτώνει συμπεριφέρεται όπως ένας συγκλίνων φακός και με την κατάλληλη κυρτότητα το φως εστιάζεται στον πυθμένα σχηματίζοντας αυτές τις γραμμές (Εικόνα 1β). Αντίστοιχα όταν η επιφάνεια σχηματίζει μια κοιλότητα, το φως αποκλίνει και δημιουργούνται οι σκοτεινές περιοχές. Αυτές οι γραμμές ονομάζονται καυστικές καμπύλες και ο όρος αυτός πηγάζει από το γεγονός ότι το φως του ήλιου όταν συγκεντρώνεται προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας τοπικά («καίει»). Κάποιος επομένως, βλέποντας τα παραπάνω φαινόμενα μπορεί να αναρωτηθεί: πώς μπορώ να σχηματίσω έναν φακό (από γυαλί, πλαστικό, από κάθε διαφανές υλικό, ακόμη και από κάτοπτρα) ώστε να σχηματιστεί μια εικόνα; Αυτό ακριβώς κάνουν οι καυστικοί φακοί (caustic lenses). Είναι κυρτοί και κοίλοι με κατάλληλο τρόπο στα κατάλληλα σημεία, απομακρύνοντας το φως και εστιάζοντάς το στο κατάλληλο σημείο.

Τέτοιου είδους φακοί διαφέρουν από τους συνηθισμένους της καθημερινότητας (μεγεθυντικοί, οι φακοί των γυαλιών οράσεως, τηλεσκοπίων κ.α.)

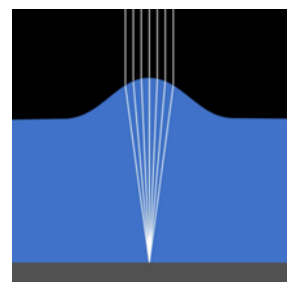
καθώς σκοπός τους δεν είναι η αποτύπωση ενός ειδώλου. Αντ' αυτού, οι καυστικοί φακοί έχουν σκοπό τη διαμόρφωση της προσπίπτουσας κατανομής της έντασης της ακτινοβολίας. Επειδή ακριβώς δεν σχηματίζουν είδωλο λέγονται και ανιδολικοί (anidolic) και υπάγονται στον κλάδο των της μη-απεικονιστικής οπτικής (non-imaging optics). Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι οι καυστικοί φακοί, παραδείγματος χάριν, διαφέρουν από ένα φιλμ καθώς αντί να απορροφούν φως το εκτρέπουν.

Έστω μια τυχαία κατανομή φωτός από έναν φακό (Εικόνα 2). Είναι δυνατό για αυτή τη κατανομή, να σχηματίσουμε ένα διάγραμμα πυκνότητας ισχύος (Voronoi diagram) όπου κάθε κελί αντιπροσωπεύει περιοχές ίσης ισχύος. Στα σημεία όπου η ισχύς είναι πυκνότερη, το κελί μικραίνει ενώ εκεί που είναι πιο αραιή, το κελί μεγαλώνει.

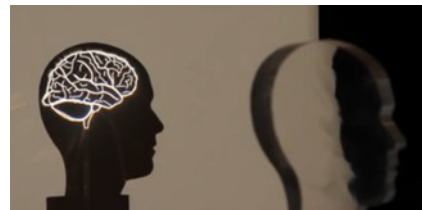
Ξεκινώντας από την παραπάνω κατανομή έστω ότι παρεμβάλουμε ένα λείο κομμάτι γυα-



(α)

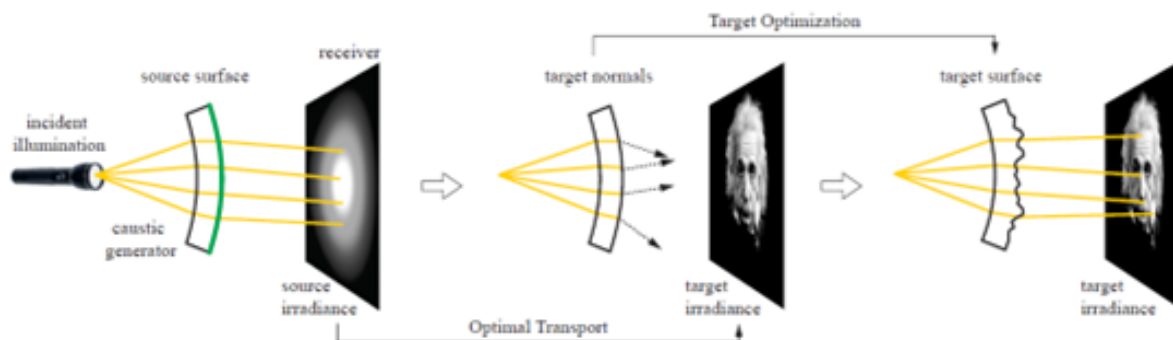


(β)



(γ)

Εικόνα 1: (α) Ο πυθμένας μιας πισίνας (β) το νερό σαν φακός (γ) ένας απλός καυστικός φακός με σχήμα εγκεφάλου

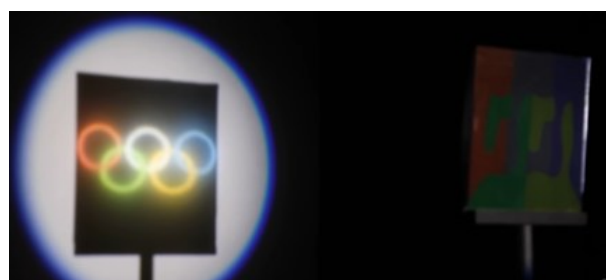


Εικόνα 2: Η διαδικασία της επεξεργασίας (Φωτογραφία από Philippe Halsman - Αρχείο Philippe Halsman)

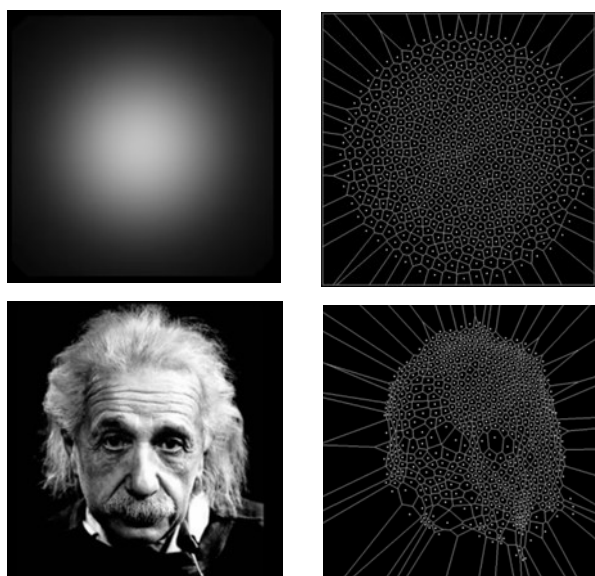
λιού, θέλοντας τώρα να δώσουμε σχήμα στην επιφάνεια του, ώστε να καταλήξουμε στην πιο περίπλοκη κατανομή της παρακάτω εικόνας του Einstein. Το πρόβλημα αρχίζει να γίνεται προφανές. Στις σκοτεινές περιοχές πάνω από τα μάτια θέλουμε να απομακρύνουμε τις δέσμες φωτός, ωστόσο, είναι δυνατό να διασκορπιστούν σε άλλα μέρη της εικόνας κάτι που θέλουμε να αποφύγουμε. Επομένως, σκοπός είναι ο σχηματισμός ενός φακού που θα μεταφέρει τις ακτίνες φωτός με τον συγκεκριμένο επιθυμητό τρόπο.

Το πρόβλημα της αντιστοίχισης της αρχικής κατανομής (εικόνα 3 πάνω δεξιά) στην επιθυμητή (εικόνα 3 κάτω δεξιά) μπορεί να λυθεί χρησιμοποιώντας τη βέλτιστη μεταφορά (optimal transport) από το πεδίο των εφαρμοσμένων μαθηματικών. Έτσι το πρόβλημα μετατρέπεται σε ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης. Αυτό είναι γενικά το σκεπτικό και ένας από τους τρόπους κατασκευής των καυστικών φακών. Ένα ενδιαφέρον

παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 4. Επειδή ο φακός είναι χρωματιστός μπορούμε να δούμε το σημείο από το οποίο ξεκίνησε μια δέσμη και που κατέληξε. Προφανώς τα χρώματα καλύπτουν πλήρως την επιφάνεια εφόσον θέλουμε η εικόνα να έχει σκοτεινό φόντο.



Εικόνα 4: Καυστικός φακός ολυμπιακών δακτυλίων



Εικόνα 3: Πάνω απεικονίζεται αρχική κατανομή (αριστερά) και το διάγραμμα ισχύος (δεξιά). Κάτω βλέπουμε την επιθυμητή κατανομή (αριστερά) και διάγραμμά ισχύος (δεξιά)

Ένα θετικό των καυστικών φακών είναι η υψηλή ευκρίνεια τους. Μπορούν να έχουν έντονες αντιθέσεις ανάμεσα σε σκοτεινές και φωτεινές περιοχές ακόμα και με κατασκευαστικά εργαλεία όπως μια τυπική φρέζα.

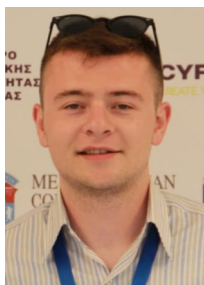
Πέρα από το καλλιτεχνικό κομμάτι του σχηματισμού εικόνων, οι καυστικοί φακοί έχουν κι άλλες εφαρμογές. Χρησιμοποιούν, παραδείγματος χάριν, στα ηλιακά πάνελ καθώς είναι δυνατή η συγκέντρωση περισσότερης ακτινοβολίας και επομένως, η βέλτιστη αξιοποίηση της. Στα κάτοπτρα από φώτα των δρόμων όπου θέλουμε μια ομοιόμορφη κατανομή αποκλειστικά στον δρόμο χωρίς να φωτίζονται τα γύρω σπίτια, στη μικρολιθογραφία, ακόμη και στην ασφάλεια χαρτονομισμάτων από πλαστογράφηση.

Αναφορές

- <https://theialab.ca/pubs/schwartzburg2014caustics.pdf>
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1467-8659.2011.01876.x>
- [https://sci-hub.se/10.1016/S0262-4079\(13\)60310-3](https://sci-hub.se/10.1016/S0262-4079(13)60310-3)

τέταρτη κατάσταση της ύλης

... φωτιά και αστραπή



**Κωνσταντίνος
Τζίκας**

Προπτυχιακός
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.

Η φωτιά και η αστραπή μας συναρπάζουν, αλλά τι τις κάνει τόσο ιδιαίτερες; Η απάντηση βρίσκεται στο πλάσμα, την τέταρτη κατάσταση της ύλης.

Η **φωτιά** είναι μια από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις του ανθρώπου, που βοήθησε στην εξέλιξη του διατροφικά, πνευματικά, κοινωνικά ακόμα και πολεμικά.

Μύθος vs φυσική

Εξίσου θρυλική είναι και η ιστορία από την αρχαία ελληνική μυθολογία του Προμηθέα, ο οποίος έκλεψε την φωτιά από τον οίκο των θεών και την παρέδωσε στους θνητούς ανθρώπους. Ο Προμηθέας τιμωρήθηκε πολύ σκληρά από τους Θεούς για τις πράξεις του. Αυτό το σημείο της μυθολογικής ιστορίας μας δείχνει πόσο σημαντική ήταν η φωτιά για τους αρχαίους Έλληνες και για τους πολιτισμούς της εποχής.

Η φωτιά σήμερα

Στην σύγχρονη εποχή η φωτιά είναι κάτι δεδομένο και πλέον αντικαθίσταται σχεδόν σε κάθε χρήση της (κυρίως για λόγους ασφάλειας) από ηλεκτρικές κουζίνες, λάμπες, θέρμανση με εσωτερική καύση ακόμα και ηλεκτρονικά τσιγάρα. Η φωτιά δεν παύει να είναι όμως μία φαντασμαγορική ανακάλυψη η οποία τρέφει έμπνευση, φόβο και μυστήριο όλα αυτά χάρη στην περιέργη **φύση** της.

Γιατί η φωτιά είναι τόσο διαφορετική από κάθε άλλη μορφή της ύλης;

Όλοι γνωρίζουμε πως όσο τα υλικά θερμαίνον-

ται, παραμορφώνονται και αλλάζουν μορφή και εντέλει καταστρέφονται. Τι γίνεται όμως όταν θερμαίνονται τα αέρια; Αλλάζουν μορφή; Η απάντηση που θα έδιναν οι επιστήμονες είναι η εξής: Καθώς θερμαίνουμε την ύλη αλλάζει μορφή διότι με την αύξηση της θερμοκρασίας, οι σταθεροί δεσμοί μεταξύ των μορίων παύουν να είναι σταθεροί και το στερεό με αυτόν τον τρόπο, γίνεται υγρό και στην συνέχεια αέριο (πάγος, νερό, υδρατμός). Τι θα συμβεί όμως εάν θερμάνουμε ένα αέριο περαιτέρω; Συνήθως απλώς αυξάνεται η θερμοκρασία και κάποιες φορές «ιονίζεται».

Τι είναι η φωτιά, στερεό, υγρό ή αέριο;

Πολλοί θα απαντούσαν αμέσως «αέριο», η αλήθεια όμως είναι λίγο διαφορετική. Η φωτιά από επιστημονικής άποψης είναι ένα «ιονισμένο» αέριο. Η ύλη σε «κανονικές συνθήκες» εμφανίζεται σε 3 διαφορετικές καταστάσεις: Στερεό, Υγρό και Αέριο. Αυξάνοντας σταδιακά τη θερμοκρασία (τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων) παρατηρούμε διαδοχικά αλλαγή φάσης από το στερεό, στο υγρό, στο αέριο. Μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της συχνότητας συγκρούσεων και του βαθμού ιονισμού του αερίου.



Φωτιά: ιονισμός στη φλόγα

Το ιονισμένο αέριο μπορεί να γίνει **πλάσμα** εφόσον υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, οι οποίες σχετίζονται με την Πυκνότητά του, την Θερμοκρασία του και το Χαρακτηριστικό Μήκος. Το πλάσμα δεν παρουσιάζει καμία άλλη αλλαγή φάσης, αλλά συμπεριφέρεται με διαφορετικό τρόπο κατά την εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η φλόγα

λοιπόν όπως και οι αστραπές προσεγγίζουν την τέταρτη μορφή της ύλης, το «πλάσμα», καθώς περιέχουν φορτισμένα σωματίδια, γεγονός που της προσδίδει λάμψη.

Δίας και πλάσμα

Η αστραπή που και αυτή διαδραματίζει έναν πολύ ιδιαίτερο ρόλο στην μυθολογία, ήταν το όπλο του Δία, ενδεικτικό της ισχύος και του κύρους αυτού του φυσικού φαινομένου. Όπως η φωτιά έτσι και η αστραπή προσεγγίζει την κατάσταση του πλάσματος. Δημιουργείται κατά την αποφόρτιση των φορτισμένων νεφών τα οποία φορτίζονται από τον διαχωρισμό των φορτίων εντός του νέφους και αυξάνονται σε όγκο και επιφάνεια όταν υπάρχει υγρασία. Με αυτό τον τρόπο παρατηρούμε λοιπόν το νερό και τις 4 μορφές της ύλης.



Εφαρμογές

Ξεκινώντας από τον πάγο και με τη θέρμανση του, τον μετατρέπουμε σε νερό και αν θερμανθεί εκ νέου θα μετατραπεί σε υδρατμούς. Έτσι σχηματίζονται τα νέφη και πιθανότατα η βροχή και οι αστραπές. Προσοχή! Το πλάσμα της αστραπής σχηματίζεται στον αέρα μεταξύ του νέφους και του εδάφους.

Δεν «βρέχει αστραπές» απλώς τα φορτισμένα σωματίδια του νέφους κάτω από κατάλληλες συνθήκες, καθώς διέρχονται με μεγάλη ταχύτητα και θερμότητα μέσα από τον αέρα, φορτίζουν τον αέρα. Στιγμιαία, για κάποια κλάσματα του δευτερολέπτου έχουμε αυτή την εμφάνιση του λαμπρού πλάσματος είναι η λεγόμενη αστραπή.

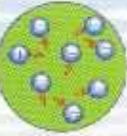
Συμπεράσματα

Πλέον είστε έτοιμοι να συμμετάσχετε σε κάποιο τηλεπαιχνίδι γνώσεων. Τελικά στην φύση, οι βασικές μορφές στις οποίες εμφανίζεται η ύλη είναι τέσσερις (στερεό, υγρό, αέριο, πλάσμα). Υπάρχουν και άλλες μορφές της ύλης οι οποίες όμως δεν απαντώνται στην φύση, αλλά μόνο στις τεχνητές συνθήκες ενός εργαστηρίου. Η φωτιά και η αστραπή είναι δύο συναρπαστικά φαινόμενα τα οποία σίγουρα είναι εκτενώς μελετημένα διαχρονικά αλλά ακόμα και με τα σημερινά δεδομένα δεν μας «κάθονται καλά», δεν «τα χωνεύουμε εύκολα» και μπορούμε να καθόμαστε μα τις ώρες να χαζεύουμε και να θαυμάζουμε αυτά τα μοναδικά φαινόμενα της φύσης.

Πηγές

- ♦ https://www.astro.auth.gr/~vlahos/plasma_physics.pdf
- ♦ https://members.noa.gr/anastasi/school/euratom_2011.pdf
- ♦ <https://www.worldhistory.org/trans/el/1-11877/u/>

Τι είναι το πλάσμα;

Solid	Liquid	Gas	Plasma
Example Ice H_2O	Example Water H_2O	Example Steam H_2O	Example Ionized Gas $H_2 \rightarrow H^+ + H^+ + 2e^-$
Cold $T < 0^\circ C$	Warm $0 < T < 100^\circ C$	Hot $T > 100^\circ C$	Hotter $T > 100,000^\circ C$ (> 10 electron Volts)
			
Molecules Fixed in Lattice	Molecules Free to Move	Molecules Free to Move, Large Spacing	Ions and Electrons Move Independently, Large Spacing

Το πλάσμα αποτελείται από ένα σύνολο ελεύθερα κινούμενων ηλεκτρονίων και ιόντων — ατόμων που έχουν χάσει ηλεκτρόνια. Για τη δημιουργία πλάσματος απαιτείται ενέργεια προκειμένου να αποσπαστούν ηλεκτρόνια από τα άτομα. Η ενέργεια αυτή μπορεί να προέρχεται έχει διάφορες μορφές: θερμική, ηλεκτρική ή φωτεινή (υπεριώδες φως ή μεγάλης ισχύος φως από λέιζερ). Εάν η ενέργεια διατήρησης του πλάσματος δεν είναι ικανή, το πλάσμα επανασυνδέεται και μετατρέπονται σε ένα ουδέτερο αέριο.

Το πλάσμα μπορεί να επιταχυνθεί και να κατευθυνθεί από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο αλλά και τις εφαρμογές του. Η έρευνα στον τομέα του πλάσματος συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του σύμπαντος. Παρέχει επίσης πολλές πρακτικές εφαρμογές: νέες τεχνικές κατασκευής, καταναλωτικά προϊόντα, προοπτικές για άφθονη ενέργεια, περισσότερο αποδοτικό φωτισμό, καθαρισμό επιφανειών, απομάκρυνση αποβλήτων κ.α.

πυρηνική ενέργεια

... μια παρεξηγημένη επιλογή με βαρύ παρελθόν



**Λάζαρος
Αναστασιάδης**

Προπτυχιακός
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Η ανάπτυξη της ατομικής ενέργειας έχει μια βαθιά ιστορία ανακαλύψεων και πρωτοπορίας. Από τη μυστήρια φύση της ραδιενέργειας και τη συνταρακτική δημιουργία της πρώτης ατομικής βόμβας από τις Η.Π.Α, στα τέλη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, έως την κατασκευή σύγχρονων πυρηνικών αντιδραστήρων, το ταξίδι της

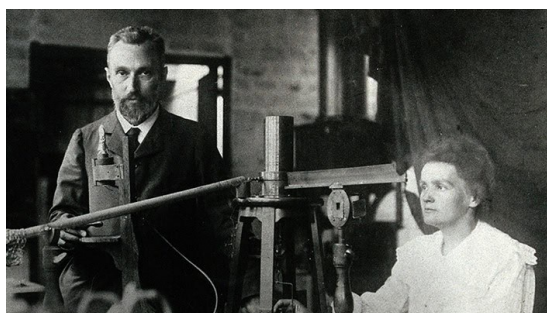
πυρηνικής δύναμης παρουσιάζεται αμφιλεγόμενο. Ποια είναι η αντίληψη του κοινού για την πυρηνική ενέργεια και την χρήση της; Για ποιο λόγο τρομάζει και δημιουργεί δυσφορία;

Τέτοιου είδους ερωτήματα και ανησυχίες οφείλουν να μας απασχολούν όλο και περισσότερο καθώς οδεύουμε προς έναν νέο πυρηνικό κόσμο. Η επιστημονική κοινότητα καλείται να μιλήσει ανοιχτά - να αναδείξει, με ειλι-

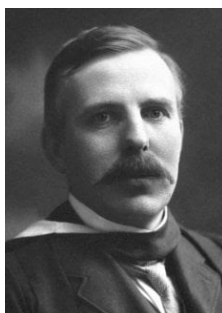
κρίνεια και διαφάνεια - τόσο τα θετικά όσο και τα αρνητικά αυτής της τεχνολογικής μετάβασης.

Χρονοδιάγραμμα - Η ιστορία της Ραδιενέργειας

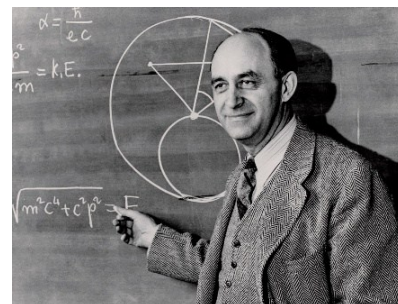
Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, εμφανίζεται στο προσκήνιο ο κλάδος της ατομικής και πυρηνικής φυσικής, με την ανακάλυψη της ραδιενέργειας. Το Μάρτιο του 1896 ο Henri Becquerel ασχολείται με τον φθορισμό. Παρατηρεί τυχαία ότι ένα άλας θειικού ουρανίου εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ανεξαρτήτως αν αυτό βρίσκεται εκτεθειμένο στο ηλιακό φως ή όχι. Πράγματι, η φωτογραφική πλάκα που είχε τοποθετήσει δίπλα στο άλας μαύριζε ακόμη και όταν δεν υπήρχε φωτεινή ενέργεια. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται λόγω της εκπομπής β-ραδιενέργειας και της παρουσίας σωματιδίων α. Ένα χρόνο μετά ο Paul Ulrich Villard ανακαλύπτει ένα τρίτο είδος ακτινοβολίας, τις ακτίνες-γ, ανάλογης φύσης με τις ακτίνες-Χ. Οι Pierre και Marie Curie βαπτίζουν για πρώτη φορά τις παραπάνω διεργασίες ως εκπομπή «ραδιενέργειας» και αφιε-



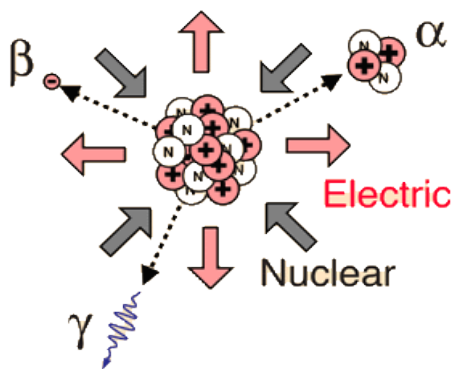
Εικόνα 1: Pierre και Marie Curie



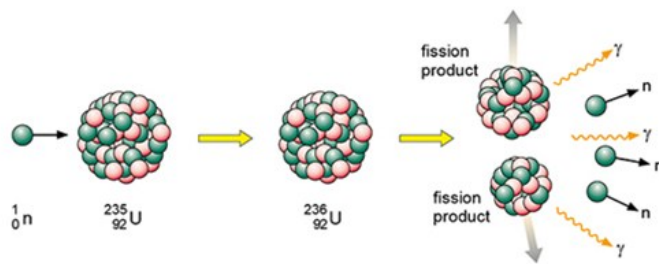
Εικόνα 2: Ernest Rutherford



Εικόνα 3: Enrico Fermi



Εικόνα 4: Εκπομπή ραδιενέργειας από πυρήνα λόγω αστάθειας.



Εικόνα 5: Γενική διαδικασία πυρηνικής διάσπασης – Βομβαρδισμός Ουρανίου με νετρόνιο.

ρώνουν το υπόλοιπο της ζωής στην μελέτη ραδιενεργών στοιχείων και των ισοτόπων τους όπως είναι το Πολώνιο (Po) και το Ράδιο (Ra).

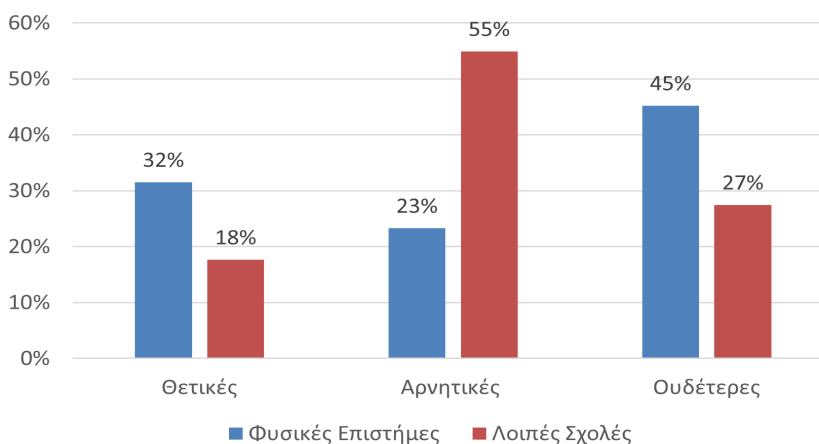
Σύμφωνα με την Θεωρία της Διάσπασης των Ραδιενεργών Στοιχείων (1902) του Ernest Rutherford, ένας ασταθής πυρήνας ραδιενεργού ατόμου έχει την δυνατότητα να μετασχηματιστεί και να δημιουργήσει ένα νέο σταθερότερο στοιχείο με την εκπομπή σωματιδίων-α ή ακτινών β, γ. Η παραπάνω θεωρία σε συνδυασμό με την ανακάλυψη του νετρονίου από τον James Chadwick το 1932, οδηγεί την επιστημονική κοινότητα στην κρίσιμη πυρηνική σχάση. Το 1934 ο Enrico Fermi διεξάγει μια σειρά πειραμάτων και καταλήγει στο φαινόμενο της πυρηνικής διάσπασης βομβαρδίζοντας με νετρόνια βαριά στοιχεία του Περιοδικού Πίνακα οδηγούμενος σε νέες μεταστοιχειώσεις. Αν και πολλά παράγωγα στοιχεία ήταν βαρύτερα από τον στόχο του, κάποια φαινόταν να παρουσιάζονται ελαφρύτερα. Έτσι, το 1938 οι Otto Hahn και Fritz Strassman επιβεβαίωσαν στο Βερολίνο ότι πράγματι υπήρξε η διεργασία της ατομικής διάσπασης καθώς προέκυψαν στοιχεία όπως το Βάριο (Ba) και νέα στοιχεία με μάζα ίση με το μισό της μάζας του Ουρανίου (U).

Η θεωρία ισχυρίζεται ότι το νετρόνιο αιχμαλωτίζεται από

τον πυρήνα ο οποίος στην συνέχεια ταλαντώνεται ισχυρά και διασπάται σε δύο άνισα κομμάτια. Η διαδικασία αυτή συνοδεύεται από την απελευθέρωση τεράστιων ποσών ενέργειας. Η εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας μας απασχολεί διαρκώς, πασχίζοντας να αξιοποιήσουμε ακόμα ένα θαύμα της επιστήμης στην καθημερινή μας ζωή.

Παραπληροφόρηση και πυρηνική ενέργεια

Ποια ήταν η πρώτη πρακτική εφαρμογή της νέας αυτής ανακάλυψης; Η ατομική βόμβα (1945). Ένα νέο όπλο μαζικής καταστροφής στην φαρέτρα των κυβερνήσεων. Ο ανταγωνισμός και το συμφέρον επισκιάζουν τα απάνθρωπα αποτελέσματα του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και δημιουργούν μια νέα εποχή παραγωγής πυρηνικών όπλων που γίνεται ιδιαίτερος εμφανής σήμερα, κατά την α-



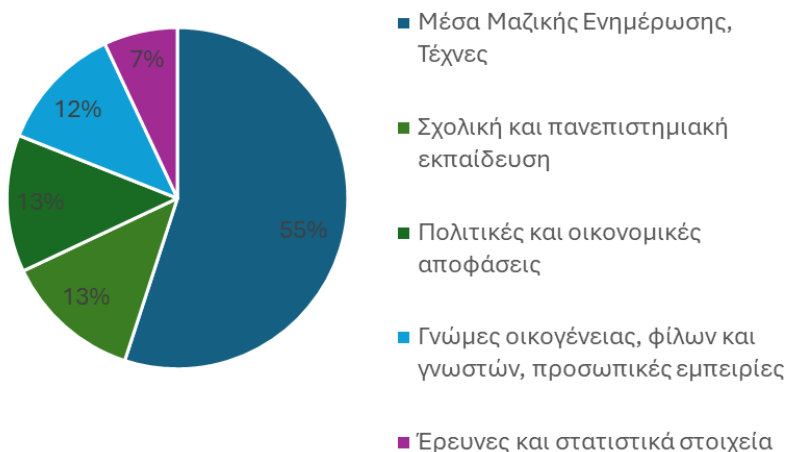
Εικόνα 6: Συσχέτιση πυρηνικής ενέργειας με θετικές, αρνητικές και ουδέτερες έννοιες από φοιτητές.

ναζωπύρωση των πολεμικών συγκρούσεων σε όλο τον κόσμο.

Πως περιμένουμε ο πολίτης να βασιστεί στην επιστήμη και να εμπιστευτεί το μέλλον του σε αυτή, όταν το μόνο που διαβάζει και ακούει στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης είναι η αλόγιστη χρήση της Πυρηνικής Ενέργειας στην μοντέρνα εποχή του πολέμου; Μια έρευνα που διεξήχθη πριν από λίγο καιρό από την Στόικου Φωτεινή και τον Καρακάρα Κωνσταντίνο, φοιτητές του Τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στα πλαίσια του μαθήματος “Παραγωγή Ενέργειας από Συμβατικές και Πυρηνικές Πηγές” εξέτασε την γνώμη του φοιτητικού κοινού για την πυρηνική ενέργεια και την χρησιμότητα της. Σε μια πρώτη προσέγγιση, μόλις το 18 % των φοιτητών που δεν φοιτούν σε σχολές Φυσικών Επιστημών συσχετίζουν την πυρηνική ενέργεια με «θετικές» έννοιες, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, πράσινη ενέργεια κ.α. ενώ το υπόλοιπο 82 % την συνδέει με «αρνητικές» (55 %) ή ουδέτερες έννοιες (όπως επιστήμη, αντιδραστήρες, εργοστάσιο). Η συγκεκριμένη έρευνα εξέτασε την άποψη του κοινού και σε άλλα σχετικά θέματα όπως η σύγκριση ορυκτών καυσίμων – πυρηνικής ενέργειας σε οικονομικό επίπεδο και σε επίπεδο ασφάλειας. Παραπάνω από το μισό δείγμα των φοιτητών (55 %) που συμμετείχαν ισχυρίζεται ότι η γνώμη του κοινού επηρεάζεται κυρίως από τα ΜΜΕ και τις τέχνες.

Ένα αισιόδοξο ενεργειακό μέλλον - Βιώσιμες Εφαρμογές

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανικές και ιατρικές εφαρμογές, ερευνητική χρήση στις επιστήμες. Αυτά είναι μερικά παραδείγματα της προόδου που προσφέρει η σωστή αξιοποίηση της πυρηνικής ενέργειας. Προσφέρεται, επιπλέον, μια λύση στο ύψιστης σημασίας ζήτημα της κλιματικής κρι-



Εικόνα 7: Τι επηρεάζει κατά κύριο λόγο την άποψη του κοινού σύμφωνα με τους φοιτητές.

σης και καταστροφής του περιβάλλοντος: Χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μια ακόμη συμπληρωματική επιλογή στις ήδη υπάρχουσες ανανεώσιμες πηγές. Η συνεχής προβολή της πυρηνικής δύναμης ως κάτι καταστροφικό αλλοιώνει την σχέση μας με την επιστήμη. Όπως ισχύει με οτιδήποτε άλλο, οι αλόγιστες πράξεις και αποφάσεις των ανθρώπων μπορούν να μετατρέψουν ένα εργαλείο σε φονικό όπλο. Αξίζει, όμως, να προσπαθήσουμε συλλογικά στη ενίσχυση της εμπιστοσύνης του πολίτη στην επιστήμη και να προβάλουμε τα οφέλη που αυτή προσφέρει, οδηγούμενοι από ευδιάκριτα και ηθικά κοινωνικοπολιτικά κίνητρα.

Πηγές

- ♦ <https://www.encyclopedie-energie.org/en/nuclear-energy-brief-history/>
- ♦ <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy>
- ♦ <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Nuclear/radact.html>
- ♦ Γνώμες και Αντιλήψεις Φοιτητικού Κοινού για την Πυρηνική Ενέργεια, Στόικου Φωτεινή και Καρακάρας Κωνσταντίνος, Τμ. Φυσικής Α.Π.Θ.
- ♦ <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-and-the-environment.php>
- ♦ <https://www.open.edu/openlearn/mod/oucontent/view.php?id=26801§ion=3.3>

από τα μαθήματα στην έρευνα

... ένας πρακτικός οδηγός για νέους/ες φυσικούς



**Λουκάς
Βλάχος**

Ομότιμος Καθ.
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Γιατί η μετάβαση δεν είναι αυτόματη

Στα μαθήματα η επιτυχία μετριέται με την κατανόηση μιας ύλης και την επίλυση ασκήσεων με καθορισμένο πλαίσιο. Στην έρευνα, όμως, το πλαίσιο το φτιάχνετε εσείς: διαλέγετε τι να μετρήσετε, τι να υπολογίσετε, ποια υπόθεση αξίζει, και πότε ένα αποτέλεσμα είναι αρκετά αξιόπιστο ώστε να σταθεί δημόσια. Η απόσταση ανάμεσα σε «πέρασα το μάθημα» και σε «παρήγαγα νέο γνώ-

ση» είναι συχνά μεγάλη - όχι επειδή λείπει η ευφυΐα, αλλά επειδή αλλάζουν οι κανόνες του παιχνιδιού.

Στο κείμενο αυτό κρατώ μια οπτική κυρίως θεωρητικής/υπολογιστικής φυσικής (και ειδικά αστροφυσικής), αλλά τα βασικά μοτίβα ισχύουν σχεδόν παντού. Δεν υπάρχουν απόλυτοι κανόνες· υπάρχουν όμως συνήθειες που αυξάνουν δραστικά την πιθανότητα να δουλεύετε καθαρά, γρήγορα και με ουσιαστικό τρόπο.

Μίλα με ανθρώπους πριν «κολλήσεις»

Η έρευνα δεν είναι άθλημα μοναχικού δρομέα. Στα μαθήματα σε μαθαίνουν να δουλεύεις μόνος/η και να φτάνεις στη λύση χωρίς «βοήθειες». Στο εργαστήριο ή στο γραφείο της ομάδας, το ζητούμενο είναι να λυθεί το πρόβλημα, και αυτό συνήθως θέλει συνεργασία.

Αν νιώθεις ότι χάνεις εβδομάδες «χτυπώντας το κεφάλι σου στον τοίχο», το πιθανότερο είναι ότι έπρεπε να μιλήσεις νωρίτερα. Αν ο/η επιβλέπων/ουσα είναι δύσκολο να βρεθεί άμεσα, ξεκίνα από μεταδιδάκτορες ή πιο προχωρημένους/ες υποψήφιους/ες διδάκτορες. Συχνά θα σε ξεμπλοκάρουν μέσα σε δέκα λεπτά, είτε με μια τεχνική λεπτομέρεια είτε - κυρίως - βοηθώντας σε να διατυπώσεις σωστά την ερώτηση. Η σωστή ερώτηση είναι ήδη μισή λύση.

Μην ξεκινάς με «βιβλιογραφία μέχρι να λιποθυμήσεις»

Είναι δελεαστικό να αρχίσεις από την πρώτη μέρα να διαβάξεις δεκάδες άρθρα. Σε πολλά προβλήματα αυτό οδηγεί σε δύο παγίδες. Πρώτον, δεν χτίζεις διαίσθηση: μαθαίνεις τι έκαναν άλλοι χωρίς να έχεις παλέψει με το «γιατί» και το «πώς». Δεύτερον, μπαίνεις πολύ γρήγορα στο κανάλι σκέψης της κοινότητας και μειώνεις τις πιθανότητες να δεις κάτι πρωτότυπο.

Η δική μου προτίμηση, και παίρνω θέση εδώ, είναι να ξεκινάς από τις πρώτες αρχές. Δώσε στον εαυτό σου λίγες μέρες να φτιάξει ένα πρόχειρο μοντέλο: τι είναι οι κυρίαρχες δυνάμεις, ποια είναι η πηγή ενέργειας, ποιοι χρόνοι κλίμακας παίζουν ρόλο. Μετά έρχεται η βιβλιογραφία ως έλεγχος και εμπλουτισμός: συγκρίνεις το δικό σου σκεπτικό με το συλλογικό αποτέλεσμα της κοινότητας. Έτσι διαβάζεις με σκοπό, όχι από άγχος.

Διάβαζε άρθρα με δυσπιστία και στρατηγική

Οι δημοσιευμένες εργασίες δεν είναι «ιερά κείμενα». Είναι στιγμιότυπα μιας διαδικασίας που εξελίσσεται και συχνά περιέχουν άλματα, παραλείψεις ή και λάθη. Αν τις διαβάζεις παθητικά, κινδυνεύεις να υιοθετήσεις και τα καλά και τα κακά μαζί.

Διάβαζε στρατηγικά: περίληψη, μετά μια προσωπική πρόβλεψη για το τι θα έπρεπε να βγει, έπειτα εισαγωγή και συμπεράσματα. Μόνο αν αξίζει, μπες στο κύριο σώμα. Και σε κάθε βήμα ρώτα: «έχει λογική», «πι θα γινόταν σε ορισκές περιπτώσεις», «ποιες υποθέσεις είναι κρυμμένες εδώ;». Η έρευνα προχωρά όταν ένας/μία νέος/α ερευνητής/τρια κάνει αυτές τις ερωτήσεις συστηματικά, όχι όταν αποστηθίζει.

Ο υπολογιστής και η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι λάθος μέχρι αποδείξεις του εναντίου

Το ότι κάτι βγαίνει από πρόγραμμα, σχήμα ή πίνακα δεν το κάνει σωστό. Ο κώδικας εκτελεί αυτό που του είπες — σωστό ή λάθος. Ένας παραγωγικός κανόνας που θα ήθελα να γίνει ένστικτο είναι: ο υπολογιστής είναι λάθος μέχρι να αποδειχθεί σωστός.

Το ίδιο ισχύει (ίσως ακόμη πιο έντονα) για τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης. Μπορούν να παρά-

γουν πειστικές εξηγήσεις, κώδικα και «σωστά-φαινομενικά» συμπεράσματα χωρίς να είναι ακριβή. Αν χρησιμοποιείς ΤΝ για υπολογισμούς ή κώδικα, κράτα το ίδιο πρωτόκολλο ελέγχου: δοκιμές σε απλά προβλήματα με αναλυτική λύση, έλεγχοι ορίων, έλεγχοι τάξης μεγέθους, και αναπαραγωγιμότητα (παράμετροι, εκδόσεις, seeds, και μια σύντομη καταγραφή του τι ζήτησες από την ΤΝ και τι άλλαξες).

Η σωστή προσέγγιση εξαρτάται από το τι απάντη-ση χρειάζεσαι

Μια από τις πιο δύσκολες μεταβάσεις είναι ότι στην έρευνα σπάνια υπάρχει «ακριβής λύση». Υπάρχουν προσεγγίσεις, και η επιλογή τους εξαρτάται από το ζητούμενο: άλλο είναι να θες τάξη μεγέθους, άλλο να θες 10%, κι άλλο να θες λεπτομερή σύγκριση με δεδομένα υψηλής ποιότητας.

Εδώ η θέση μου είναι καθαρή: μάθε να μην «πληρώνεις» ακρίβεια που δεν χρειάζεσαι. Οι νέοι/ες ερευνητές/τριες συχνά πέφτουν στην παγίδα του υπερ-μοντέλου, χτίζοντας από την αρχή κάτι βαριά λεπτομερές που δεν επιτρέπει γρήγορη εξερεύνηση. Ξεκίνα με ένα απλό μοντέλο που πιάνει τον μηχανισμό, και μόνο όταν ξέρεις ποιο κομμάτι του μοντέλου «πονάει» πήγαινε σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Οι εκτιμήσεις τάξης μεγέθους είναι εργαλείο επιβίωσης

Οι εκτιμήσεις (order-of-magnitude) σε σώζουν από εβδομάδες δουλειάς. Με ένα απλό επιχείρημα μπορείς να δείξεις ότι ένας μηχανισμός δεν μπορεί να δουλέψει, ή ότι μια επίδραση είναι αμελητέα/κυρίαρχη.

Καλλιέργησε τη συνήθεια να κάνεις «γενναιόδωρες» υποθέσεις και να δείχνεις ότι ακόμη κι έτσι το συμπέρασμα στέκει (ή δεν στέκει). Με τον καιρό φτιάχνεις μια νοητική «τράπεζα» τυπικών μεγεθών: χρόνους, μήκη, πυκνότητες, πεδία, ρυθμούς. Αυτή η τράπεζα είναι το ταχύτερο εργαλείο αξιολόγησης ιδεών.

Φτιάξε εργαλειοθήκη: μικρές πράξεις, μεγάλα κέρδη

Η φυσική (και ιδίως η αστροφυσική) ακουμπά τεράστιο φάσμα γνώσης. Δεν γίνεται κάθε φορά να ξανα-παράγεις τα πάντα από μηδενική βάση. Χρειάζεσαι μια εργαλειοθήκη από μικρούς, γρήγορους υπολογισμούς και κανόνες: ποια πηγή ενέργειας κυριαρχεί; ποιος χρόνος κλίμακας μετράει; τι περιμένεις να συμβαίνει αν διπλασιάσεις μια παράμετρο;.

Κράτα πάντα στο μυαλό τα όρια εγκυρότητας. Μια προσέγγιση που δουλεύει σε ένα υπολογιστικό εργαλείο μπορεί να είναι τελείως λάθος σε άλλο. Το να γνωρίζεις πού σπάει ένα επιχείρημα είναι σχεδόν πιο σημαντικό από το ίδιο το επιχείρημα.

Γνώρισε τα δεδομένα και τις παρατηρήσεις

Σε πολλά πεδία της φυσικής η θεωρία μπορεί να προηγείται. Σε πολλά πεδία της φυσικής και κυρίως

στην αστροφυσική και διαστημική φυσική, όμως, οι παρατηρήσεις και τα δεδομένα θέτουν τα όρια και συχνά υπαγορεύουν την ερώτηση. Αν δεν ξέρεις τι έχει μετρηθεί, με ποιο όργανο και υπό ποιους περιορισμούς, κινδυνεύεις να φτιάχνεις μοντέλα για φαινόμενα που δεν υπάρχουν ή να εξηγείς με ακρίβεια κάτι που δεν είναι το ουσιαστικό.

Η τέχνη είναι να ξεχωρίζεις ποια χαρακτηριστικά των δεδομένων είναι καθοριστικά για το μοντέλο και ποια είναι λεπτομέρειες που μπορούν να περιμενούν. Αυτή η διάκριση κάνει τη διαφορά ανάμεσα σε παραγωγική εργασία και σε ατέρμονη τελειοθρία.

Δυνατά σημεία, αδυναμίες και σωστή επιλογή προβλήματος

Η έρευνα απαιτεί μίγμα δεξιοτήτων: φυσική διαίσθηση, μαθηματική αυστηρότητα, υπολογιστική αξιοπιστία, τεκμηρίωση, γραπτή έκφραση, και επικοινωνία. Ελάχιστοι/ες τα έχουν όλα στο ίδιο επίπεδο.

Η πρακτική συμβουλή είναι να εντοπίσεις σε τι είσαι ήδη πολύ καλός/ή και να διαλέξεις προβλήματα που ταιριάζουν σε αυτό — ενώ ταυτόχρονα δουλεύεις μεθοδικά τις αδυναμίες σου. Το να διαλέγεις «λάθος» πρόβλημα (όχι δύσκολο, αλλά ασύμβατο με τις δεξιότητές σου) είναι από τις συχνότερες αιτίες αργής προόδου.

Μην εγκλωβίζεσαι σε υπερβολικά στενό αντικείμενο

Υπάρχει η άποψη ότι η επιτυχία απαιτεί εξειδίκευση σε ένα εξαιρετικά περιορισμένο θέμα. Εγώ διαφωνώ: η ευρύτητα είναι πραγματικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, ειδικά στα πρώτα χρόνια.

Η ευρύτητα σε βοηθά να αλλάζεις πεδίο όταν «σκαλώνει» η ανάλυση, να δανείζεσαι τεχνικές από άλλους κλάδους, να αναγνωρίζεις αναλογίες, και - το πιο σημαντικό - να μιλάς με περισσότερους ανθρώπους. Παρακολούθησε σεμινάρια έξω από το στενό σου αντικείμενο, διάβασε επιλεκτικά ανασκοπήσεις, δες περιλήψεις πρόσφατων εργασιών και συζήτησε. Η έρευνα είναι κοινωνικό δίκτυο ιδεών: όσο πιο σωστά συνδέεσαι, τόσο πιο γρήγορα μαθαίνεις.

Επίλογος

Αν έπρεπε να συμπυκνώσω όλα τα παραπάνω σε μία πρόταση, θα ήταν η εξής: χτίσε διαίσθηση από πρώτες αρχές, έλεγξε κάθε αποτέλεσμα (κώδικα ή ΤΝ) σαν να είναι ύποπτο, και μίλα συστηματικά με ανθρώπους. Αυτά δεν εγγυώνται επιτυχία - αλλά κάνουν την αποτυχία πολύ πιο σπάνια.

Καλή αρχή και καλή αντοχή· η έρευνα είναι μαραθώνιος, αλλά είναι από τους λίγους μαραθωνίους που ανταμείβουν και το μυαλό και τον χαρακτήρα.

16 Μαΐου: Διεθνής Ημέρα Φωτός



Η UNESCO έχει θεσπίσει τη **Διεθνή Ημέρα του Φωτός** να γιορτάζεται κάθε χρόνο στις **16 Μαΐου**, με αφορμή την επέτειο της πρώτης επιτυχούς λειτουργίας λέιζερ το 1960 από τον φυσικό και μηχανικό Theodor Maiman.

Η πρωτοβουλία αυτής στοχεύει να αξιοποιήσει το δυναμικό της επιστήμης του φωτός προωθώντας: (i) Την ανάδειξη της σημασίας του φωτός και των σχετικών τεχνολογιών στην καθημερινή ζωή και στο μέλλον της κοινωνίας, (ii) την επισήμανση της σημασίας της βασικής έρευνας και της επένδυσης σε τεχνολογίες φωτός για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και τεχνολογιών, (iii) την ευαισθητοποίηση σχετικά με τον ρόλο της τεχνολογίας και του σχεδιασμού στην ενεργειακή απόδοση και τον περιορισμό της φωτορύπανσης, (iv) την ενίσχυση της επιστημονικής παιδείας, με έμφαση στη νεολαία, την ισότητα των φύλων και τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Το φως βρίσκεται στον πυρήνα της επιστημονικής γνώσης και της τεχνολογικής εξέλιξης. Από την αρχαιότητα έως σήμερα, η μελέτη των ιδιοτήτων του έχει διαμορφώσει όλους τους επιστημονικούς κλάδους. Η μελέτη του φωτός έχει οδηγήσει σε ρηξικέλευθες επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις, από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις ιατρικές διαγνώσεις, έως την ταχύτατη μετάδοση δεδομένων μέσω διαδικτύου, αναδιαμορφώνοντας την καθημερινότητά μας και εμβαθύνοντας την κατανόησή μας για το σύμπαν.

Τεχνολογία

Οι τεχνολογίες φωτός και η επιστήμη της φωτονικής προσφέρουν απτές λύσεις στις ανάγκες της ανθρωπότητας, επιταχύνοντας την πρόσβαση στην πληροφορία, βελτιώνοντας το βιοτικό επίπεδο και προωθώντας τη βιώσιμη ανάπτυξη. Σύγχρονα επιστημονικά πεδία όπως η νανοφωτονική, η κβαντική οπτική και η υπερταχεία επιστήμη, ανοίγουν νέους ορίζοντες γνώσης.

Φωτονική: αποτελεί σημαντικό μοχλό της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς αξιοποιείται σε τομείς όπως η ιατρική, η ενέργεια και οι επικοινωνίες, από τα οπτικά βοηθήματα και τα smartphones, μέχρι τις οπτικές ίνες που στηρίζουν το διαδίκτυο και τα τεχνολογικά εργαλεία για την παρατήρηση του διαστήματος, καθιστώντας έτσι τη φωτονική βασική τεχνολογία του μέλλοντος.

Κβαντική οπτική: κλάδος της ατομικής, μοριακής και οπτικής φυσικής και της κβαντικής χημείας που μελετά τη συμπεριφορά των φωτονίων.

Περιλαμβάνει τη μελέτη των σωματιδιακών ιδιοτήτων των φωτονίων και την αλληλεπίδρασή τους, για παράδειγμα, με άτομα και μόρια. Οι εφαρμογές της περιλαμβάνουν σύγχρονες εξελίξεις στην αποθήκευση πληροφορίας όπως είναι οι κβαντικοί υπολογιστές.

Υπερταχεία επιστήμη (ultrafast science): η μελέτη φυσικών και χημικών διεργασιών που συμβαίνουν σε απειροελάχιστες χρονικές κλίμακες, femtoseconds (10^{-15} s: 1 fs είναι ένα τετράκις εκατομμυριοστό του sec) ή ακόμα και attoseconds (10^{-18} s: 1 as είναι ένα πεντάκις εκατομμυριοστό του sec). Με αυτή την ταχύτητα, οι ερευνητές τραβούν εικόνες stop-motion κινούμενων ατόμων και ηλεκτρονίων. Χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση θεμελιωδών κβαντικών αλληλεπιδράσεων, τη διάσπαση του τρόπου με τον οποίο οι πρωτεΐνες απορροφούν το φως για ενέργεια και την κατανόηση ακριβώς πώς σχηματίζονται και σπάνε οι χημικοί δεσμοί. Για να πραγματοποιήσουν αυτές τις μετρήσεις, οι επιστήμονες βασίζονται σε εξειδικευμένα, εξαιρετικά ισχυρά εργαλεία όπως τα **Λέιζερ ακτίνων Χ**.

Βιώσιμη Ανάπτυξη

Το φως και οι τεχνολογίες που βασίζονται σε αυτό βρίσκονται στον πυρήνα της βιώσιμης ανάπτυξης και της κοινωνικής προόδου. Από τον ηλεκτροφωτισμό και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έως την πρόσβαση σε πληροφορίες και την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης, η αξιοποίηση του φωτός έχει τη δύναμη να μεταμορφώσει τις ζωές των ανθρώπων, ιδιαίτερα σε περιοχές του κόσμου που παραμένουν στο περιθώριο της τεχνολογικής εξέλιξης. Η βελτίωση της πρόσβασης σε κατάλληλη ενεργειακή υποδομή αποτελεί βασική προϋπόθεση για την εκπαίδευση, την ασφάλεια και την ανάπτυξη των κοινοτήτων παγκοσμίως.

Εκπαίδευση

Το φως αποτελεί πηγή έμπνευσης και μέσο διδασκαλίας σε πλήθος επιστημονικών και καλλιτεχνικών πεδίων. Εκπαιδευτικά προγράμματα που βασίζονται στην επιστήμη του φωτός ενισχύουν την επιστημονική παιδεία παγκοσμίως, στοχεύοντας ιδίως σε παιδιά, σε χώρες με αναπτυσσόμενες οικονομίες και με έμφαση στην ισότητα των φύλων.

Η διδασκαλία θεμάτων σχετικών με το φως ενθαρρύνει την τοπική καινοτομία, ακόμη και σε περιοχές με περιορισμένους πόρους, ενώ παράλληλα προωθεί την ενασχόληση με τις επιστήμες, τη μηχανική και την επιχειρηματικότητα.

Wolfram Model

... το σύμπαν σαν «αλγόριθμος»



**Μυρτώ
Τερψιάδου**

Προπτυχιακή
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Η αναζήτηση μιας ενοποιημένης θεωρίας της φύσης παραμένει ένα από τα μεγαλύτερα ανοιχτά προβλήματα της σύγχρονης φυσικής. Τα τελευταία χρόνια, μια καινούργια πρόταση έρχεται να επαναδιατυπώσει το ερώτημα: και αν το σύμπαν δεν είναι γεωμετρικό ή συνεχές, αλλά υπολογιστικό; Το λεγόμενο Wolfram Model, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του *Wolfram Physics Project*, προτείνει ότι ο

κόσμος δεν βασίζεται σε εξισώσεις πεδίου αλλά σε απλούς κανόνες μετασχηματισμού που δρουν πάνω σε διακριτές δομές πληροφορίας. Το άρθρο αυτό επιχειρεί μια εισαγωγή στη φιλοσοφία, τις βασικές έννοιες και τις προοπτικές αυτού του μοντέλου, καθώς και στον ρόλο των εργαλείων της Wolfram στη μελέτη του.

Από τη συνεχή στη διακριτή πραγματικότητα

Η παραδοσιακή φυσική περιγράφει τον χώρο και τον χρόνο ως συνεχείς μεταβλητές. Ωστόσο, ήδη από τη δεκαετία του 1980, ο Stephen Wolfram, στο βιβλίο του «A New Kind of Science», υποστήριξε ότι απλοί υπολογιστικοί κανόνες μπορούν να παράγουν εξαιρετικά πολύπλοκη συμπεριφορά. Η βασική ιδέα είναι ότι η πολυπλοκότητα της φύσης δεν απαιτεί περίπλοκες εξισώσεις, αλλά μπορεί να προκύψει από απλούς κανόνες (rules) οι οποίοι εφαρμόζονται επαναλαμβανόμενα με τον συνδυασμό κατάλληλων αρχικών συνθηκών.

Αυτό οδηγεί σε μια θεμελιώδη έννοια: την υπο-

λογιστική μη-αναγωγισμότητα (computational irreducibility), δηλαδή το ότι δεν μπορούμε να προβλέψουμε την εξέλιξη ενός συστήματος χωρίς να το «τρέξουμε» βήμα προς βήμα.

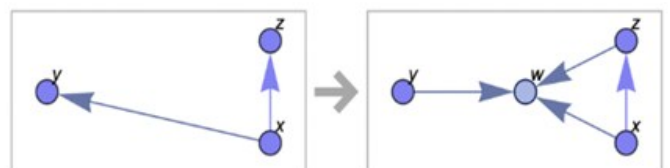
Wolfram Model και βασικές έννοιες

Στον πυρήνα του, το Wolfram Model αντικαθιστά την έννοια του χωροχρόνου με μια υπεργραφική δομή (hypergraph). Ο χώρος αποτελείται από «άτομα χώρου», δηλαδή κόμβους (nodes) χωρίς εσωτερικές ιδιότητες. Η μόνη πληροφορία που υπάρχει είναι οι σχέσεις μεταξύ τους.

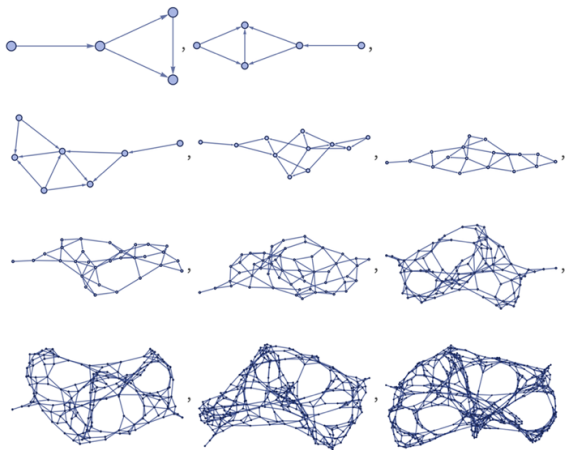
Η εξέλιξη του Σύμπαντος περιγράφεται από κανόνες της μορφής: «Αν υπάρχει μια συγκεκριμένη διάταξη κόμβων, αντικατέστησε την με μια άλλη». Οι κανόνες αυτοί εφαρμόζονται διαδοχικά και δημιουργούν ένα δυναμικό δίκτυο που εξελίσσεται. Αν ο κανόνας επαναληφθεί αρκετές φορές, η εξέλιξη του συστήματος θα οδηγήσει σε ένα πιο σύνθετο αποτέλεσμα. Ο χρόνος δεν είναι πλέον μια συνεχής μεταβλητή, αλλά ορίζεται ως το πλήθος των υπολογιστικών βημάτων.

Άλλες έννοιες που αξίζει να αναφερθούν είναι το διάγραμμα αιτιότητας (causal graph). Το causal graph είναι ένα μη-κυκλικό διάγραμμα που αναπαριστά τις σχέσεις αιτιότητας ανάμεσα σε γεγονότα που εξελίσσονται σε ένα διακριτό σύστημα, έτσι ώστε να αναπαρίσταται η «ιστορία» του συστήματος.

$$\{\{x, y\}, \{x, z\}\} \rightarrow \{\{x, z\}, \{x, w\}, \{y, w\}, \{z, w\}\}$$



Εικόνα 1: Εφαρμογή του απλού κανόνα συσχέτισης κόμβων.



Εικόνα 2: Εξέλιξη συστήματος και δημιουργία hypergraph.

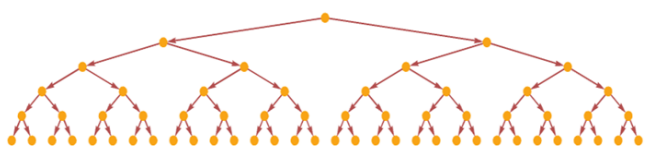
Το Ruliad και η έννοια του παρατηρητή

Μπαίνοντας πιο βαθιά στο Wolfram Model, σε μία από τις πιο φιλοσοφικές πτυχές του, ανακαλύπτουμε το λεγόμενο Ruliad: ένα αφηρημένο αντικείμενο που περιλαμβάνει όλες τις δυνατές υπολογιστικές διαδικασίες.

Σε αυτό το πλαίσιο το «Σύμπαν» είναι απλώς μια συγκεκριμένη προβολή του Ruliad, ενώ ο παρατηρητής καθορίζει ποια δομή αντιλαμβανόμαστε ως «φυσική πραγματικότητα». Ο Stephen Wolfram αναφέρεται στο Ruliad ως «The entangled limit of everything that is computationally possible: the result of following all possible computational rules in all possible ways.». Το ruliad δίνει μία αρκετά ριζοσπαστική ιδέα: Οι νόμοι της φυσικής μπορεί να εξαρτώνται από τον τρόπο που ένας παρατηρητής «δειγματοληπτεί» την υπολογιστική πραγματικότητα.

Από τους κανόνες στη φυσική

Το εντυπωσιακό στοιχείο του μοντέλου είναι ότι βασικές έννοιες της φυσικής φαίνεται να αναδύονται. Ο χωρόχρονος αναπαρίσταται από τη γεωμετρία του υπεργράφου. Η σχετικότητα συσχετίζεται με την έννοια της αιτιότητας (causal graphs), ενώ η κβαντική μηχανική αναδύεται στα λεγόμενα multiway systems, τα οποία ορίζονται ώστε να μην έχουν μια μοναδική κατάσταση, αλλά

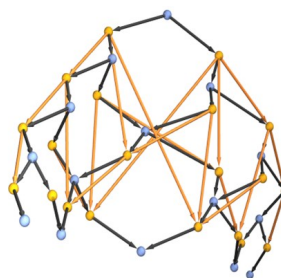


Εικόνα 3: Απλό διάγραμμα αιτιότητας για συγκεκριμένους κανόνες.

μια συλλογή πιθανών καταστάσεων σε κάθε βήμα του υπολογισμού.

Κριτική και προκλήσεις

Παρά τη γοητεία του, το Wolfram Model αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Δεν έχει ακόμη αναπαράγει πλήρως γνωστά αποτελέσματα της φυσικής, ενώ όπως και σε πολλές ακόμα θεμελιώδεις θεωρίες, η σύνδεση με πειραματικά δεδομένα παραμένει περιορισμένη. Πολλοί επιστήμονες θεωρούν το Wolfram Model ακόμη υποθετικό ή σε πρώιμο πλαίσιο. Ωστόσο, αυτό δεν μειώνει την αξία του ως μια εναλλακτική και ενδιαφέρουσα προσέγγιση που περιγράφει το σύμπαν με διαφορετικό και αναπάντεχο τρόπο, ως πηγή νέων μαθηματικών ιδεών, αλλά και ως εργαλείο επαναδιατύπωσης θεμελιωδών ερωτημάτων.



Εικόνα 4: 3D αναπαράσταση διαγράμματος αιτιότητας για multiway system.

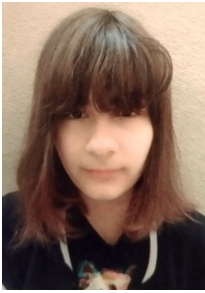
Συμπεράσματα

Το Wolfram Model προτείνει μια βαθιά αλλαγή: Από έναν κόσμο που περιγράφεται με εξισώσεις, σε έναν κόσμο που εκτελείται ως πρόγραμμα. Αν και δεν αποτελεί ακόμη μια καθιερωμένη θεωρία, ανοίγει νέους δρόμους στην σύνδεση της φυσικής με την επιστήμη υπολογιστών και στην αντιμετώπιση του σύμπαντος ως ένα υπολογιστικό πρόβλημα. Ίσως τελικά η πιο σημαντική του συνεισφορά να μην είναι μια νέα «θεωρία των πάντων», αλλά ένα νέο ερώτημα: Μήπως η φύση δεν «λύνεται» – αλλά υπολογίζεται;

Βιβλιογραφία

- * *Wolfram Physics Project, Technical Introduction*
<https://www.wolframphysics.org/>
- * <https://wolfram.institute.org/research/wolfram-physics-project>
- * *Stephen Wolfram, A Class of Models with the Potential to Represent Fundamental Physics (2020)*
- * *Gorard, J. (2020), Relativistic and Gravitational Properties of the Wolfram Model*
- * *Stephen Wolfram (2021), The Concept of the Ruliad, Stephen Wolfram Writings.,*
<https://writings.stephenwolfram.com/2021/11/the-concept-of-the-ruliad/>
- * *Wolfram System Modeler, Physics Examples*
<https://www.wolfram.com/system-modeler/>

η επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος ... Θεωρίες από την γέννηση στο σήμερα



**Νικολέτα Χριστίνα
Τζίμουλα**

Προπτυχιακή
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Η ερευνά στις ιδιότητες του σύμπαντος και συγκεκριμένα στον ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η επιτάχυνση διαστολής, αποτελεί αντικείμενο ενδιαφέροντος στην επιστημονική κοινότητα. Θα εξετάσουμε τις θεωρίες που εξηγούν την αρχική και αργότερη επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος, συγκεκριμένα την θεωρία της μεγάλης έκρηξης (big bang), την σκοτεινή ενέργεια και την

θεωρία τροποποιημένης βαρύτητας (modified gravity theory).

Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Ο Albert Einstein το 1917, εφαρμόζοντας την γενική θεωρία της σχετικότητας, προσπάθησε να σχεδιάσει ένα σχετικιστικό μοντέλο στατικού σύμπαντος. Απέτυχε όμως να εφαρμόσει τις εξισώσεις του βαρυτικού πεδίου στο μοντέλο του στατικού σύμπαντος. Ως συνέπεια, εισήγαγε μια κοσμολογική σταθερά Λ , η οποία στην σύγχρονη κοσμολογία είναι η βάση του κοσμολογικού μοντέλου Λ CDM και αντιπροσωπεύει την σκοτεινή ενέργεια.

Το 1912-1917 επήλθαν οι πρώτες ενδείξεις διαστολής του σύμπαντος. Ο Αμερικανός αστρονόμος Vesto M. Slipher μέσω παρατηρήσεων σπειροειδών νεφελωμάτων, διαπίστωσε ότι τα περισσότερα απομακρύνονται από εμάς με τεράστιες ταχύτητες, της τάξης των 300 km/s και άνω.

Η κύρια ανακάλυψη ήρθε από τον κοσμολόγο Georges Lemaître το 1927, ο οποίος εξήγησε πως το redshift των απομακρυσμένων γαλαξιών οφείλεται σε ένα διαστελλόμενο σύμπαν και όχι σε κίνηση γα-

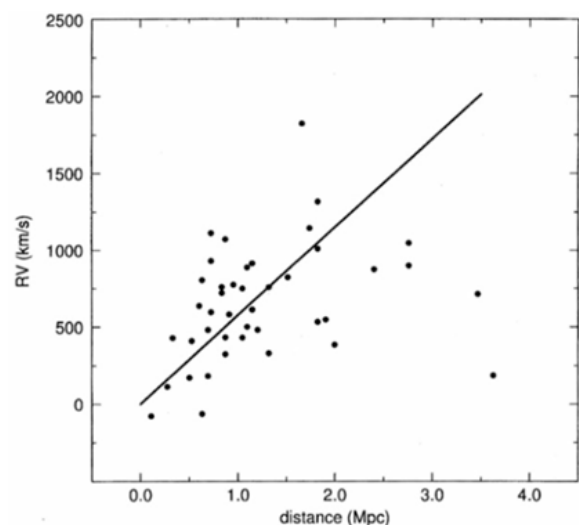
λαξιών, χάρη στις παρατηρήσεις του όπως δείχνει το Σχήμα 1. Χάρη σε αυτή την ανακάλυψη, ο Hubble εισήγαγε την σταθερά Hubble H στον τύπο του $v = Hl$ ο οποίος εξηγεί την διαστολή του σύμπαντος, συγκεκριμένα, όσο πιο μακριά βρίσκεται ένας γαλαξίας τόσο πιο γρήγορα κινείται από εμάς.

Από το 1927 οι θεωρίες για ένα μοντέλο σύμπαντος το οποίο διαστέλλεται είχαν γίνει ευρύτερα αποδεκτές. (1)

Το 1998 διαπιστώθηκε από τους Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt και Adam G. Riess πως η διαστολή του σύμπαντος είναι επιταχυνόμενη, μέσω παρατηρήσεων supernovae SNe Ia, οι οποίοι και ήταν πιο αμυδροί από το προβλεπόμενο. (2) Αποτελεί μέχρι και σήμερα αντικείμενο έρευνας, με διαφορετικές θεωρίες να εξηγούν αυτό το φαινόμενο, από την αρχική επιτάχυνση στα πρώιμα στάδια έως και σήμερα.

Το Big Bang και η Επιτάχυνση Διαστολής Θεωρία του Big Bang

Η διαστολή του σύμπαντος έχει μεταβληθεί με την πάροδο του χρόνου, από την αρχή της γέννησης



Σχήμα 1: Δεδομένα από παρατηρήσεις του Lemaître, η απόσταση του αστέρα σε σχέση με το RV (1)

του λόγω του big bang, έως και σήμερα, 13.8 δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα.

Η θεωρία του big bang εξηγεί τις ιδιότητες του σύμπαντος, της διαστολής και της ευρύτερης δομής του, συνδέοντας τις με την υπέρθερμη και συμπεκνωμένη αρχική του κατάσταση. Η θεωρία είναι εμπεριστατωμένη από πολλά κοσμολογικά μοντέλα όπως της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου (cosmic microwave background (CMB)) που υποστηρίζεται από αποδείξεις μιας υπέρθερμης συμπεκνωμένης αρχικής φάσης και την πυρηνοσύνθεση της μεγάλης έκρηξης (Big Bang Nucleosynthesis (BBN)).

Ρυθμός διαστολής με τον χρόνο

Η αρχική κατάσταση του σύμπαντος, αμέσως μετά την θεωρητική έκρηξη, χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες και άπειρη πυκνότητα, οι οποίες οδήγησαν σε μια ιδιαίτερα υψηλή τιμή πίεσης δύναμη, που είχε ως συνέπεια την ταχεία και συνεχή διαστολή (όπως φαίνεται στο Σχήμα 2). Ακολουθήσε η γρήγορη ψύξη και η επιβράδυνση του ρυθμού διαστολής, και ως συνέπεια ισχύει η ανισότητα $F_p < F_g$.

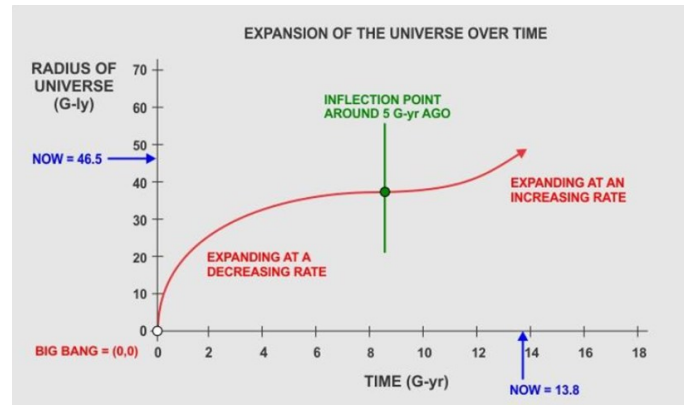
Ορίζοντας ως F_g την βαρυτική δύναμη που προέρχεται αποκλειστικά από τη μάζα και την δύναμη F_p ως τη δύναμη πίεσης που τείνει να διαστείλει το Σύμπαν, τα φαινόμενα διαστολής καθορίζονται στο συγκεκριμένο μοντέλο αποκλειστικά από την ισορροπία ή την ανισορροπία ανάμεσα σε αυτές τις δύο κύριες δυνάμεις, δηλαδή την έλξη και την απώθηση.

Από τα 2 μέχρι τα 8.5 εκατομμύρια χρόνια περίπου, η ακτίνα του σύμπαντος είχε σχετικά σταθεροποιηθεί, δηλαδή οι δυνάμεις έτειναν στην εξίσωση $F_p = F_g$. Η ακτίνα r (σε σχέση με την ύλη) και η ακτίνα R (του συνολικού σύμπαντος) αυξάνονταν ενώ η θερμοκρασία T διατηρούνταν σταθερή, καταλήγοντας στην ανισότητα $F_g < F_p$, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση διαστολής από τα 9 δισεκατομμύρια χρόνια μέχρι και σήμερα. (3)

Η εξήγηση της πρόσφατης χρονικά επιτάχυνσης της διαστολής είναι ένα πολύπτυχο θέμα προβληματισμού στην κοσμολογία, το οποίο πολλοί επιστήμονες έχουν μελετήσει και για το οποίο έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες. Το πιο δημοφιλές μοντέλο είναι το Λ CDM το οποίο περιέχει τις έννοιες της σκοτεινής ύλης και ενέργειας.

Η Σκοτεινή Ενέργεια

Η επιταχυνόμενη διαστολή του σύμπαντος, εξηγείται από μοντέλα τα οποία εισάγουν έννοιες όπως



Σχήμα 2: Η μεταβολή λόγω διαστολής του σύμπαντος σε σχέση με τον χρόνο. Το διάγραμμα δείχνει την αύξηση της ακτίνας ως προς τον χρόνο. (3)

η σκοτεινή ενέργεια. Αυτή η έννοια είναι αόριστη και χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα υποθετικό ρευστό ή μια άγνωστη δύναμη που προκαλεί την επιτάχυνση. (2)

Στο πλαίσιο της γενικής σχετικότητας, για να προκληθεί αυτή η επιτάχυνση, απαιτείται η ύπαρξη ενός συστατικού με έντονα αρνητική πίεση το οποίο δρα απωστικά και υπερνικά την ελκτική δύναμη της βαρύτητας της ύλης. (4)

Το Μοντέλο Λ CDM

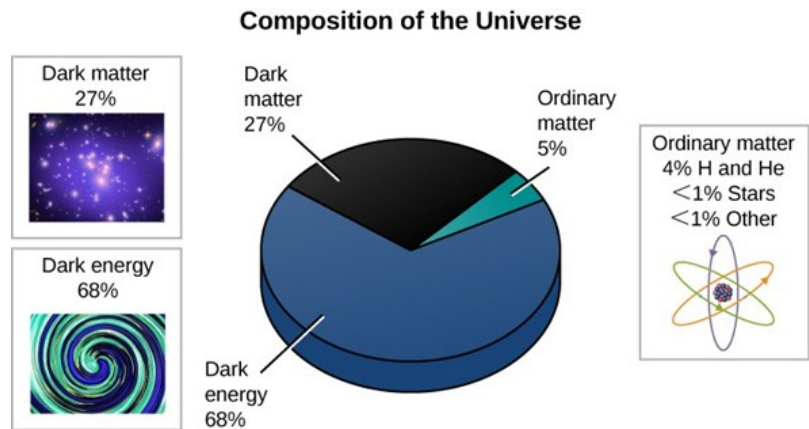
Το καθιερωμένο κοσμολογικό μοντέλο είναι το Λ CDM. Εδραιώθηκε από τον Einstein το 1917 και εισήγαγε την κοσμολογική σταθερά Λ για να εξισορροπήσει τις βαρυτικές δυνάμεις μέσω αρνητικής πίεσης και να εξηγήσει την διαστολή. Αναπαριστά ουσιαστικά “κενή” ενέργεια, και στην σύγχρονη κοσμολογία την ψυχρή σκοτεινή ενέργεια. Το μοντέλο εξηγεί τις αποστάσεις supernovae και το μοντέλο CMB αλλά η προβλεπόμενη ποσότητα ύλης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που έχει παρατηρηθεί. Η σύσταση του σύμπαντος αποτελείται από 68-72% σκοτεινή ενέργεια, 25-27% σκοτεινή ύλη (είδος ύλης άρρηκτα συνδεδεμένο με την σκοτεινή ενέργεια που μπορεί να δημιουργήσει δομές αλλά αλληλοεπιδρά με την υπόλοιπη ύλη μόνο μέσω της βαρύτητας), 4.5-5% βαρυονική (συμβατική) ύλη και 0,13% Νετρίνα (CMB) όπως δείχνει το Σχήμα 3. (4)

Δυναμικά μοντέλα σκοτεινής ενέργειας

Τα δυναμικά μοντέλα σκοτεινής ενέργειας αντικαθιστούν την κοσμολογική σταθερά Λ με έναν χρονικά εξελισσόμενο στοιχείο. Σκοπός τους είναι να εξηγήσουν επαρκώς τις αδυναμίες που παρουσιάζει το Λ CDM. Κάποια από αυτά αποτελούν τα μοντέλα

βαθμωτών πεδίων (Scalar field), στα οποία οι ενεργειακές πυκνότητες μεταβάλλονται με τον χρόνο, γεγονός που επιτρέπει την χρονική μεταβολή της επιτάχυνσης. (5)

Ένα δεύτερο εναλλακτικό μοντέλο είναι αυτό της ολογραφικής (holographic) σκοτεινής ενέργειας. Χρησιμοποιεί υπέρυθρες αποκοπές (IR cutoffs) και επιτρέπει στην πυκνότητα ενέργειας να μεταβάλλεται με τον χρόνο, διευκολύνοντας την μετάβαση από την επιβράδυνση στην επιτάχυνση. Απαιτεί την αλληλεπίδραση με την σκοτεινή ύλη προκειμένου να επιτευχθεί επιτάχυνση. (6)



Σχήμα 3: Η σύσταση του σύμπαντος: 68% σκοτεινή ενέργεια, 27% σκοτεινή ύλη και 5% βαρυονική ύλη. Τα ποσοστά συμφωνούν με αυτά που αναφέρονται.

Τροποποιημένη βαρύτητα (Modified Gravity)

Η θεωρία της τροποποιημένης βαρύτητας (Modified Gravity) προτείνει ότι τα φαινόμενα που σήμερα αποδίδουμε στη σκοτεινή ενέργεια και τη σκοτεινή ύλη μπορεί να μην οφείλονται σε κάποια φυσική ύλη ή δύναμη. Αντιθέτως, προσθέτει και αναθεωρεί την καθιερωμένη βαρυτική θεωρία εξηγώντας την επιτάχυνση της διαστολής.

Όσον αναφορά την σκοτεινή ύλη, η τροποποιημένη Νευτώνεια δυναμική (MOND) βασίστηκε στην παρατήρηση ότι οι κύριες ενδείξεις για τη σκοτεινή ύλη προέρχονται από τις παραφυές των γαλαξιών, όπου το βαρυτικό πεδίο είναι εξαιρετικά ασθενές, αποδεικνύοντας την ύπαρξη της σκοτεινής ύλης.

Για την σκοτεινή ενέργεια αντιθέτως, δεν υπάρχει επαρκής υποστήριξη από παρατηρήσεις, πάρα μόνο από παραδοχές για την εξήγηση μιας δύναμης αντίθετης της βαρύτητας. (4)

Η κύριες θεωρίες της τροποποιημένης βαρύτητας, αλλάζουν την γενική σχετικότητα του Einstein μεταβάλλοντας την γεωμετρική συνιστώσα (sector). Οι πιο ευρύτερα αναγνωρίσιμες είναι οι $F(R)$ η οποία αντικαθιστά το Ricci scalar R με το $f(R)$ και η $F(T)$ η οποία εισάγει το torsion scalar T . (7)

Συμπεράσματα

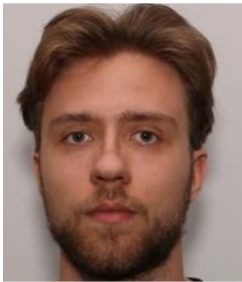
Το ζήτημα της αργής διαστολής του σύμπαντος είναι από τα πιο επίκαιρα στην σύγχρονη κοσμολογία. Εξετάζοντας τις προαναφερόμενες θεωρίες διαπιστώνουμε πως οι θεωρίες της σκοτεινής ενέργειας εξηγούν αρκετά από τα εννοιολογικά κενά των συμβατικών μοντέλων, βασίζονται ωστόσο σε έννοιες και δυνάμεις που προκύπτουν από λογικά αδιέξοδα και λιγότερο από παρατηρήσεις. Από την άλλη η

τροποποίηση της γενικής σχετικότητας και της βαρύτητας, είναι ένας τομέας πολλά υποσχόμενος αλλά απαιτούνται ισχυρές αποδείξεις και πειραματικά δεδομένα.

Βιβλιογραφία

- (1) Grøn, Ø. (2018). The discovery of the expansion of the universe. In *Galaxies* (Vol. 6, Number 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/galaxies6040132>
- (2) Astier, P., & Pain, R. (2012). Observational evidence of the accelerated expansion of the universe. In *Comptes Rendus Physique* (Vol. 13, Numbers 6–7, pp. 521–538). <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2012.04.009>
- (3) Yan, M. G., & Yan, A. Z. (n.d.). Dark Energy demystified. The preliminary mathematical equations on the two forces driving the expansion and contraction of the universe.
- (4) Peacock, J. A. (2026). Dark Cosmology and Its Origins. *Zygon: Journal of Religion and Science*, (0). <https://doi.org/10.16995/zygon.20035>
- (5) Ji, P., & Shao, L. (2024). Scalar dark energy models and scalar–tensor gravity: theoretical explanations for the accelerated expansion of the present Universe. *Communications in Theoretical Physics*, 76(10), 107401. <https://doi.org/10.1088/1572-9494/ad5aeb>
- (6) Pavón, D., & Zimdahl, W. (2005). Holographic dark energy and cosmic coincidence. *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics*, 628(3–4), 206–210. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2005.08.134>
- (7) Clifton, T., Ferreira, P. G., Padilla, A., & Skordis, C. (2012). Modified gravity and cosmology. In *Physics Reports* (Vol. 513, Numbers 1–3, pp. 1–189). <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2012.01.001>

η τεχνολογία στην εκπαίδευση



Γεώργιος Λάζαρος
Πασβάντης

Προπτυχιακός
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Αυτό το άρθρο αποτελεί μια σύνθεση ερευνών που αφορούν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, παρουσιάζοντας τα θετικά αλλά και τα αρνητικά αποτελέσματα που μπορεί να παρέχει η τεχνολογία στους μαθητές και στους καθηγητές. Παρουσιάζονται επίσης, οι δυνατότητες ενσωμάτωσης της στα σχολεία και

στην καθημερινή ζωή του εκπαιδευτικού και του μαθητή καθώς και η διαφορά της από τις παραδοσιακές μεθόδους μάθησης

Μέθοδοι

Εκτός από τους συνηθισμένους ελλιπείς τρόπους χρήσης της τεχνολογίας στα σχολεία σήμερα, όπως η χρήση του PowerPoint ως την παραδοσιακή μάθηση του βιβλίου προβάλλοντας την απλώς σε μία μεγάλη οθόνη με την χρήση βιντεοπροβολέα, υπάρχει μία πληθώρα άλλων μεθόδων. Μια από αυτές είναι η επανυζημένη πραγματικότητα η οποία επιτρέπει την οπτικοποίηση εννοιών οι οποίες είναι δυσνόητες όταν αποτυπώνονται στις σελίδες ενός βιβλίου. Ταυτόχρονα, αυτή η “παιχνιδοποίηση” είναι πιο ευχάριστη για το πιο γρήγορο ρυθμό αφομοίωσης της πληροφορίας από τη νέα γενιά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση προσομοιώσεων σε έναν υπολογιστή ή ενός κινητού σε ήδη υπάρχοντα εικονικά εργαστήρια. Εκτός από την επανυζημένη υπάρχει και η εικονική πραγματικότητα, στην οποία μπορεί ο μαθητής να βρεθεί σε ένα εικονικό περιβάλλον με πειράματα και ακριβά

όργανα, μειώνοντας το κόστος κατανάλωσης σε κάθε εκπαιδευτική μονάδα.

Επίσης, με την χρήση quiz ή με την επίλυση ασκήσεων στο διαδίκτυο ο μαθητής μπορεί να επιλύσει επιπλέον προβλήματα και να λύσει ασκήσεις με αυτόματη ανατροφοδότηση, χωρίς να περιμένει τον καθηγητή να διορθώσει τα γραπτά της τάξης.

Όσον αφορά ένα από τα πιο περιζήτητα θέματα των τελευταίων χρόνων, η τεχνητή νοημοσύνη είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από τους μαθητές αλλά και από τους εκπαιδευτικούς. Ο εκπαιδευτικός έχοντας ήδη ένα φορτωμένο πρόγραμμα, μπορεί με την χρήση του AI να δημιουργήσει εικόνες και υλικό σε δευτερόλεπτα και τα οποία μπορεί να τα χρησιμοποιήσει στην διδασκαλία του. Ο μαθητής ωστόσο, μπορεί να έχει προσωποποιημένη βοήθεια για ασκήσεις ή για κάποιο ζήτημα που δυσκολεύτηκε να καταλάβει απλά ζητώντας επεξηγήσεις από τον εικονικό βοηθό.¹

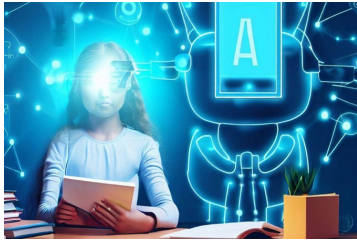


Εικόνα 1: Εικονική πραγματικότητα στην τάξη

Το κύριο ζήτημα με την τεχνητή νοημοσύνη είναι η κατάχρηση της κυρίως από τον μαθητή, ο οποίος την χρησιμοποιεί στις εργασίες του χωρίς να κατανοεί τα αποτελέσματα, πραγματοποιώντας το γνωστό copy-paste. Έρευνες δείχνουν ότι η πλειοψηφία των γονέων εγκρίνουν την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, στην Εικόνα 3 βλέπουμε τα ποσοστά παγκοσμίως όπου μόνο η Γαλλία μειοψηφεί σε αυτή την άποψη ενώ αντίθετα στην Αυστρία, 2 στους 3 γονείς συμφωνούν.

Εμπόδια

Οι μέθοδοι αυτοί εμφανίζουν και εμπόδια κατά την ενσωμάτωσή τους. Εμπόδια όπως οι τεχνικές και οικονομικές υποδομές,³ πχ. χαμηλές ταχύτητες ίντερνετ ή συστήματα που επένδυσαν σε λογισμικό χωρίς να διασφαλιστεί η συντήρηση αυτού του υλικού, με αποτέλεσμα τα εικονικά εργαστήρια να παραμένουν εγκαταλελειμμένα. Για το θέμα του δικτύου, η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια προσπαθεί να εκσυγχρονιστεί τοποθετώντας οπτικές ίνες, τουλάχιστον στις μεγαλύτερες πόλεις τις χώρας.

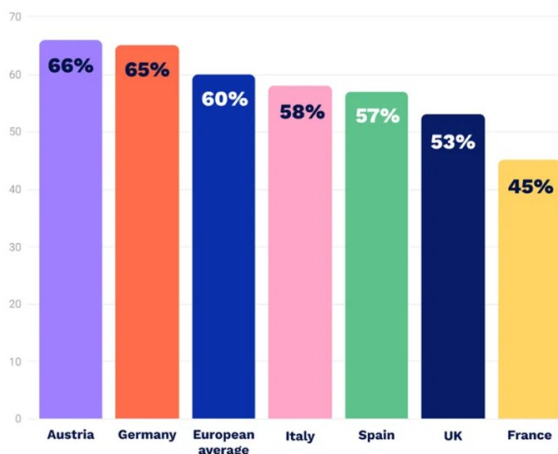


Εικόνα 2: Τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση

Το έλλειμα ψηφιακών δεξιοτήτων που εμφανίζει ένα ποσοστό των εκπαιδευτικών σήμερα, οδηγεί στη χρήση της τεχνολογίας ως υποκατάστατο του πίνακα, χωρίς ωστόσο να αλλάζει η μέθοδος διδασκαλίας.⁴ Ως αποτέλεσμα, οι δυνατότητες της τεχνολογίας δεν χρησιμοποιούνται επαρκώς ενώ ταυτόχρονα η διδασκαλία γίνεται πιο δυσνόητη στους μαθητές, με παρουσιάσεις που περιλαμβάνουν ένα σύντομο κείμενο χωρίς επεξήγηση.

Αποτελέσματα

Τα θετικά αποτελέσματα είναι αρκετά, αλλά θα αναφερθούμε σε ορισμένα από αυτά. Αρχικά,



Εικόνα 3: Το ποσοστό των γονέων που θεωρούν την τεχνητή νοημοσύνη χρήσιμη στην εκπαίδευση²

χρησιμοποιώντας ψηφιακά εργαλεία, η εκμάθηση της θεωρίας γίνεται παιχνίδι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται εξαιρετικά η δέσμευση και το κίνητρο των παιδιών χωρίς να χάνεται το ενδιαφέρον τους λόγω της μονοχρωμίας του μαθήματος, όπως επιβεβαιώνουν πολλές έρευνες.⁵ Επίσης η εξατομικευμένη μάθηση που προσφέρουν τα ψηφιακά μέσα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακαδημαϊκής επίδοσης, καθώς η ευέλικτη μάθηση εφαρμόζεται διαφορετικά στον κάθε μαθητή, συμπληρώνοντας τα κενά και εμπλουτίζοντας τις γνώσεις του σε κάτι περισσότερο οικείο σε αυτόν, καθιστώντας την μάθηση πιο ευχάριστη και άρα με καλύτερα αποτελέσματα.

Συμπεράσματα

Για να εφαρμοστεί η χρήση της τεχνολογίας στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θα πρέπει να παρθούν σημαντικά μέτρα από την πολιτεία. Αρχικά, το κύριο εμπόδιο εφαρμογής αποτελεί το οικονομικό υπόβαθρο της κάθε χώρας, η οποία πρέπει να επενδύσει σε κατάλληλες υποδομές για την πρόσβαση σε γρήγορο ίντερνετ και σε κατάλληλες συσκευές στον κάθε μαθητή ώστε το χάσμα της ανισότητας να μειωθεί. Πρέπει να μετατοπίσουμε τα σεμινάρια της μίας μέρας σε προγράμματα εκτενούς εκπαίδευσης όσον αφορά την τεχνολογική εκπαίδευση των καθηγητών, ώστε να μπορέσουν να την εφαρμόσουν στην καθημερινή τους διδασκαλία. Αλλά ταυτόχρονα να προσέξουμε την ασφάλεια και την ηθική κατά τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς υπάρχει κίνδυνος κατάχρησης αυτής με αποτέλεσμα της αυτοματοποίηση των εργασιών και τη μείωση της κριτικής σκέψης του μαθητή.

Βιβλιογραφία

1. *A systematic review of AI education in K-12 classrooms from 2018 to 2023: Topics, strategies, and learning outcomes*
2. www.gostudent.org/en-gb/education-report/2024/
3. *Gamification on Mathematics Engagement and Motivation in Secondary School and Higher Education: A Systematic Review and Meta-Analysis*
4. *Challenges, Ethical Considerations, and Future Trends in Integrating Technologies for Education*
5. *Empowering Pedagogy: Unveiling the Impact of Self-Efficacy on Technology Integration in Special Education Classrooms*

... η αντίσταση με μνήμη που φέρνει επανάσταση στους υπολογιστές



**Κωνσταντίνα
Μάνου**

Προπτυχιακή
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Στις μέρες μας, η τεχνολογία βρίσκεται παντού στη ζωή μας. Καθώς όμως οι συσκευές που χρησιμοποιούμε γίνονται ολοένα και μικρότερες και απαιτούν όλο και μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ, η ενέργεια που καταναλώνουν εξελίσσεται σε μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της επιστήμης. Με την εκρηκτική ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης, την αύξηση του όγκου των δεδομένων (big data) και την ανάπτυξη των edge συστημάτων, οι ενεργεια-

κές απαιτήσεις έγιναν τεράστιες. Οι εξελίξεις αυτές ανέδειξαν τους περιορισμούς των παραδοσιακών αρχιτεκτονικών υπολογιστών, δημιουργώντας την ανάγκη για νέες τεχνολογίες μνήμης και επεξεργασίας.

Πριν από περισσότερα από 50 χρόνια, ο καθηγητής Leon Chua, στο Πανεπιστήμιο Berkeley αντιλήφθηκε κάτι ενδιαφέρον: στην θεωρία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων υπήρχαν τρία γνωστά στοιχεία, αλλά η μαθηματική συμμετρία μεταξύ των βασικών ηλεκτρικών μεταβλητών, υποδείκνυε την ύπαρξη και ενός τέταρτου. Το στοιχείο αυτό το ονόμασε memristor, ένας όρος που συνδυάζει τις έννοιες της μνήμης και της αντίστασης. Για 37 χρόνια, το memristor ήταν απλώς μια θεωρητική ιδέα. Μέχρι που το 2008, στα εργαστήρια της Hewlett Packard το ανακάλυψαν «κατά λάθος» στην αναζήτηση τους για νέες συσκευές.

Η ανακάλυψη του memristor άνοιξε ένα νέο μονοπάτι για την επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων. Το memristor μπορεί να απαντήσει σε ένα κρίσιμο ερώτημα: πώς μπορούμε να κάνουμε τους υπολογιστές ταχύτερους και πιο ενεργειακά αποδοτικούς; Το άρθρο αυτό εξετάζει την διαδρομή από τη θεωρητική πρόβλεψη του Leon Chua για την ύπαρξη του memristor στις πρακτικές εφαρμογές αυτού που διαμορφώνουν την

τεχνολογία σήμερα, με έμφαση στο neuromorphic computing.

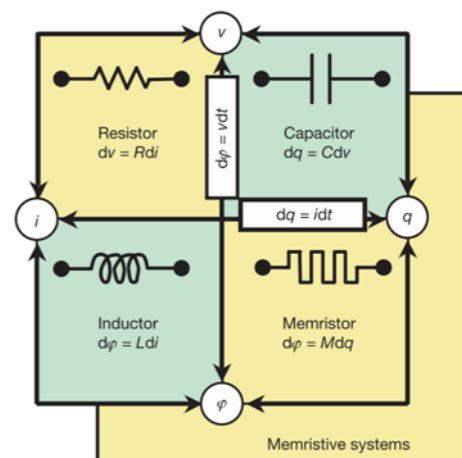
Ιστορική αναδρομή - Το χαμένο 4ο κυκλωματικό στοιχείο

Τα τρία γνωστά στοιχεία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων είναι η αντίσταση, ο πυκνωτής και το πηνίο. Η αντίσταση συνδέει την τάση με το ρεύμα, ο πυκνωτής συνδέει το φορτίο με την τάση και το πηνίο συνδέει την μαγνητική ροή με το ρεύμα. (Εικόνα 1)

Το 1971, ο Καθηγητής του Πανεπιστημίου Berkeley, Leon O. Chua, παρατηρώντας την συμμετρία των παραπάνω βασικών κυκλωματικών στοιχείων (αντίσταση, πυκνωτής, πηνίο) πρότεινε την ύπαρξη ενός 4ου στοιχείου. Παρατηρώντας τις σχέσεις με τις οποίες τα τρία βασικά στοιχεία συνδέουν την ένταση του ρεύματος I , την τάση V , το φορτίο q και την μαγνητική ροή Φ , υπέθεσε ότι για λόγους πληρότητας πρέπει να υπάρχει και ένα ακόμη βασικό στοιχείο. Αυτό το στοιχείο θα έπρεπε να συνδέει την μαγνητική ροή με το ηλεκτρικό φορτίο, με την εξής σχέση:

$$d\phi = M(q) dq \quad (1)$$

όπου M η memristance, η οποία εξαρτάται από το φορτίο.

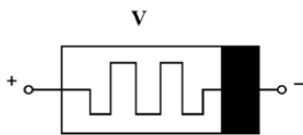


Εικόνα 1: Τα 4 βασικά κυκλωματικά στοιχεία και οι σχέσεις που συνδέουν την ένταση, την τάση, την ροή και το φορτίο. [2]

Το στοιχείο αυτό το ονόμασε Memristor από τις λέξεις memory και resistor. Το memristor συμπεριφέρεται σαν μια μη γραμμική αντίσταση με μνήμη. Η τιμή της αντίστασης εξαρτάται από το ιστορικό του ρεύματος και έχει την ικανότητα να θυμάται αυτήν την τιμή και μετά τη διακοπή του ρεύματος. [1] Στην Εικόνα 2 φαίνεται το σύμβολο που πρότεινε για το memristor.

Από την θεωρία στην πράξη: Η κατασκευή του πρώτου memristor 37 χρόνια αργότερα.

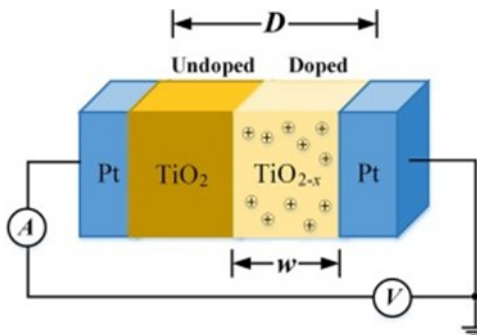
Έως το 2008 δεν είχε δημιουργηθεί καμία συσκευή memristor, ώσπου υλοποιήθηκε για πρώτη φορά στα εργαστήρια της Hewlett Packard. Οι επιστήμονες των εργαστηρίων, προσπαθώντας να εξηγήσουν τον βρόγχο υστέρησης που παρουσίαζε η λειτουργία της συσκευής που είχαν κατασκευάσει, διαπίστωσαν ότι είχαν στα χέρια τους μια συσκευή με την συμπεριφορά ενός memristor. [4]



Εικόνα 2: Το σύμβολο του memristor

Δημιούργησαν το πρώτο memristor χρησιμοποιώντας ένα λεπτό ημιαγωγικό φιλμ φτιαγμένο από διοξείδιο του Τιτανίου (TiO_2). Η διάμετρος του ήταν μερικά νανόμετρα και αποτελούνταν από δύο περιοχές με διαφορετικές συγκεντρώσεις προσμίξεων. Ο ημιαγωγός τοποθετήθηκε σαν ένα σάντουιτς ανάμεσα από δύο μεταλλικές επαφές (Εικόνα 3). Εφαρμόζοντας τάση στο κύκλωμα, οι οπές οξυγόνου μετακινούνται μεταξύ των δύο περιοχών με αποτέλεσμα να αλλάζει η αγωγιμότητα του ημιαγωγού και συνεπώς η αντίσταση της συσκευής. Το πλάτος της περιοχής των προσμίξεων αλλάζει, σαν ένας σωλήνας ο οποίος μικραίνει και μεγαλώνει αναλόγως με την φορά του ρεύματος. Η μεταβολή της αγωγιμότητας εξαρτάται από το ιστορικό του ρεύματος που έχει περάσει.

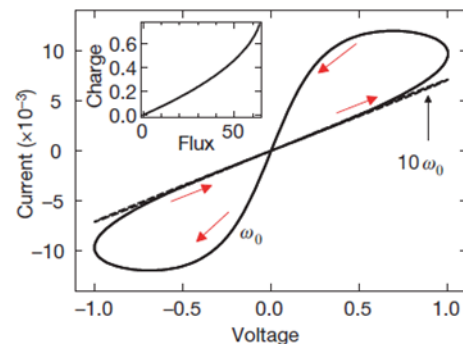
Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι ένα memristor έχει διατηρήσιμη μνήμη ακόμη και όταν η



Εικόνα 3: Η εσωτερική κατασκευή του memristor. [4]

συσκευή είναι απενεργοποιημένη. Αν το ρεύμα σταματήσει το memristor διατηρεί την τελευταία του κατάσταση και θυμάται την τιμή της αντίστασης που είχε. Έτσι, όταν το ρεύμα ανοίξει ξανά, έχει την προηγούμενη τιμή του. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει η λειτουργία της μνήμης μιας τέτοιας συσκευής. [2]

Τα memristor μπορούν να κατασκευαστούν και από διαφορετικά οξείδια των μετάλλων, τα οποία όμως παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά τάσης – ρεύματος. Μία συσκευή memristor χαρακτηρίζεται από την μη γραμμική μεταβολή του ρεύματος σε σχέση με την τάση. Η μεταβολή αυτή περιγράφεται από ένα βρόγχο υστέρησης, ο οποίος μοιάζει με μια καμπύλη Lissajous (Εικόνα 4). Τα κυκλώματα που περιλαμβάνουν memristor εμφανίζουν πολλαπλές καταστάσεις αγωγιμότητας και μεταβλητής αντίστασης. Η παραπάνω συμπεριφορά προκύπτει φυσικά σε τέτοιες διατάξεις στην νανοκλίμακα η οποία εκδηλώνεται μακροσκοπικά ως μεταβολή της αντίστασης.



Εικόνα 4: Η χαρακτηριστική καμπύλη $i-v$ του memristor για συνημιτονοειδή τάση εισόδου [2]

Τεχνολογικές εφαρμογές του memristor

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία των memristors παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη, καθώς η ανάγκη για ταχύτερα και αποδοτικότερα υπολογιστικά συστήματα αυξάνεται συνεχώς. Σε αυτό το πλαίσιο, τα memristor θεωρούνται μία από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες επόμενης γενιάς, καθώς συνδυάζουν δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. [5]

In-Memory Computing

Οι memristor συσκευές έχουν την δυνατότητα in-memory επεξεργασίας: συλλογή και επεξεργασία δεδομένων στο ίδιο φυσικό σημείο. Οι κλασικοί υπολογιστές μας είναι σχεδιασμένοι με την αρχιτεκτονική von Neumann, όπου τα δεδομένα μεταφέρονται συνεχώς μεταξύ της μνήμης και του επεξεργαστή. Τα memristor μπορούν να κάνουν επεξεργασία των δεδομένων μέσα στην μνήμη, χωρίς να χρειάζονται όλες αυτές οι διαδρομές για τη μεταφορά δεδομένων, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας. Η χρήση τους είναι ιδανική για την ανάπτυξη νευρωνικών δικτύων, όπου υπάρ-

χει συνεχής μεταφορά δεδομένων, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και βελτιώνοντας την ταχύτητα επεξεργασίας. [4]

Memristor - CMOS Chips

Τα memristor έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να συνδυαστούν με τις παραδοσιακές τεχνολογίες ημιαγωγών, επιτρέποντας την κατασκευή επεξεργαστών με ακόμα μεγαλύτερες δυνατότητες μνήμης. Στην προσπάθειά μας να χωρέσουμε όλο και περισσότερα transistor σε έναν επεξεργαστή, οι διαστάσεις τους μειώνονται συνεχώς. Ωστόσο, υπάρχει ένα φυσικό όριο στο πόσο μπορούν να σμικρυνθούν, καθώς μετά αρχίζουν να δυσλειτουργούν, παρουσιάζοντας διαρροές ρεύματος και υπερθέρμανση. Τα memristor λόγω του εξαιρετικά μικρού τους μεγέθους (κάτω από 10nm), είναι ιδανικά για τη δημιουργία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων πολύ μικρής κλίμακας. Συνδυάζοντας memristor και transistor στο ίδιο κύκλωμα, ξεπερνάμε το εμπόδιο του μεγέθους και δημιουργούμε συστήματα που προσφέρουν πιο αποδοτικούς παράλληλους υπολογισμούς και υψηλή χωρητικότητα αποθήκευσης πληροφορίας. [6]

Neuromorphic computing: Κυκλώματα που λειτουργούν σαν τον εγκέφαλο

Η λειτουργία της μνήμης των memristor και η δυνατότητα να αποθηκεύουν δεδομένα χωρίς την ανάγκη ρεύματος για την διατήρηση της πληροφορίας είναι παρόμοια με αυτή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Ουσιαστικά, τα memristor μπορούν να μιμηθούν τη βιολογική λειτουργία των νευρικών συνάψεων. Ο συνδυασμός μνήμης και επεξεργασίας, το μικρό τους μέγεθος και η συμβατότητα με τεχνολογία CMOS τα καθιστούν ιδανικά για την δημιουργία τεχνητών συνάψεων και νευρώνων. Αποτελούν, συνεπώς, βασικό δομικό στοιχείο στην ανάπτυξη νευρομορφικών υπολογιστών, οι οποίοι μιμούνται την λειτουργία των νευρώνων του εγκεφάλου. Τα συστήματα αυτά δουλεύουν με παρόμοιο τρόπο με τον ανθρώπινο εγκέφαλο, ο οποίος έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει πληροφορίες, να προσαρμόζεται και να επιλύει προβλήματα με πολύ μικρό ενεργειακό κόστος. Έτσι, η υλοποίηση τεχνητών συνάψεων και κυκλωμάτων παρόμοιων με τον εγκέφαλο ανοίγει τον δρόμο για εξελιγμένα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Οι νευρομορφικές αρχιτεκτονικές βρίσκουν εφαρμογή στην αναγνώριση εικόνας και ήχου, στους βιοαισθητήρες, στη ρομποτική και στη βιοιατρική, καθώς και σε συσκευές IoT (Internet of Things) και edge συστήματα. [4], [7], [8]

Σύνοψη

Η ιστορία του memristor είναι μια ιστορία εξαιρετικής επιστημονικής διαίσθησης. Μια θεωρητική πρόβλεψη που βασίστηκε στη μαθηματική συμμετρία και που επιβεβαιώθηκε πειραματικά 37 χρόνια αργότερα! Σήμερα, μετράμε πάνω από 10 χρόνια έρευνας σε αυ-

τόν τον τομέα, με τα memristor πλέον να αποτελούν κομβική τεχνολογία για το μέλλον των υπολογιστών. Με το in-memory computing, οι memristor συσκευές ξεπερνάνε τον περιορισμό της αρχιτεκτονικής von Neumann, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ επεξεργαστή και μνήμης. Ταυτόχρονα, επιτρέπουν την αποθήκευση δεδομένων υψηλής πυκνότητας και την εκτέλεση αποδοτικών παράλληλων υπολογισμών πέρα από την παραδοσιακή δυαδική λογική. Σημαντικό πλεονέκτημα τους είναι η συμβατότητα με τις ήδη υπάρχουσες CMOS τεχνολογίες. Οι παραπάνω εφαρμογές του memristor θέτουν τα θεμέλια για νέες αρχιτεκτονικές, όπως το neuromorphic computing, το οποίο εμπνέεται άμεσα από τη δομή και λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και φέρνει μια νέα εποχή στην επεξεργασία της πληροφορίας.

Η τεχνολογία των memristor και η ενσωμάτωση τους σε νευρομορφικές διατάξεις έχει εφαρμογές που επεκτείνονται στις τηλεπικοινωνίες και τα δίκτυα, το Internet of Things (IoT), τη βιοιατρική και φυσικά βασικό ρόλο στην εξέλιξη της τεχνητής νοημοσύνης. Αν και η τεχνολογία memristor βρίσκεται ακόμη σε στάδιο εξέλιξης, οι δυνατότητές της στην αποθήκευση δεδομένων, στην τεχνητή νοημοσύνη και στους νευρομορφικούς υπολογιστές δείχνουν ότι τα memristors θα αποτελέσουν βασικό δομικό στοιχείο των υπολογιστικών συστημάτων του μέλλοντος.

Βιβλιογραφία

- [1] L. O. Chua, "Memristor—The Missing Circuit Element," *IEEE Transactions on Circuit Theory*, vol. 18, no. 5, pp. 507–519, 1971, doi: 10.1109/TCT.1971.1083337.
- [2] D. B. Strukov, G. S. Snider, D. R. Stewart, and R. S. Williams, "The missing memristor found," *Nature*, vol. 453, no. 7191, pp. 80–83, May 2008, doi: 10.1038/nature06932.
- [3] S. Talukder, Md. T. Rafid, and A. B. M. N. Bhuiyan, "Memristor: An Innovative Approach towards Modern Electronics and its SPICE Model for Nonlinear Dopant Drift," May 2024, doi: 10.21203/RS.3.RS-4367214/V1.
- [4] Christos Volos and Viet-Thanh Pham, "Mem-elements for Neuromorphic Circuits with Artificial Intelligence Applications," *Academic Press*, Jun. 2021, doi: 10.1016/C2019-0-03157-3.
- [5] M. Lanza et al., "The growing memristor industry," *Nature*, vol. 640, no. 8059, pp. 613–622, Apr. 2025, doi: 10.1038/s41586-025-08733-5.
- [6] Z. Xia, X. Sun, Z. Wang, J. Meng, B. Jin, and T. Wang, "Low-Power Memristor for Neuromorphic Computing: From Materials to Applications," Dec. 01, 2025, Springer Science and Business Media B.V. doi: 10.1007/s40820-025-01705-4.
- [7] B. Sun et al., "Memristor-Based Artificial Chips," Jan. 09, 2024, American Chemical Society. doi: 10.1021/acsnano.3c07384.
- [8] Christos. Volos and V.-Thanh. Pham, "Mem-elements for neuromorphic circuits with artificial intelligence applications," 2021.

ραδιενέργεια

... που τη συναντάμε και πώς να προστατευτούμε



**Ελένη
Μπύρου**

Προπτυχιακή
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.

Στην καθημερινή μας ζωή συνυπάρχουμε με τις ακτινοβολίες, καθώς μας περικλείουν φυσικές και τεχνητές πηγές ακτινοβολίας. Οι ακτινοβολίες χωρίζονται σε ιονίζουσες και μη ιονίζουσες, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Η ραδιενέργεια είναι ιονίζουσα ακτινοβολία και μεταφέρει αρκετή ενέργεια, ώστε να προκαλέσει βλάβες στον πυρήνα των κυττάρων, ειδικά στο DNA [1]. Η ραδιενέργεια

προέρχεται από διάφορες πηγές, πολλές από τις οποίες είναι φυσικές. Ωστόσο, τα ποσά ραδιενέργειας περιβάλλοντος διαφέρουν στις περιοχές της χώρας μας και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες. Ο άνθρωπος μπορεί να λάβει ακτινοβολία άμεσα και έμμεσα ανάλογα με τον τρόπο και τόπο ζωής του και είναι σημαντικό να γνωρίζει πως μπορεί να προστατευτεί από αυτήν.

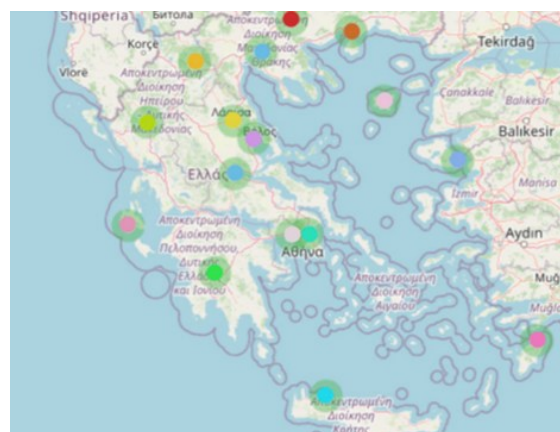
Παρακάτω, οι μετρήσεις των επιπέδων ραδιενέργειας από διαφορετικές πηγές έκλυσης ραδιενέργειας, σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους αυτά ποικίλλουν. Ακόμη, αναπτύσσονται οι τρόποι που ο άνθρωπος λαμβάνει ραδιενέργεια, και οι επιπτώσεις της στην υγεία. Κλείνοντας, αναφέρεται πως μπορούμε να μειώσουμε την πρόσληψη ραδιενέργειας.

Μετρήσεις Επιπέδων Ραδιενέργειας

Το περιβάλλον είναι φυσική πηγή ραδιενέργειας, επειδή φυσικά ραδιοϊσότοπα υπάρχουν στη γη από τη δημιουργία της. Τα ραδιοϊσότοπα συναντώνται

συχνά στην καθημερινότητά μας και συγκεκριμένα στο έδαφος, στα ορυκτά, στο νερό και στον αέρα. Ακόμη, ανιχνεύονται στους ζώντες οργανισμούς, στις τροφές και στα οικοδομικά υλικά.

Επειδή η ραδιενέργεια περιβάλλοντος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, χωρίζεται σε κατηγορίες μέτρησής της. Ειδικότερα, γίνεται προσδιορισμός διάχυτης ολικής ακτινοβολίας γ στον αέρα, μέτρηση ραδιενέργειας στο νερό και στα οικοδομικά υλικά από το ραδόνιο από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Το ανώτερο όριο πρόσληψης ραδιενέργειας ανά κατηγορία είναι: 1 mSv/χρόνο από όλες τις πηγές ακτινοβολίας, και συγκεκριμένα: στον αέρα 0,15 mSv/ώρα από ακτινοβολίες γάμμα, στο νερό 100 Bq/L από το ραδόνιο, 0,1 Bq/L από ακτινοβολία α και 1 Bq/L από β , αντίστοιχα και στα οικοδομικά υλικά 300 Bq/m³ από το ραδόνιο.



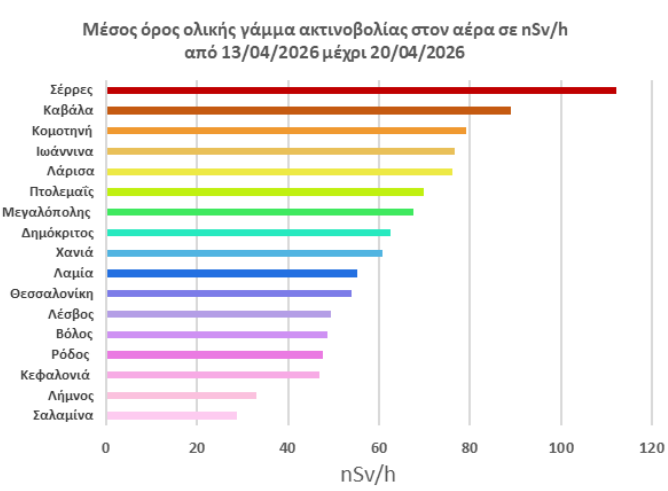
Εικόνα 1: Περιοχές μέτρησης ακτινοβολίας γ στον αέρα

α) Διάχυτη Ολική Ακτινοβολία γ στον Αέρα

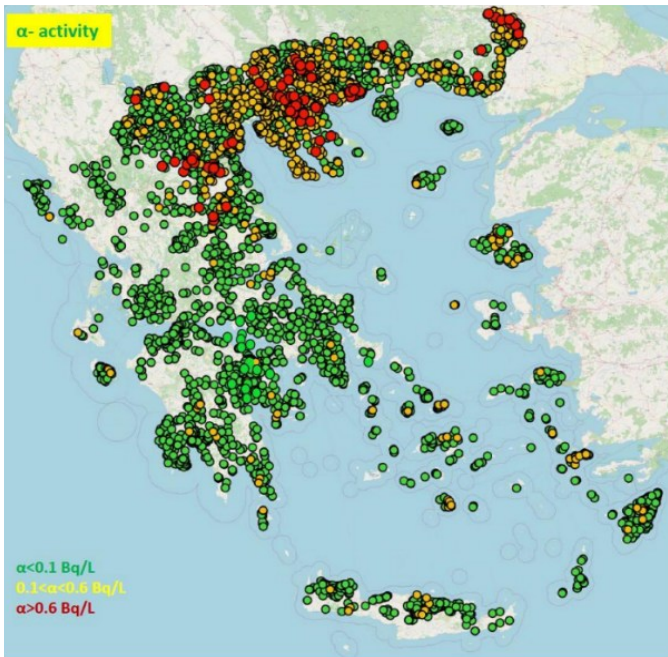
Η ΕΕΑΕ προσδιορίζει τα επίπεδα ακτινοβολίας στον αέρα με συνεχείς μετρήσεις μέσω τηλεμετρικού συστήματος, το οποίο αποτελείται από δύο υποσυστήματα: το δίκτυο μέτρησης της διάχυτης

ολικής ακτινοβολίας γ στον αέρα και το δίκτυο μέτρησης της ραδιενέργειας στα αιωρούμενα μικροσωματίδια (αεροζόλ) της ατμόσφαιρας. Το πρώτο δίκτυο, αποτελείται από 24 σταθμούς που κατανέμονται γεωγραφικά σε όλη την επικράτεια. Οι σταθμοί είναι εγκατεστημένοι σε χώρους της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, σε Πανεπιστήμια και σε άλλα δημόσια κτίρια. Όταν οι τιμές υπερβούν τα όρια ασφαλείας, καταγράφεται συναγερμός [2].

Στην Εικόνα 1 φαίνονται οι περιοχές της Ελλάδας στις οποίες έγιναν μετρήσεις της ολικής ακτινοβολίας α και β, και έπειτα ανίχνευση ραδιονουκλιδίων.



Εικόνα 2: Μέσος όρος ραδιενέργειας ανά περιοχή στο διάστημα 13-20 Απριλίου



Εικόνα 3: Επίπεδα ακτινοβολίας α, 12571 δειγμάτων σε όλη τη χώρα

χρι 20 Απριλίου 2026. Αντίστοιχα, στην εικόνα 2 φαίνεται ο μέσος όρος ραδιενέργειας ανά περιοχή στο διάστημα από 13 Απριλίου μέχρι 20 Απριλίου.

β) Ραδιενέργεια στο Νερό

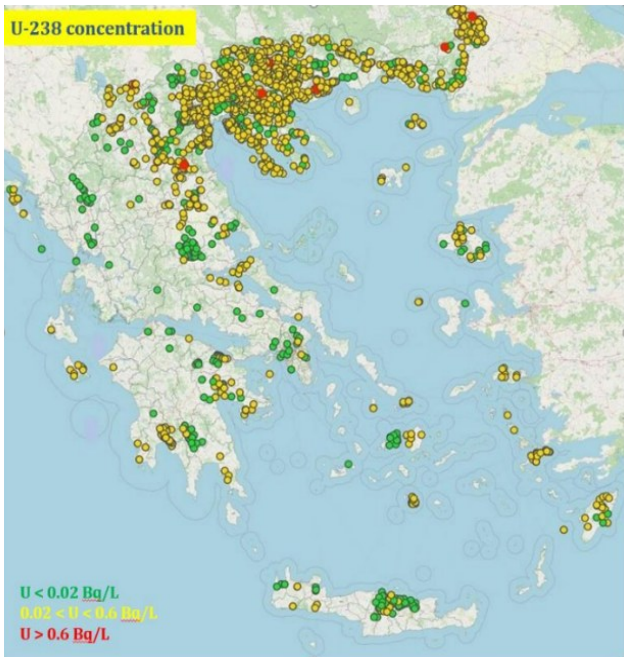
Γίνονται συνεχείς έλεγχοι των επιπέδων ραδιενέργειας στο νερό. Τα άνω όρια ραδιενέργειας από ραδόνιο, τρίτιο και ραδιονουκλίδια (που αναγράφονται ως ενδεικτική δόση ΕΔ) φαίνονται στον πίνακα 1. Για να προσδιοριστεί η ενδεικτική δόση, γίνεται έλεγχος ακτινοβολίας α και β, και έπειτα ανίχνευση ραδιονουκλιδίων.

Πίνακας 1: Ανώτατα όρια ραδιενέργειας από παραμέτρους

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ραδόνιο	100	Bq/L
Τρίτιο	100	Bq/L
ΕΔ	0,1	mSv

Με βάση τις μετρήσεις, τα επίπεδα ραδονίου και τριτίου είναι πολύ χαμηλότερα από τα όρια που προβλέπει η νομοθεσία και για αυτόν τον λόγο δεν θα αναλυθούν.

Ωστόσο, σε ορισμένες περιοχές βρέθηκε μεγάλη ποσότητα ακτινοβολίας α καθώς και συγκεντρώσεις ουρανίου. Στις Εικόνες 3 και 4 φαίνονται οι συ-



Εικόνα 4: Επίπεδα Ουρανίου-238, 3525 δειγμάτων σε όλη τη χώρα

γκεντρώσεις της ολικής ακτινοβολίας α του συνόλου 12571 δειγμάτων και οι συγκεντρώσεις σε ουράνιο-238 του υποσυνόλου των 3525 δειγμάτων, αντίστοιχα [2].

(γ) Ραδόνιο

Το ραδόνιο είναι ένα φυσικό ραδιενεργό αέριο που είναι άοσμο, άχρωμο και άγευστο, προέρχεται από τη διάσπαση του ουρανίου-238 (U-238). Στην Ελλάδα, το ραδόνιο ευθύνεται για το ένα τρίτο της συνολικής έκθεσης του πληθυσμού σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Βρίσκεται στο έδαφος, στα πετρώματα και στο νερό, καθώς και σε οικοδομικά υλικά, από όπου διαχέεται και στη συνέχεια συσσωρεύεται σε κλειστούς χώρους κτιρίων. Στην Εικόνα 5 φαίνονται τα επίπεδα ραδονίου στην Ελλάδα ανά κυβικό μέτρο (Bq/m^3).

Λόγοι Διαφορετικών Επιπέδων Ραδιενέργειας

Όπως φαίνεται στις Εικόνες 1, 2, 3, 4 και 5, τα ποσά ραδιενέργειας διαφέρουν ανά περιοχή της Ελλάδας. Σε κάποιες πόλεις τα επίπεδα είναι υψηλότερα, σε άλλες χαμηλότερα, αλλά πουθενά δεν ξεπερνούν το μέγιστο όριο ασφάλειας. Γενικότερα, τα επίπεδα ραδιενέργειας και στις τρεις κατηγορίες (αέρας, νερό και οικοδομικά υλικά) είναι μεγαλύτερα στην Βόρεια Ελλάδα συγκριτικά με αυτά στην Νότια. Ενας από τους λόγους που συμβαίνει αυτό είναι κοινός για τις τρεις κατηγορίες.

Αρχικά, η διάχυτη στον αέρα ακτινοβολία γ είναι περισσότερη στην Βόρεια Ελλάδα λόγω της μορφο-

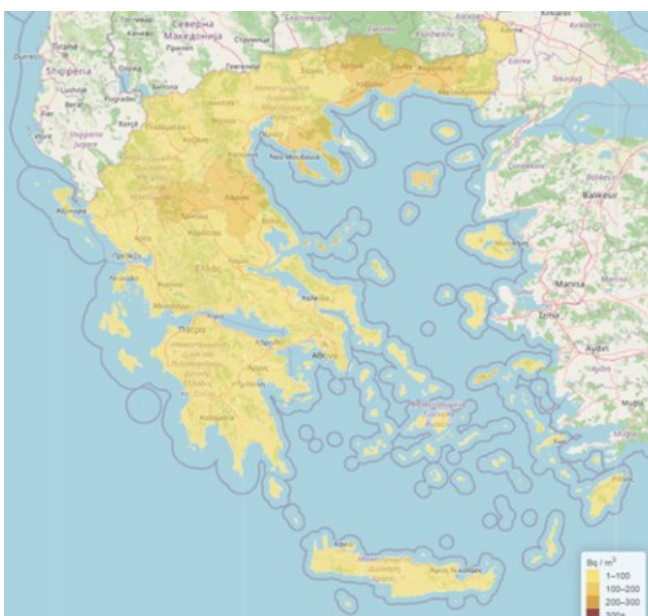
λογίας του εδάφους και των περισσότερων πετρωμάτων που βρίσκονται εκεί [3], [4]. Ακόμη, η Βόρεια Ελλάδα είχε πολλή περισσότερη απόθεση ραδιενέργειας από το πυρηνικό ατύχημα του Τσέρνομπιλ. Τέλος, στα αυξημένα επίπεδα συμβάλλουν ατμοσφαιρικές και μετεωρολογικές συνθήκες, οι οποίες παγιδεύουν και ανακυκλώνουν την ακτινοβολία γ του αέρα.

Αντίστοιχα, τα επίπεδα ακτινοβολίας και ουρανίου στο νερό είναι αυξημένα στην Βόρεια Ελλάδα, επειδή σε αυτές τις περιοχές η ύδρευση γίνεται κυρίως από υπόγεια νερά σε αντίθεση με την Νότια Ελλάδα, όπου η χρήση επιφανειακών νερών είναι μεγαλύτερη [5]. Στα υπόγεια νερά των γεωτρήσεων, οι συγκεντρώσεις ουρανίου είναι αυξημένες, λόγω των γρανιτικών και ιζηματογενών πετρωμάτων και έτσι προκύπτει η αυξημένη -ακτινοβολία στη Βόρεια Ελλάδα. Αυτό απεικονίζεται χαρακτηριστικά στις εικόνες 3 και 4, όπου φαίνεται ότι τα πλουσιότερα σε ουράνιο νερά εντοπίζονται κυρίως στην Κεντρική και Ανατολική Μακεδονία και Θράκη, δηλαδή στις ειδικές περιοχές όπου οι γεωλογικές μελέτες έχουν δείξει ότι απαντώνται πολλές κατηγορίες ουρανιούχων μεταλλευμάτων [5].

Ομοίως, οφείλεται και η διαφορά στα επίπεδα ραδιενέργειας και της συγκέντρωσης ραδονίου στη χώρα. Μεγαλύτερη προσοχή όμως χρειάζεται να δοθεί στις ποσότητες ραδονίου των οικοδομικών υλικών και κατά συνέπεια εντός των κτιρίων, παρά σε αυτές του περιβάλλοντος, καθώς αυτό δεν μπορεί να διαφύγει στον αέρα και ο άνθρωπος να το εισπνεύσει.

Τα επίπεδα συγκεντρώσεων ραδονίου ποικίλουν από χώρο σε χώρο, ανάλογα με το γεωλογικό υπόστρωμα και την κατασκευή του κτιρίου. Το ραδόνιο εκλυόμενο από το έδαφος έχει πολλές εισόδους σε ένα κτίσμα. Μπορεί να εισχωρήσει από τις μικρορωγμές που υπάρχουν στο τσιμεντένιο δάπεδο ή τα διάκενα στα ξύλινα πατώματα, τις ρωγμές στους τοίχους, τα κενά στα σημεία σύνδεσης τοίχου δαπέδου, τις εισόδους των σωλήνων ύδρευσης, αποχέτευσης και παροχής νερού και τα διάκενα στις πόρτες και τα παράθυρα [6].

Όμως, η συγκέντρωση ραδονίου στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου εξαρτάται από: τον ρυθμό εκροής ραδονίου από το έδαφος, το είδος θεμελίωσης της οικοδομής πάνω στο έδαφος, την εκροή του ραδονίου από τα οικοδομικά υλικά και τις εσωτερικές επιφάνειες, το ύψος της κατοικίας, τον εξαερι-



Εικόνα 5: επίπεδα ραδονίου ανά κυβικό μέτρο σε όλη τη χώρα

σμό και την διαφορά πίεσης ανάμεσα στο εσωτερικό της κατοικίας και στο εξωτερικό περιβάλλον [6].

Επιπτώσεις στην Υγεία και Πρόληψη

Οι φυσικές πηγές ακτινοβολίας είναι το έδαφος, το νερό, ο αέρας, τα κτίρια και οι τροφές και αποτελούν το 49% του συνόλου ραδιενέργειας που λαμβάνει ο άνθρωπος. Στις τεχνητές, ανήκουν οι ιατρικές εξετάσεις και οι βιομηχανίες με ποσοστό 51%. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ποιες είναι οι επιπτώσεις στην υγεία αλλά και πως να προστατευτούμε, μειώνοντας τα επίπεδα πρόσληψης ραδιενέργειας.

Ο κυριότερος κίνδυνος αυξημένης πρόσληψης ραδιενέργειας γενικά είναι ο καρκίνος [7]. Συγκεκριμένα, από το ραδόνιο αυξάνονται οι πιθανότητες καρκίνου του πνεύμονα, καθώς το εισπνέουμε [1]. Μπορούν ακόμη, να προκληθούν και καρδιαγγειακά και νευρολογικά προβλήματα, μείωση της αναπαραγωγικότητας, βλάβη στο DNA, στο ανοσοποιητικό σύστημα και στην όραση. Σε κάθε περίπτωση, η σοβαρότητα της κατάσταση εξαρτάται από την δόση και το είδος της ακτινοβολίας, την διάρκεια έκθεσης και την ευπάθεια του κάθε ανθρώπου.

Ωστόσο, έρευνες έχουν δείξει ότι τα ποσοστά καθημερινής έκθεσης σε ακτινοβολία είναι χαμηλά, και συνεπώς ο κίνδυνος εμφάνισης οποιουδήποτε προβλήματος υγείας (ακόμη και καρκίνου) είναι πολύ μικρός. Η μόνη εξαίρεση είναι το ραδόνιο, το οποίο αποτελεί την δεύτερη αιτία καρκίνου του πνεύμονα, μετά από το κάπνισμα.

Ενας άλλος τρόπος λήψης μεγάλης δόσης ακτινοβολίας ώστε να προκληθεί βλάβη είναι οι ιατρικές εξετάσεις και συγκεκριμένα οι ακτινογραφίες και η αξονική τομογραφία. Για αυτόν τον λόγο, οι εξετάσεις πρέπει να γίνονται με σύνεση και μετά από τις οδηγίες των γιατρών.

Για την μείωση του ραδονίου στα κτίρια (σπίτι, εργασία) συνιστάται ο καλός και τακτικός εξαερισμός των εσωτερικών χώρων, ώστε να κυκλοφορεί ο αέρας και να διαφεύγει το ραδόνιο που εισχωρεί από τα οικοδομικά υλικά. Καλή τακτική είναι ακόμη η σφράγιση πιθανών οπών στους τοίχους ή στο δάπεδο. Η πιο σημαντική πρόληψη όμως είναι κατά τη διάρκεια κατασκευής των κτιρίων και υπάρχουν πολλές τεχνικές που εφαρμόζονται για τον περιορισμό υψηλών συγκεντρώσεων ραδονίου σε νέα οικοδόμημα. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται στην απομάκρυνση του ραδονίου πριν εισέλθει στα κτίρια από το έδαφος, δηλαδή στην καλύτερη μόνωση των κτι-

ρίων. Επιπλέον, μπορούμε να κάνουμε έλεγχο ραδονίου στο σπίτι, με τις οδηγίες της ΕΕΑΕ και αν τα επίπεδα είναι πολύ υψηλά, να προβούμε σε κατασκευαστικές ρυθμίσεις. Η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται από τα επίπεδα της συγκέντρωσης ραδονίου και τον τρόπο δόμησης του κτιρίου [8].

Επίλογος

Οι πηγές ραδιενέργειας είναι φυσικές και τεχνητές. Οι φυσικές πηγές είναι το έδαφος, το νερό και τα ορυκτά. Ετσι, στο περιβάλλον υπάρχει ραδιενέργεια η οποία μετριέται με διάφορους τρόπους, αναλόγως που συναντάται. Μετρήσεις της διάχυτης ολικής ακτινοβολίας γ στον αέρα, ραδιενέργειας στο νερό και ραδονίου στα ορυκτά έχουν δείξει ότι η Βόρεια Ελλάδα έχει μεγαλύτερα επίπεδα ραδιενέργειας σε σχέση με την Νότια Ελλάδα. Αυτό οφείλεται στα πλούσια σε ουράνιο πετρώματα λόγω και στο πυρηνικό ατύχημα στο Τσέρνομπιλ καθώς και σε ατμοσφαιρικούς παράγοντες. Ο άνθρωπος μπορεί να λάβει ραδιενέργεια μέσω του νερού, της τροφής, του αέρα και των ιατρικών εξετάσεων. Οι επιπτώσεις στην υγεία μπορεί να είναι σημαντικές και έτσι, χρειάζεται να προστατευόμαστε και να γνωρίζουμε πως να μειώσουμε την πρόσληψη ραδιενέργειας.

Βιβλιογραφία

- [1] F. Pacheco-Torgal, "Indoor radon: An overview on a perennial problem," *Build. Environ.*, vol. 58, pp. 270–277, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.buildenv.2012.08.004.
- [2] "ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΟΠΤΕΙΑΣ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2024 Μάιος 2025."
- [3] M. J. Anagnostakis, E. P. Hinis, S. E. Simopoulos, and M. G. Angelopoulos, "NATURAL RADIOACTIVITY MAPPING OF GREEK SURFACE SOILS," 1996.
- [4] K. Kourtidis et al., "Radon and radioactivity at a town overlying Uranium ores in northern Greece," *J. Environ. Radioact.*, vol. 150, pp. 220–227, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.jenvrad.2015.08.001.
- [5] "ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΙΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ Ιούλιος 2025."
- [6] "Ραδόνιο".
- [7] L. Dobrzyński, K. W. Fornalski, and L. E. Feinendegen, "Cancer mortality among people living in areas with various levels of natural background radiation," *Dose-Response*, vol. 13, no. 3, pp. 1–10, Jul. 2015.
- [8] "Προκαταρκτικές συστάσεις για την αποφυγή εισροής ραδονίου σε νέα κτίρια (μέτρα πρόληψης)" 2021.

παίζουμε με το φως, κατανοούμε την συμπεριφορά του, φτιάχνουμε χρώματα και εικόνες

«ΑΠΘ την Κυριακή» στο εργαστήριο οπτικής & φασματοσκοπίας του τμήματος φυσικής



**Μυρτώ
Τερψιάδου**

Προπτυχιακή
Φοιτήτρια
Τμήματος Φυσικής,
Α.Π.Θ.

Το «ΑΠΘ την Κυριακή» αποτελεί καθιερωμένο θεσμό εξωστρέφειας του πανεπιστημίου, μία μέρα που γεφυρώνει την ακαδημαϊκή κοινότητα με την ευρύτερη κοινωνία, αποτελώντας μία από τις μεγαλύτερες εκδηλώσεις που στοχεύουν στην εκλαΐκευση της επιστήμης. Τις δύο Κυριακές που πραγματοποιείται η εκδήλωση, οι πόρτες του ΑΠΘ είναι ανοιχτές στο κοινό, ενώ διοργανώνονται

ποικίλες εκδηλώσεις, όπως το open day του εργαστηρίου οπτικής και φασματοσκοπίας του τμήματός μας. Εμείς συμμετείχαμε στην εκδήλωση σαν εθελοντές στο εργαστήριο, όπου υποδεχθήκαμε ανθρώπους μικρούς και μεγάλους στους χώρους του εργαστηρίου, και είχαμε την χαρά να νιώσουμε τον παλμό της εκδήλωσης από την πρώτη στιγμή.

Η ανταπόκριση των επισκεπτών ξεπέρασε κάθε προσδοκία. Από νωρίς το πρωί έως και μέχρι την λήξη της εκδήλωσης, υπήρξαν επισκέπτες όλων των ηλικιών και υποβά-

θρων. Από φοιτητές σχολών θετικών επιστημών, μαθητές γυμνασίου και λυκείου, παιδιά δημοτικού, γονείς, μέχρι και λάτρεις της φυσικής, όλοι πέρασαν από τους διαδρόμους του εργαστηρίου για να μελετήσουν και να πειραματιστούν στις διατάξεις, μαθαίνοντας για τα οπτικά φαινόμενα και το φως με διασκεδαστικό και διαδραστικό τρόπο. Η προσέλευση απέδειξε πως η φυσική δεν έχει όρια και δεν περιορίζεται στο αμφιθέατρο του πανεπιστημίου, αλλά είναι μία επιστήμη που μπορεί να είναι για όλους ενδιαφέρουσα και εντυπωσιακή.

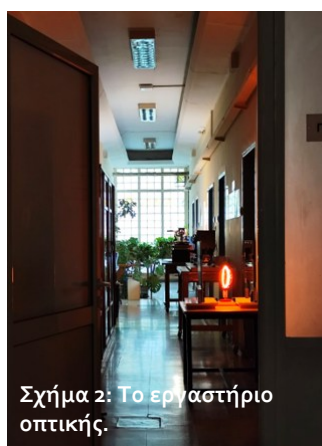
Τα πειράματα και οι διατάξεις

Το εργαστήριο είχε διαμορφωθεί σε σταθμούς, καθένας από τους οποίους φιλοξενούσε και ένα διαφορετικό οπτικό φαινόμενο. Οι εθελοντές αναλάβαμε να καθοδηγήσουμε τους επισκέπτες σε αυτή τη διαδρομή, εξηγώντας τη θεωρία πίσω από κάθε πείραμα, αλλά και την καθημερινή του χρησιμότητα, με γλώσσα απλή, προσιτή, αλλά επιστημονικά ακριβή. Η θεματολογία κάλυπτε ένα ευρύ φάσμα, από την κλασική γεωμετρική οπτική μέχρι τις σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές. Κάποια παραδείγματα πειραμάτων που στήθηκαν είναι τα εξής:

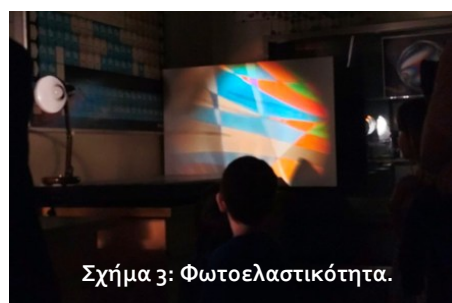
Φωτοελαστικότητα: Ήταν ίσως ο πιο εντυπωσιακός σταθμός για τους ενήλικες και τους μεγαλύτερους μαθητές, αλλά και τους



Σχήμα 1: Η εισαγωγή στα οπτικά φαινόμενα.



Σχήμα 2: Το εργαστήριο οπτικής.



Σχήμα 3: Φωτοελαστικότητα.

μικρότερους επισκέπτες. Χρησιμοποιώντας πολωτικά φίλτρα και διαφανή πλαστικά μοντέλα υπό μηχανική καταπόνηση, δείξαμε πώς το φως αποκαλύπτει τις εσωτερικές τάσεις των υλικών μέσα από ένα μαγικό παιχνίδι χρωμάτων. Οι επισκέπτες κατάλαβαν πώς οι μηχανικοί μπορούν να προβλέψουν πού θα σπάσει ένα υλικό πριν καν αυτό χρησιμοποιηθεί σε μια κατασκευή.

Ολογραμμάτα: Εξηγήσαμε στο κοινό τη διαδικασία καταγραφής της τρισδιάστατης πληροφορίας μέσω της συμβολής ακτίνων λέιζερ. Η έκπληξη στα μάτια των μικρών παιδιών, καθώς προσπαθούσαν να αγγίξουν ένα είδωλο που έμοιαζε να αιωρείται στον χώρο, ήταν μία από τις διασκεδαστικές στιγμές της ημέρας.

Οπτικές Ινες: Σε μια εποχή όπου το γρήγορο δίκτυο θεωρείται δεδομένο, είχε μεγάλη αξία να δείξουμε πώς επιτυγχάνεται. Μέσα από μια απλή πειραματική διάταξη, παρουσιάσαμε το φαινόμενο της ολικής εσωτερικής ανάκλασης, δείχνοντας πώς μια δέσμη φωτός εγκλωβίζεται και καθοδηγείται μέσα σε μια ίνα, μεταφέροντας δεδομένα με την ταχύτητα του φωτός.



Σχήμα 4: Ανάλυση φωτός με πρίσμα.

Ανάλυση Φωτός με Χρήση Φασματοσκοπίου:

Οι επισκέπτες είχαν την ευκαιρία να κοιτάξουν μέσα από φασματοσκόπια και να αναλύσουν το εκπεμπόμενο φως από διάφορες πηγές, όπως λάμπες φθορισμού, λυχνίες αερίων και λάμπες LED. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, έγινε κατανοητό πώς οι αστροφυσικοί μπορούν να γνωρίζουν τη χημική σύσταση μακρινών αστερών και γαλαξιών απλώς μελετώντας το φως που φτάνει σε εμάς.

Πολλαπλασιασμός Ειδώλων με Καθρεπτισμό:

Μέσα από τη διάταξη δύο επίπεδων κατόπτρων υπό συγκεκριμένες γωνίες, δημιουργήθηκε το φαινόμενο του άπειρου πολλαπλασιασμού των ειδώλων. Τα παιδιά ενθουσιάστηκαν βλέποντας τον εαυτό τους να επαναλαμβάνεται αμέτρητες φορές, γεγονός που έδωσε την τέλεια αφορμή για να συζητήσουμε τους νόμους της ανάκλασης.



Σχήμα 5: Επίδειξη λειτουργίας προτζέκτορα.

Καθρεπτισμός με Κυρτά και Κοίλα Κάτοπτρα:

Μικροί και μεγάλοι πειραματίστηκαν με την εστίαση και τη διασπορά των ακτίνων. Παρατηρώντας πώς τα είδωλά τους μεγεθύνονται, μικραίνουν ή αναστρέφονται αναλόγως της θέσης τους, κατανόησαν βιωματικά τη λειτουργία των φακών που χρησιμοποιούνται από τα μικροσκόπια μέχρι τα μεγάλα τηλεσκόπια.

Ανάλυση Φωτός με Πρίσμα: Αναπαράγοντας το ιστορικό πείραμα του Νεύτωνα, δείξαμε πώς το λευκό φως κρύβει μέσα του όλα τα χρώματα του ορατού φάσματος. Η ανάλυση μέσω του πρίσματος εντυπωσίασε με την απλότητα και την ομορφιά της, αποτελώντας την ιδανική εισαγωγή στις κυματικές ιδιότητες του φωτός.,

Διαδραστικότητα: Όταν οι Επισκέπτες Γίνονται Επιστήμονες

Το σημαντικότερο στοιχείο αυτού του Open Day ήταν ότι η διαδικασία της εκμάθησης δεν ήταν αυστηρά «μαθηματική» και στριφνή. Σε πολλές από τις διατάξεις, ο ρόλος των εθελοντών ήταν καθαρά συμβουλευτικός. Δίναμε τα όργανα και τα εξαρτήματα στα χέρια των παιδιών, παροτρύνοντάς τα να αλλάξουν τις γωνίες των κατόπτρων, να μετακινήσουν τις πηγές λέιζερ και να εστιάσουν τα ίδια τα φασματοσκόπια. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική για το ενδιαφέρον των παιδιών, τα οποία φάνηκαν ενθουσιασμένα με την προοπτική του πειραματισμού.

Παράλληλα, η διαδικασία αυτή αποτέλεσε μια σπουδαία πρόκληση και για εμάς τους ίδιους τους φοιτητές. Κληθήκαμε να αποδομήσουμε την αυστηρή ακαδημαϊκή ορολογία που χρησιμοποιούμε καθημερινά στα εργαστήρια και τα συγγράμματά μας, και να τη μεταφράσουμε σε απλά, καθημερινά παραδείγματα. Το να εξηγείς δύσκολες φυσικές και μαθηματικές έννοιες με απλά εκλαϊκευμένα λόγια, απαιτεί φαντασία και

βαθιά κατανόηση του αντικειμένου. Ήταν ένα μάθημα επικοινωνίας της επιστήμης εξαιρετικά πολύτιμο για τη μετέπειτα πορεία μας.

«Μετά» το ΑΠΘ την Κυριακή

Το Open Day του Εργαστηρίου Οπτικής και Φασματοσκοπίας απέδειξε ότι η κοινωνία διψά για έγκυρη, ποιοτική και κατανοητή γνώση, ενώ κυριαρχεί ένα ενδιαφέρον για την επιστήμη σε όλες τις ηλικίες. Η πανεπιστημιακή κοινότητα δεν πρέπει να λειτουργεί ως ένας απομονωμένη και κλειστή κοινότητα, αλλά ως ένας οργανισμός που αλληλεπιδρά, προσφέρει και εμπνέει, ειδικά τις μικρότερες ηλικίες.

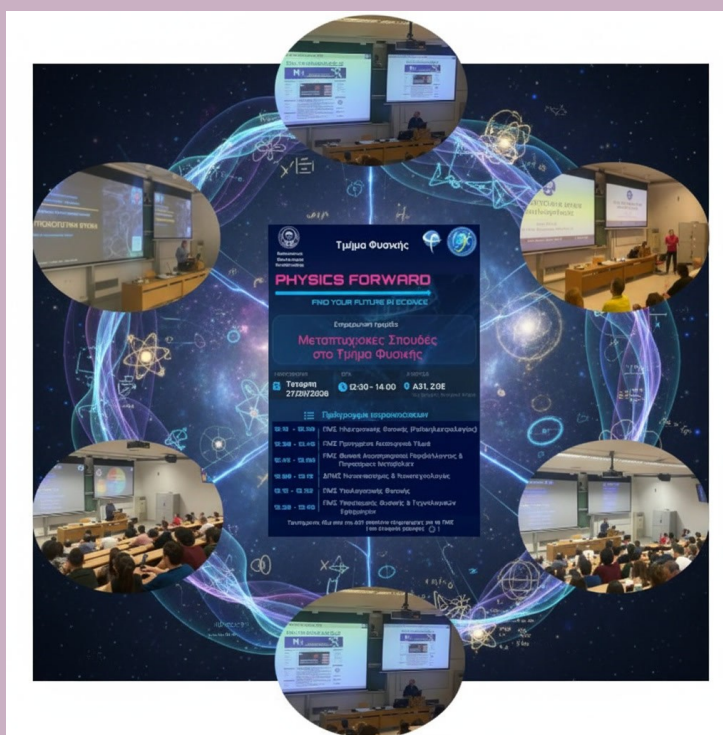
Μέσα από τις σελίδες του περιοδικού μας, του «Φαινομένου», είναι χρέος μας να αναδεικνύουμε τέτοιες πρωτοβουλίες. Δράσεις σαν κι αυτή αποδεικνύουν το υψηλό επίπεδο σπουδών και έρευνας που διεξάγεται στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, αλλά κυρίως αναδεικνύουν το μεράκι και την κοινωνική ευαισθησία των φοιτητών του. Ενα μεγάλο ευχαριστώ αξίζει σε όλους τους συμφοιτητές που συμμετείχαν, στους καθηγητές που μας εμπιστεύτηκαν τις διατάξεις και, φυσικά, στους μαθητές, φίλους, καθηγητές, γονείς, μικρούς και μεγάλους που μας τίμησαν με την παρουσία τους. Η επιστήμη είναι ένα ταξίδι ανακάλυψης, και την Κυριακή αυτή, ταξιδέψαμε όλοι μαζί στο μαγικό κόσμο του φω-

Ενημερωτική ημερίδα για τα ΠΜΣ του Τμήματος Φυσικής

Physics
Forward

Με αφορμή τον εορτασμό των 100 χρόνων από την ίδρυσή του, το Τμήμα Φυσικής διοργάνωσε την ημερίδα “Physics Forward: Μεταπτυχιακές Σπουδές στο Τμήμα Φυσικής”. Η εκδήλωση αποτέλεσε μια μοναδική ευκαιρία για τη γνωριμία με τη δομή, τα ερευνητικά πεδία και τις προοπτικές που προσφέρουν τα Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος μας.

Η ενημέρωση για τις επιλογές εξειδίκευσης στην επιστήμη της Φυσικής έλαβε χώρα την Τετάρτη 27 Μαΐου 2026, στις 12:00, στην Αίθουσα Α31 (1ος όροφος, Κεντρικό Κτίριο ΣΘΕ). Στον χώρο έξω από την Α31 υπήρχε επιπλέον ενημερωτικό υλικό και Υπεύθυνοι των ΠΜΣ βρίσκονταν εκεί για να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις των ενδιαφερόμενων φοιτητών!



Εκδηλώσεις του Τμήματος Φυσικής

Τετάρτη 01/10/2025

Η Πρόεδρος, ο Αντιπρόεδρος και τα μέλη του Διοικητικού Συμβουλίου του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. την Τετάρτη 1 Οκτωβρίου στην αίθουσα Α31 τίμησαν τα μέλη Δ.Ε.Π. του τμήματος που συνταξιοδοτήθηκαν με τη λήξη του ακαδημαϊκού έτους 2024-2025. Την εκδήλωση προλόγισε η Πρόεδρος του Τμ. Φυσικής, Καθηγήτρια Αλεξάνδρα Ιωαννίδου. Στο πολύτιμο έργο που προσέφεραν τα μέλη Δ.Ε.Π. κατά την πολυετή παρουσία τους στο Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ. αναφέρθηκαν:



- ◊ Η Καθηγήτρια Μαρία Κατσικίνη για τον Αναπληρωτή Καθηγητή **Νικόλαο Βουρουτζή**
- ◊ Ο Επίκουρος Καθηγητής Χρήστος Λαμπούδης για τον Καθηγητή **Χρήστο Ελευθεριάδη**
- ◊ Ο Επίκουρος Καθηγητής Βασίλειος Κωνσταντάκος για τον Καθηγητή **Θεόδωρο Λαόπουλο**
- ◊ Η Καθηγήτρια Κλεαρέτη Τουρπάλη για τον Καθηγητή **Δημήτριο Μελά**
- ◊ Ο Καθηγητής Γεώργιος Βουρλιάς για τον Αναπληρωτή Καθηγητή **Αναστάσιο Μολοχίδη**
- ◊ Ο Καθηγητής Δημήτριος Τάσσης για τον Επίκουρο Καθηγητή **Ιωάννη Σαμαρά**
- ◊ Ο Καθηγητής Χρήστος Βόλος για τον Καθηγητή **Ιωάννη Στούμπουλο**
- ◊ Ο Καθηγητής Δημήτριος Τάσσης για τον Καθηγητή **Ευριπίδη Χατζηκρανιώτη**

Σεμινάρια Τμ. Φυσικής

- * **08/10/2025**, Δρ. Θεόδωρος Σαμαράς: «Όταν ο Maxwell συνάντησε τον Ιπποκράτη...»
- * **15/10/2025**, Δρ. Σωτήριος Κ. Γούδος, «Εξελικτικοί αλγόριθμοι και βελτιστοποίηση»
- * **10/12/2025**, Dr. Pablo Laguna: «A Decade of Gravitational Wave Astronomy and the Role of Numerical Relativity»
- * **04/03/2026**, Δρ. Στάθης Παγάνης: «From CERN to quantum engineering: Νέοι κβαντικοί ανιχνευτές φωτονίων»
- * **11/03/2026**, Δρ. Κων/νος Σφέτσος : «Εκτεταμένη Συμμετρία και Νέα Φαινόμενα στη Μαγνήτιση»
- * **19/03/2026**, Ιωάννης Φλωράκης: «Gravity, String Theory & (in)stabilities»
- * **02/04/2026**, Δρ. Σωτήριος Κ. Γούδο: «Εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στη Φυσική»
- * **22/04/2026**, Δρ. Κων/νος Νικολόπουλος: «Where does mass come from? Spherical Proportional Counters and other approaches for light Dark Matter searches»
- * **07/05/2026**, Δρ. Ιωάννης Πήτας : «Ζακέτα Τεχνητή Νοημοσύνη, Πολυπλοκότητα Συστημάτων, Ζωή, Νοημοσύνη και Περιβάλλον»
- * **21/05/2026**, Δρ. Χρήστος Ευθυμιόπουλος: «Σύγχρονα επιτεύγματα της Ουρανίου Μηχανικής και της Δυναμικής Αστρονομίας: Ηλιακό Σύστημα, Μελανές Οπές, Γαλαξίες»
- * **28/05/2026**: Δρ. Ιωάννης Αντωνιάδης: «Υπολογιστική Δεξαμενή (Reservoir Computing): η Φυσική συναντά την Τεχνητή Νοημοσύνη»

ορκωμοσίες

Νέοι πτυχιούχοι του Τμήματος Φυσικής

Παρασκευή 25/07/2025

ΚΟΝΤΟΝΗ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΞΑΝΘΗ ● ΚΟΥΚΟΥΛΗ ΙΩΑΝΝΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ● ΚΡΕΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ● ΚΡΟΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ● ΛΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ ● ΛΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΠΗΝΕΛΟΠΗ-ΒΙΟΛΕΤΑ ● ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ ΔΑΜΙΑΝΟΣ ● ΛΕΒΕΝΤΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ● ΜΑΝΤΑ ΝΑΤΑΛΙΑ ● ΜΑΣΤΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ● ΜΠΕΣΙΟΥ ΣΟΦΙΑ ● ΜΠΟΥΡΤΟΥΝΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ● ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΕΟΝΑΡΔΟΣ ● ΝΟΜΙΚΟΣ ΑΝΕΣΤΗΣ ● ΝΤΙΝΤΟΚΑ ΘΩΜΗ ● ΞΗΡΟΜΕΡΙΤΗ ΜΑΡΙΑ ΕΛΕΝΗ ● ΠΑΛΙΑΤΣΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΗ ● ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΝΙΚΗΦΟΡΟΣ ● ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ ● ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ● ΠΙΤΣΙΑΒΑ ΕΛΙΣΑΒΕΤ ● ΣΑΛΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ● ΤΟΛΙΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ● ΤΣΑΚΜΑΚΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ● ΤΣΑΡΑΓΚΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ● ΤΣΙΚΚΟΥΡΗ ΝΑΤΑΛΙΑ ● ΤΣΙΛΙΓΓΕΡΙΔΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ● ΤΣΙΦΤΣΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ● ΧΑΣΣΑΝ ΧΟΥΣΑΜ ● ΧΑΤΖΗΜΑΡΚΟΥ ΆΝΝΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ● ΧΡΗΣΤΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ

Τρίτη 25/11/2025

ΚΟΠΑΤΣΑΡΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ● ΚΥΡΙΑΚΟΥ ΜΑΡΙΟΣ ● ΚΥΡΙΑΚΟΥΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ● ΚΥΡΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ ● ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΛΑΖΑΡΟΣ ● ΛΙΤΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ● ΛΟΥΛΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ● ΜΑΚΡΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ● ΜΑΚΡΗΣ ΜΑΡΙΟΣ ● ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ● ΜΑΡΝΕΖΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ ● ΜΙΧΑΗΛΙΔΗ ΜΑΡΙΑ-ΣΟΦΙΑ ● ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ ● ΜΚΡΤΣΙΑΝ ΑΝΙ ● ΜΟΥΖΑΚΙΤΗΣ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΣ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ● ΜΠΑΝΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ● ΜΠΕΝΑΖΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ ΜΑΡΙΑ ● ΜΠΙΝΙΟΛΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ● ΜΠΟΓΔΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ● ΜΠΟΥΚΟΥΒΑΛΑΣ ΘΩΜΑΣ ● ΝΑΣΤΟΥ ΛΑΜΠΡΙΝΗ-ΡΕΝΙΣΑ ● ΝΤΕΡΣΤΙΛΑ ΦΑΤΙΑΝ ● ΝΤΙΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ● ΝΤΟΝΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ● ΟΒΑΝΝΙΣΙΑΝ ΕΡΡΙΚΟΣ ● ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΡΑΦΑΗΛΙΑ ● ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΓΟΝΗ ΜΑΡΙΑ ● ΠΑΠΑΛΙΑΓΚΑ ΜΑΡΙΑ ● ΠΑΣΙΝΗ ΕΛΙΣΑΒΕΤ ● ΠΑΥΛΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ● ΠΟΥΛΑΚΗ ΒΕΡΑ ● ΠΥΡΡΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ● ΡΑΠΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ● ΡΟΥΝΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΣΚΑΜΑΓΚΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΣΤΑΘΟΥΛΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ ΕΛΕΝΗ ● ΣΥΛΛΟΓΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΤΑΣΣΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ● ΤΖΙΑΤΖΙΟΥΛΗ ΓΡΑΜΜΑΤΩ ΖΩΗ ● ΤΣΑΝΑΚΤΣΙΔΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ ● ΤΣΕΛΙΚΑΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ● ΤΣΙΟΜΑΛΟΥ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ● ΤΣΟΓΙΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ● ΤΣΟΥΛΟΥΠΑ ΑΓΝΗ ● ΤΥΡΟΒΟΥΖΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ● ΦΑΣΟΥΛΑΣ ΛΑΜΠΡΟΣ ● ΧΑΪΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΧΑΡΙΖΑΝΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ● ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΑΚΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ● ΧΟΥΜΚΟΖΛΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

Τετάρτη 01/04/2026

ΑΓΟΡΑΣΤΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ● ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ ΠΕΡΙΚΛΗΣ ● ΑΥΓΕΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ● ΒΑΣΣΑΜΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ● ΒΑΡΕΛΑΣ ΠΕΤΡΟΣ ● ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ-ΜΑΡΙΕΛΛΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ● ΒΟΥΝΕΛΑΚΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ● ΓΑΓΑΤΣΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ● ΔΑΔΗ ΙΩΑΝΝΑ ● ΔΑΛΛΑΣ ΜΑΡΙΟΣ ● ΔΕΒΒΕΣ ΜΙΧΑΗΛ ● ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ ● ΖΙΑΝΝΑ ΒΑΡΒΑΡΑ ● ΘΕΟΛΟΓΟΥ ΑΓΓΕΛΟΣ ● ΚΑΚΚΙΝΤΗΡΟΥ ΣΤΕΦΑΝΙΑ ● ΚΑΡΑΦΥΛΛΙΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ● ΚΑΡΙΚΑΣ ΡΑΦΑΗΛ ● ΚΑΣΙΜΟΓΛΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ ● ΚΑΣΣΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΚΑΤΣΑΒΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ● ΚΑΤΣΟΥΛΑ ΣΟΦΙΑ ● ΚΟΠΑΤΣΑΡΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ● ΚΡΑΛΛΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ● ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ● ΛΑΝΤΖΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ● ΜΗΤΡΟΥΤΣΙΚΟΥ ΖΩΗ ● ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ ● ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΡΑΦΑΗΛ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ● ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ ● ΠΕΪΚΟΣ ΝΙΚΗΤΑΣ ● ΠΕΤΡΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ ● ΠΟΥΛΤΟΥΡΤΖΙΔΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ ● ΠΡΟΒΙΔΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ● ΣΤΟΪΚΟΥ ΦΩΤΕΙΝΗ ● ΤΕΡΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΤΖΙΑΦΕΡΗ ΔΑΝΑΗ-ΧΡΥΣΟΥΛΑ ● ΤΟΚΜΑΚΤΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ● ΤΡΟΥΒΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ● ΤΣΑΝΗ ΣΟΦΙΑ ● ΤΣΙΑΝΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ● ΧΡΗΣΤΙΔΗΣ ΙΣΙΔΩΡΟΣ ● ΨΥΡΙΛΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

* παρτίθενται μόνο τα ονόματα όσων συναίνεσαν

ορκωμοσίες

Νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής:

Παρασκευή 25/07/2025

- ♦ **Γκάγκας Βασίλειος** (επιβλ. Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης): «Μεταβολή των στάσεων και πεποιθήσεων των μαθητών ως προς τη Φυσική, μετά από την εφαρμογή καινοτόμων δραστηριοτήτων διερευνητικής φύσης»
- ♦ **Λασκαρίδης Λάζαρος** (επιβλ. Χρήστος Βόλος): «Μελέτη της Δυναμικής Συμπεριφοράς Μη-γραμμικών Κυκλωμάτων με Αντιστάτες Μνήμη»
- ♦ **Πατσαμάνης Γιώργος** (επιβλ. Κωνσταντίνος Βυρσωκινός): «Σχεδιασμός και Προσομοίωση ενός Υβριδικού Μεταγωγέα Μήκους Κύματος με Φωτονικά Ολοκληρωμένα Κυκλώματα Νιτρίδιου του Πυριτίου»
- ♦ **Σασλή Αργυρώ** (επιβλ. Νικόλαος Στεργιούλας): «Εύρωστες Μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων στην Αστρονομία Βαρυτικών Κυμάτων»
- ♦ **Χατζοπούλου Ανθή** (επιβλ. Κλεαρέτη Τουρπάλη): «Μελλοντική εξέλιξη της υπεριώδους και ορατής ηλιακής ακτινοβολίας από προσομοιώσεις της ατμοσφαιρικής σύστασης»

Τρίτη 25/11/2026

- ♦ **Γαϊτανάς Μιχαήλ-Άγγελος** (επιβλ. Κλεομένης Τσιγάνης): «Δυναμική Μοντελοποίηση Διπλών Συστημάτων Αστεροειδών»
- ♦ **Καλαμάκης Γεώργιος** (επιβλ. Αναστάσιος Πέτκου): «Ανάπτυξη Ολογραφικές μελέτες ισχυρά συζευγμένων συστημάτων: από την θεωρία χορδών στα συστήματα συμπυκνωμένης ύλης»
- ♦ **Κοζάκος Σταύρος** (επιβλ. Νικόλαος Φράγκης): «Δομικές ιδιότητες θερμοηλεκτρικών υλικών στη νανοκλίμακα»
- ♦ **Κοκκίνης Αργύριος** (επιβλ. Κωνσταντίνος Σιώζιος): «Μεθοδολογίες Σχεδίασης για τη Βιώσιμη Επιτάχυνση Υπολογιστικών Φορτίων σε Πλατφόρμες Υλικού στο Άκρο του Δικτύου»
- ♦ **Μπούγας Ιωάννης** (επιβλ. Σωτήριος Γούδος): «Μελέτη και σχεδίαση συστήματος ασύρματης συγκομιδής ενέργειας»
- ♦ **Νικίδης Ευστράτιος** (επιβλ. Ιωσήφ Κιοσέογλου): «Υπολογιστικές μέθοδοι ανάλυσης δομικών ιδιοτήτων νανοδομών»
- ♦ **Παπαδογιαννάκη Σοφία** (επιβλ. Δημήτριος Μελάς): «Ανάπτυξη συστήματος μοντέλων για τη μελέτη και την πρόγνωση του βιολογικού καιρού»
- ♦ **Χατζοπούλου Πολυξένη** (επιβλ. Γεώργιος Δημητρακόπουλος): «Ηλεκτρονική μικροσκοπία

Νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής (συνέχεια):

- ♦ διέλευσης/διέλευσης-σάρωσης και υπολογιστική ανάλυση προηγμένων ημιαγωγικών ετεροδομών και υβριδικών λειτουργικών νανοϋλικών»
- ♦ **Χρυσοστομίδης Θεμιστοκλής** (επιβλ. Κωνσταντίνος Βυρσωκινός): «Πειραματική αποτίμηση φωτονικών ολοκληρωμένων στοιχείων για φωτονικά νευρωνικά δίκτυα πολλαπλών επιπέδων»

Δευτέρα 20/04/2026

- ♦ **Κοσμίδης Σάββας** (επιβλ. Ευθυμία Μελετιδίου): «Μελέτη μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων με κρυφούς ελκυστές: Εφαρμογή στην Κατασκευή Γεννήτριας Ψευδοτυχαίων αριθμών και στην Κρυπτογράφηση Εικόνας»
- ♦ **Κυριακού-Τζιαμτζή Χριστίνα** (επιβλ. Κων/νος Χρυσάφης, Δημήτριος Αχιλιάς): «Φυσικοχημική διερεύνηση συστατικών βιομάζας και συγκολλητικών συστημάτων στην παραγωγή μοριοσυνιδών και κινητική αξιολόγηση του πολυμερισμού των ρητινών»
- ♦ **Λούρης Ευάγγελος** (επιβλ. Δημήτριος Τάσσης): «Κατασκευή και Χαρακτηρισμός Οργανικών Ηλεκτροχημικών Τρανζίστορ για Υφάνσιμα Ηλεκτρονικά»
- ♦ **Μαμάρας Αριστείδης** (επιβλ. Δημήτριος Σαμψωνίδης): «Συμπαγές Σύστημα Εξαγωγής και Προσαρμογής Δέσμης για Εφαρμογές Υψηλού Ρεύματος»
- ♦ **Μέριανος Σπυρίδων** (επιβλ. Δημήτριος Σαμψωνίδης): «Ένα πειραματικό τρίπτυχο με τον ανιχνευτή ATLAS στην εποχή του LHC και του HL-LHC: Προσομοιώσεις Γεωμετρίας, Επιδόσεις Αναβαθμίσεων και η Αναζήτηση Ζευγών Μποζονίων Higgs»
- ♦ **Μουστάκα Άννα** (επιβλ. Κλεαρέτη Τουρπάλη): «Χαρακτηρισμός οπτικών ιδιοτήτων αερολυμάτων, των τάσεων και των επιδράσεων τους στην ακτινοβολία από περιοχική έως παγκόσμια κλίμακα με τη χρήση πολλαπλών αισθητήρων»
- ♦ **Νικολής Δημήτριος** (επιβλ. Αλκιβιάδης Μπάης): «Μελέτη ατμοσφαιρικών αερίων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης με συνέργεια παθητικής φασματοσκοπίας διαφορικής οπτικής απορρόφησης πολλαπλών διευθύνσεων και δορυφορικών μετρήσεων»
- ♦ **Παπαδόπουλος Κυπαρίσης** (επιβλ. Μαρία Γιώτη): «Σχεδιασμός, ανάπτυξη και μελέτη οργανικών διόδων εκπομπής φωτός για εφαρμογές φωτισμού και βιοαισθητήρων»
- ♦ **Πάσχου Αμαλία Μαρία** (επιβλ. Μαρία Κατσικίνη): «Μελέτη ιστών και δομικών πρωτεϊνικών συστατικών τους με φασματοσκοπικές τεχνικές»
- ♦ **Ταχμαζίδης Νικόλαος** (επιβλ. Ελένη Παυλίδου): «Η συμβολή της Φυσικής στη μελέτη εικαστικών έργων με τη χρήση μη-καταστροφικών αναλυτικών τεχνικών»

ΤΟ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΑΝΟΙΓΕΙ ΤΙΣ ΠΟΡΤΕΣ ΤΟΥ ΣΕ ΜΙΚΡΟΥΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΟΥΣ

Α.Π.Θ. ΤΗΝ ΚΥΡΙΑΚΗ



ΠΕΙΡΑΜΑ



ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ



ΜΟΥΣΕΙΟ - ΑΡΧΕΙΟ - ΣΥΛΛΟΓΗ



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ



ΠΑΙΧΝΙΔΙ



ΕΠΙΔΕΙΞΗ

ΜΑΪΟΣ
2026

ΚΥΡΙΑΚΗ

17
&
24

Πληροφορίες:

Γραφείο Συντονισμού Εθελοντών
και Φοιτητικών Δράσεων
τηλ: 2310 995253
e-mail: sundays@auth.gr

 Α.Π.Θ. την Κυριακή

 authonsundays

<https://volunteering.auth.gr/sundays/>

Η είσοδος σε όλες τις δραστηριότητες είναι ελεύθερη