

100 χρόνια

A T H E N S

C O L L E G E



Scientific Journal

ΤΕΥΧΟΣ 1 • ΙΟΥΝΙΟΣ 2025



Scientific Journal

Το πιο ακατανόητο πράγμα
είναι το ότι ο κόσμος
είναι κατανοητός

– ΑΛΜΠΕΡΤ ΑΪΝΣΤΑΪΝ (1879-1955)

Αγαπητοί αναγνώστες,

Καλωσορίσατε στο πρώτο τεύχος του Επιστημονικού Περιοδικού του Λυκείου Κολλεγίου Αθηνών! Το "Scientific Journal" αποτελεί μία απόπειρα εξερεύνησης των ερευνητικών και επιστημονικών ενδιαφερόντων των μαθητών του ΛΚΑ. Πρόκειται για ένα έργο στο πλαίσιο της εκατονταετηρίδας του Κολλεγίου Αθηνών το οποίο συνδέει αποφασιστικά και άμεσα τα τμήματα Μαθηματικών, Πληροφορικής και Φυσικών Επιστημών. Είναι λοιπόν τιμή μας να συνεισφέρουμε στα επιστημονικά επιτεύγματα του Σχολείου μας και να προωθήσουμε στην ευρύτερη Κολλεγιακή (και μη) Οικογένεια τις αξίες της έρευνας, του πειραματισμού, της διερεύνησης και της αναζήτησης, ιδανικά που εδώ κι έναν αιώνα διαπνεούν το Κολλέγιο Αθηνών. «Το πιο ακατανόητο πράγμα είναι ότι ο κόσμος είναι κατανοητός», Άλμπερτ Αϊνστάιν. Έτσι λοιπόν, σας καλούμε να πλοηγηθείτε στις παρακάτω σελίδες και να ξεκινήσετε τη δική σας έρευνα, το δικό σας ταξίδι για την ανεύρεση της αλήθειας, κι όλων των πτυχών της.

Καλή ανάγνωση,

Τα μέλη της Συντακτικής Ομάδας

Συντακτική Ομάδα: Παυλίνα Αθανασιάδη, Α1, Φοίβη Αρκαδοπούλου, Α1, Λουίζα Ασημακοπούλου, Α1, Ανδριανή Γαβρήλου, Α3, Αναστασία Γαλάνη, Α2, Μαρίνα Γιαννακοπούλου, Α2, Ματθαίος Ζαμπίκος, Α3, Παναγιώτης Κανέλλος, Β3, Ιωάννα Καντιδάκη, Α3, Γεωργία Καραστάθη, Β3, Κωνσταντίνα Κονταρούδη, Α4, Βασίλης Κουλουμπής, Α1, Εριέττα Κουρομιχελάκη, Α4, Νικολέτα Κυριακάκη, Α3, Όλγα Μάκαρη, Β4, Στέφανος Μασουρίδης, Α6, Κωνσταντίνος Μαστέλλος, Β5, Νεφέλη Μωραϊτίνη, Α6, Μαριτέλλα Πέτσα, Γ7, Ανδρέας Ράλλης, Γ7, Στρατής Ράλλης, Γ5, Μαρία Ρώτα, Α8, Νικόλας Σκεύης, Γ5, Παρασκευή Τζεδάκη, Α7, Παναγιώτης Τσαβδαρίδης, Β7, Πολυξένη Τσιπλακίδη, Β7, Μάιρα Τσιφλάκου, Β7

Υπεύθυνοι Καθηγητές: Βικτώρια Γιακουμοπούλου, Φυσικός,
Ανδρέας Καραμπέλας, Πληροφορική,
Παναγιώτης Σκοπελίτης, Μαθηματικός

Τεχνικός Συνεργάτης: Μιχάλης Κύρκος

Πίνακας Περιεχομένων

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

σελ. 5-24

Σηματοδοτικά Μονοπάτια: Ο ρόλος των ανθρώπινων πρωτεϊνικών κινασών.....	6
Ξαναγράφοντας τον κώδικα της ζωής: Το θαύμα της επεξεργασίας του DNA.....	8
Η τεχνολογία CRISPR στην γενετική μηχανική.....	11
Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της καρδιάς.....	13
Όνειρα και συνείδηση: Μια νέα εξερεύνηση του εγκεφάλου.....	15
Γιατί νιώθουμε;.....	17
Ένταξη του AI στην ιατρική: Μία νέα εποχή για την υγεία.....	19
Νευρωνική μηχανική, νευροτεχνολογίες και νευροπροσθετικά.....	22

ΦΥΣΙΚΗ

σελ. 25-52

Ραδιενεργός Διάσπαση β: Ιστορική Αναδρομή, Μηχανισμός και Εφαρμογές.....	26
Ισχυρή δύναμη: Ο συγκολλητής του μικρόκοσμου.....	29
Νόμοι του Κέπλερ - Οι κινήσεις των πλανητών.....	32
Πυρηνική σύντηξη.....	35
Ανθρώπινη πτήση: Ένα ανεκπλήρωτο όνειρο.....	38
Ήλιος & Άνθρωπος.....	40
Πολύτιμοι λίθοι: Από τα έγκατα της γης σε αντικείμενα της καθημερινότητάς μας.....	42
Μαύρη Τρύπα: Πύλη στο Άγνωστο.....	44
Μαύρες τρύπες και επιστημονική φαντασία.....	46
Τέχνη του Φωτός και της Πυρίτιδας.....	48
Majorana 1: Επανάσταση στους κβαντικούς υπολογιστές.....	50

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

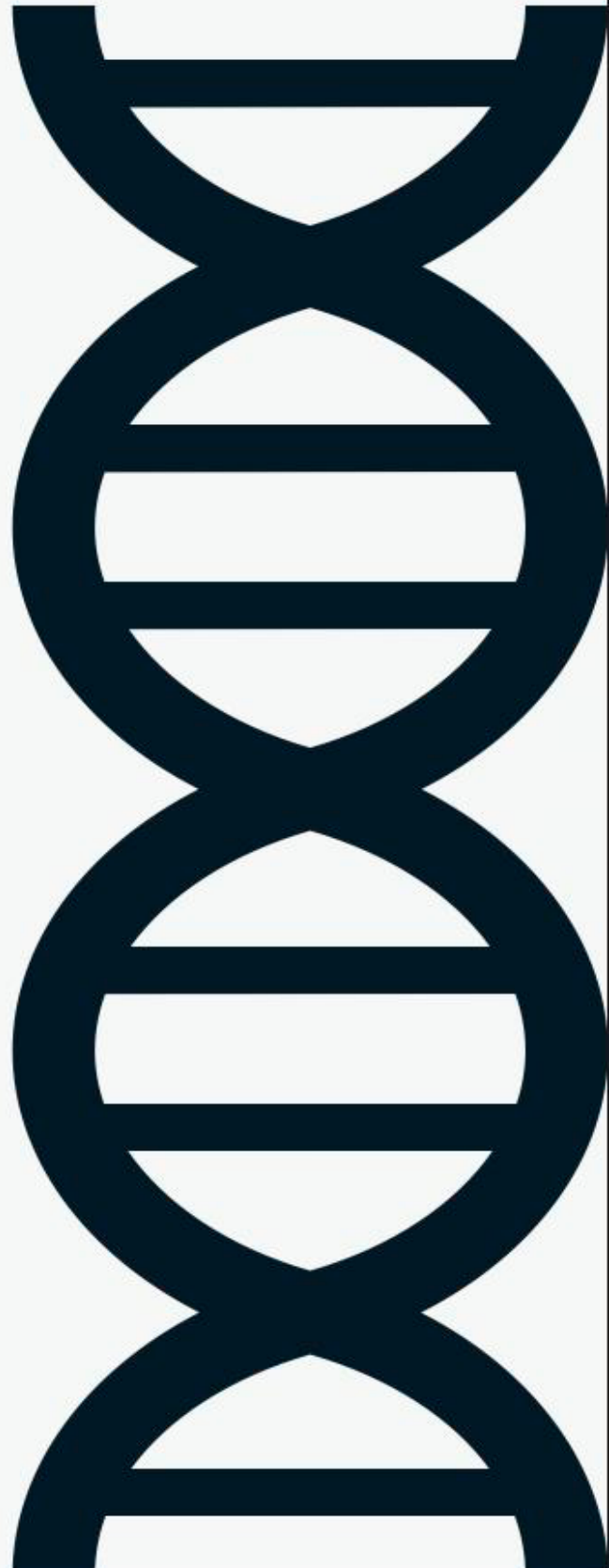
σελ. 53-71

Η Θεωρία Παιγνίων και οι Εφαρμογές της στην Καθημερινή Ζωή.	
Μια Επιστημονική Προσέγγιση.....	54
Εισαγωγή στη Θεωρία του Χάους.....	57
Φράκταλ: Η γεωμετρία στη φύση.....	59
Η Εξίσωση του Όιλερ: Μια Μαθηματική Επανάσταση.....	62
Αποκωδικοποιώντας τον κόσμο με τα Διακριτά Μαθηματικά.....	64
Διανυσματικές πράξεις: Ενδιαφέροντα στοιχεία και εφαρμογές.....	67
Εσύ ακούς χρώματα;.....	70

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

σελ. 72

БІОЛОГІА



Σηματοδοτικά Μονοπάτια:

Ο ρόλος των ανθρώπινων πρωτεϊνικών κινασών

Μαριτέλλα
Πέτσα, Γ7

Ο ταχύτατος ρυθμός της καθημερινότητας, συνυφασμένος με τις ραγδαίες τεχνολογικές ανακαλύψεις, καθιστά επιτακτική την ανάγκη εις βάθος κατανόησης των ανθρώπινων γονιδιακών μηχανισμών. Το ανθρώπινο γονιδίωμα (human genome) αποτελεί πλέον αντικείμενο συνεχούς μελέτης και έρευνας σε μία απόπειρα “αποκρυπτογράφησης” όλων των μηχανισμών του.

Στο πλαίσιο αυτό, υψίστης σημασίας είναι και η αντίληψη των διαδικασιών της φωσφορυλίωσης πρωτεϊνών, η οποία αποτελεί μία χημική τροποποίηση που τις κάνει να δρουν σαν “διακόπτες” σε πολλά ενδοκυττάρια σηματοδοτικά μονοπάτια. Στο επίκεντρο των προαναφερθέντων διεργασιών βρίσκονται οι ανθρώπινες πρωτεϊνικές κινάσες, ένζυμα επιφορτισμένα με τη μεταφορά φωσφορικής ομάδας σε συγκεκριμένα αμινοξέα πρωτεϊνών. Αναλυτικότερα, οι κινάσες μετέχουν στην πλειοψηφία των ενδοκυτταρικών σηματοδοτικών μονοπατιών και συνεισφέρουν άμεσα στη ρύθμιση του μεταβολισμού, τη γονιδιακή έκφραση, και την κυτταρική ανάπτυξη, διαίρεση και διαφοροποίηση.

Σύμφωνα με συντηρητικούς υπολογισμούς, ο αριθμός των πρωτεϊνικών κινασών που κωδικοποιούνται στο γονιδίωμα των θηλαστικών ανέρχεται ή, ορθότερα, ξεπερνά τις 1.000. Η φυσιογνωμία της σύγχρονης Βιολογίας, βέβαια, είναι συνεχώς μεταβαλλόμενη, έτσι ώστε η Γονιδιωματική (Genomics) αποτελεί έναν από τους πιο ταχέως αναπτυσσόμενους

βιολογικούς τομείς σήμερα. Πιο συγκεκριμένα, πληθώρα πληροφοριών είναι διαθέσιμη κυρίως για τις κινάσες σερίνης-θρεονίνης (Ser/Thr) και τυροσίνης (Tyr).

Αναλυτικότερα, η πρωτεϊνική κινάση Ser/Thr της φωσφορυλάσης του μυός αποτελεί την πρώτη κινάση που απομονώθηκε σε καθαρή μορφή (Edwin Gerhard Krebs, 1959). Ακολούθησαν οι κινάσες Tyr (Ray Erikson, 1978), οι οποίες έθεσαν το υπόβαθρο για την ανακάλυψη μίας κατηγορίας κινασών άμεσα εμπλεκόμενων στις διαδικασίες της ανάπτυξης και διαφοροποίησης των κυττάρων. Σήμερα, γνωστές είναι και οι κινάσες ιστοιδίνης (His) και ασπαρτικού/γλουταμινικού οξέος (Asp/Glu), οι οποίες όμως συναντώνται πρωτίστως σε προκαρυωτικούς οργανισμούς, κι άρα η επίδρασή τους στη σηματοδότηση στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα.

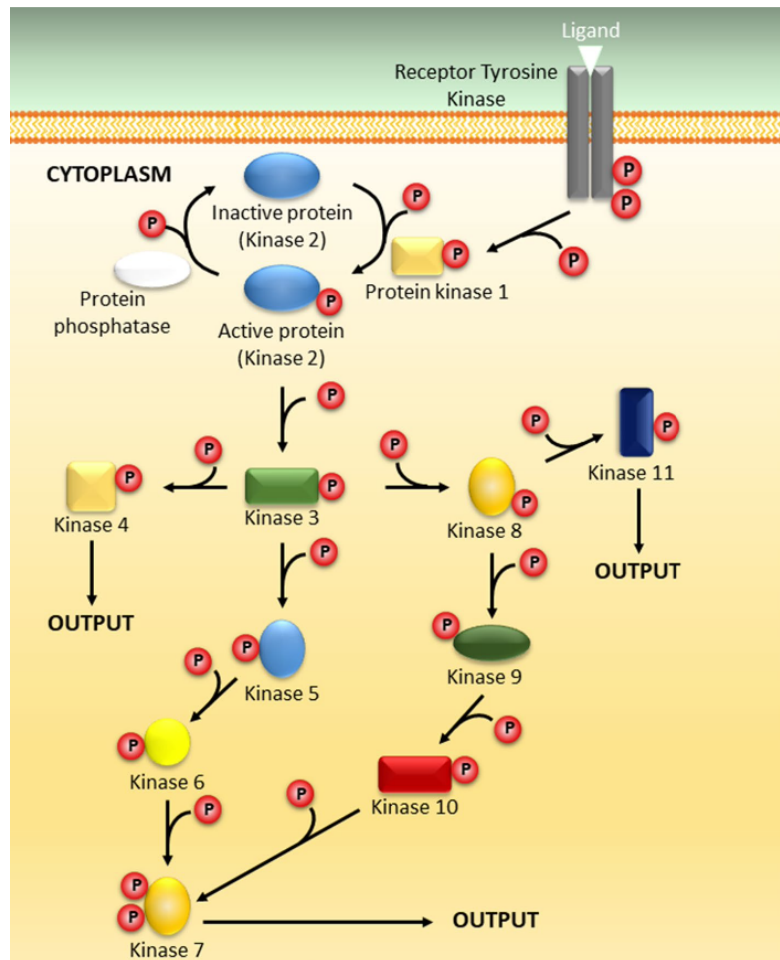
Η αντιστρεπτή φωσφορυλίωση πρωτεϊνών σε αμινοξικά κατάλοιπα Ser/Thr και Tyr συνιστά, όπως προαναφέρθηκε, ένα ρυθμιστικό σήμα που λειτουργεί ως “διακόπτης” στα σηματοδοτικά μονοπάτια. Η δράση των κινασών οδηγεί στον σχηματισμό φωσφορικού εστέρα στις πρωτεΐνες, έτσι ώστε να τροποποιείται η διαμόρφωση και η δραστηριότητα των εκάστοτε κυτταρικών πρωτεϊνών. Οι φωσφορικοί εστέρες όμως είναι μόρια υψηλής σταθερότητας, γεγονός που συνεπάγεται την αναγκαιότητα δράσης πρωτεϊνικών φωσφατάσων για την απομάκρυνσή τους.

Αυτές ακριβώς οι ρυθμιστικές ικανότητες, τόσο των κινάσων, όσο και των φωσφατάσων, αξιοποιούνται από τα κύτταρα για την εκπομπή τοπικά και χρονικά περιορισμένων σημάτων.

Εν ολίγοις, η προαναφερθείσα διαδικασία της φωσφορυλίωσης επιδρά και διαμορφώνει ανάλογα τη λειτουργία, τη δραστηριότητα και τον υποκυτταρικό εντοπισμό του πρωτεϊνικού υποστρώματος στο οποίο δρουν οι κινάσες. Γενικότερα, όλα τα παραπάνω αναδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο ορισμένα σηματοδοτικά μονοπάτια συμμετέχουν σε μεταβολικές αντιδράσεις, πώς τα διάφορα σήματα που δέχεται το κύτταρο συνεργάζονται, και πώς τα κοινά συστατικά ενός ρυθμιστικού δικτύου ενεργοποιούνται από διαφορετικά σήματα. Είναι επομένως αντιληπτό ότι η πρωτεϊνική φωσφορυλίωση έχει την ικανότητα να ενεργοποιήσει ή απενεργοποιήσει τη δράση ενός ενζύμου, με στόχο την αποτελεσματική απόκριση του κυττάρου σε εξωτερικά ερεθίσματα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί και η ύπαρξη της οικογένειας κινάσων DAPK (death-associated protein kinases), η οποία ρυθμίζει την απόπτωση, δηλαδή τον προγραμματισμένο κυτταρικό θάνατο των κυττάρων. Αποτελούμενη από 5 κινάσες, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αλλά και τη ρύθμιση ανθρώπινων ασθενειών.

Πολλάκις, μία ανωμαλία σε ένα σηματοδοτικό μονοπάτι, συχνά σχετιζόμενο με τις κινάσες, οδηγεί σε διαταραχές στα “σημεία ελέγχου” (checkpoints) του κυτταρικού κύκλου, όπως στη φάση G1, λόγω μεταλλάξεων, υπο- ή υπερ-έκφρασης γονιδίων. Τέτοιες αλληλουχίες γεγονότων παρατηρούνται και μάλιστα μπορούν να αποτελέσουν βιοδείκτες (biomarkers) για διάφορα είδη καρκίνου, γεγονός το οποίο ενισχύει την ανάγκη μελέτης των σηματοδοτικών μονοπατιών στα οποία συμμετέχουν οι κινάσες, με σκοπό την εύρεση νέων φαρμάκων για την αντιμετώπιση αυτής της ομάδας ασθενειών.



Εικόνα 1: Η Φωσφορυλίωση ως ένας “καταρράκτης” που ενεργοποιεί ή αδρανοποιεί γονίδια

Βιβλιογραφία

- Smith HL, Southgate H, Tweddle DA, Curtin NJ. DNA damage checkpoint kinases in cancer. *Expert Rev Mol Med*. 2020 Jun 8;22:e2. doi: 10.1017/erm.2020.3. PMID: 32508294.
- Zhang L, Luo B, Lu Y, Chen Y. Targeting Death-Associated Protein Kinases for Treatment of Human Diseases: Recent Advances and Future Directions. *J Med Chem*. 2023 Jan 26;66(2):1112-1136. doi: 10.1021/acs.jmedchem.2c01606. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36645394.
- “Πρωτεϊνικές Κινάσες Ser/Thr Και Πρωτεϊνικές Φωσφατάσες Ser/Thr.” Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, open eclass 2003-2025, eclass.uth.gr/modules/document/file.php/BIO_U_143/PDF%20Βιβλίου%20Διακυτταρική%20Επικοινωνία%20-%20Μεταγωγή%20Σήματος/Kefalaio%207%202020.pdf.
- Thingholm TE, Rönstrand L, Rosenberg PA. Why and how to investigate the role of protein phosphorylation in ZIP and ZnT zinc transporter activity and regulation. *Cell Mol Life Sci*. 2020 Aug;77(16):3085-3102. doi: 10.1007/s00018-020-03473-3. Epub 2020 Feb 19. PMID: 32076742; PMCID: PMC7391401.



Εικόνα 2: Επεξεργασία Γενετικού Υλικού

Ξαναγράφοντας τον κώδικα της ζωής: Το θαύμα της επεξεργασίας του DNA

Νεφέλη
Μωραϊτίνη, Α6

Τι είναι το DNA; Ποια είναι η σημασία του; Γίνεται να το επεξεργαστούμε και πιθανότατα να το αλλάξουμε; Και αν ναι, σε τι μπορεί αυτή η διαδικασία να συνεισφέρει; Είναι όμως ηθικά σωστό; Αυτές είναι μερικές μόνο από τις συναρπαστικές ερωτήσεις που θα διερευνηθούν και τελικά θα απαντηθούν στο ακόλουθο κείμενο, το οποίο εξετάζει πώς, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες, μπορεί το γενετικό υλικό να επεξεργαστεί και εν τέλει να τροποποιηθεί, διεισδύοντας παράλληλα στον κόσμο της Βιοηθικής, σε μία εύλογη προσπάθεια να απαντήσει στο αν αυτή η διεργασία είναι τελικά ηθικά ορθή.

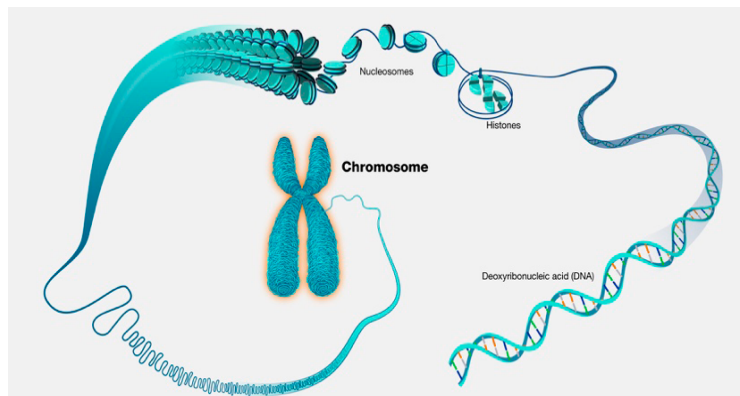
Έχετε αναρωτηθεί ποτέ γιατί ορισμένοι άνθρωποι γεννιούνται με μπλε αντί για καφέ μάτια; Γιατί άνθρωποι όμοιας φυλετικής προέλευσης παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά ή γιατί ορισμένα άτομα γεννιούνται με παθήσεις όπως το Σύνδρομο Down ή προδιάθεση για άλλες σοβαρές νόσους και ασθένειες; Η απάντηση δεν είναι παρά μία: το DNA! Το DNA, στα ελληνικά: δεοξυριβονου-

κλεικό οξύ, αποτελεί το μόριο στο οποίο περιέχεται «εγγεγραμμένη» η «γενετική πληροφορία». Υπάρχει σε κάθε κύτταρο του ανθρώπινου σώματος και συγκροτεί τις απαραίτητες πληροφορίες για την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και τη λειτουργία του οργανισμού. Αποτελεί, δηλαδή, τον τρόπο με τον οποίο κληροδοτούνται τα μοναδικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων, και άλλων οργανισμών, στις

επόμενες γενιές. Πρέπει όμως για αρχή, να κατανοήσουμε τη δομή αυτού του μορίου. Το δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ είναι ένα δίκλωνο μόριο, και άρα απαρτίζεται από 2 νουκλεϊκές αλυσίδες (διπλή έλικα), καθεμία από τις οποίες αποτελεί μία εκτενή αλληλουχία δεοξυριβονουκλεοτιδίων. Τα νουκλεοτίδια του DNA, τα οποία διακρίνονται σε 4 τύπους: την Αδενίνη (Α), την Κυτοσίνη (C), τη Γουανίνη (G) και τη Θυμίνη (T), σχηματίζουν μοναδικές αλληλουχίες στο DNA των ανθρώπων, και αυτές ουσιαστικά καθιστούν κάθε άνθρωπο μοναδικό! Αξιοσημείωτο όμως είναι, ότι σε κάθε άνθρωπο δεν υπάρχει μόνο 1 μόριο DNA ανά κύτταρο, αλλά πολλαπλά, τα οποία μάλιστα οργανώνονται στον πυρήνα των κυττάρων σε δομές που ονομάζονται χρωμοσώματα. Στα σωματικά κύτταρα, τα χρωμοσώματα εντοπίζονται σε 23 ζεύγη ανά πυρήνα, και το πλήρες σύνολο αυτών των χρωμοσωμάτων ονομάζεται ανθρώπινο γονιδίωμα.

Πώς γίνεται λοιπόν να επεξεργαστούμε το DNA μας; Η επεξεργασία του γονιδιώματος είναι μια μέθοδος που στοχεύει στην πραγματοποίηση αλλαγών στο DNA ενός κυττάρου ή ενός ολόκληρου οργανισμού.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσθέσει, να αφαιρέσει ή να τροποποιήσει το γονιδίωμα. Για τον σκοπό αυτό, έχουν αναπτυχθεί διάφορες προσεγγίσεις. Μια από τις πιο πρόσφατες και ίσως δημοφιλέστερες μεθόδους είναι το σύστημα CRISPR - Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats and CRISPR - associated protein 9) που προσαρμόστηκε από ένα φυσικό σύστημα επεξεργασίας γονιδίων που χρησιμοποιούν τα βακτήρια ως άμυνα! Ειδικότερα, όταν τα βακτήρια μολύνονται από ιούς, συλλαμβάνουν μικρά τμήματα από το DNA των ιών αυτών, και τα εισάγουν στο ίδιο τους το γενετικό υλικό, σε ένα συγκεκριμένο μοτίβο με σκοπό να δημιουργήσουν ορισμένα τμήματα που ονομάζονται συστοιχίες CRISPR. Οι συστοιχίες αυτές, δίνουν στα βακτήρια τη δυνατότητα να «θυμούνται» τους ιούς αυτούς ή άλλους ιούς όμοιους με εκείνους, έτσι ώστε αν αυτοί επιτεθούν ξανά στο μέλλον, τα βακτήρια να μπορούν να παράγουν τα αντίστοιχα τμήματα RNA από τις συστοιχίες CRISPR που έχουν δημιουργήσει στο παρελθόν, για να μπορούν να τους αντιμετωπίσουν. Πώς γίνεται αυτό; Αφού τα τμήματα RNA αναγνωρίσουν τους ιούς, προσκολλώνται σε συγκεκρι-

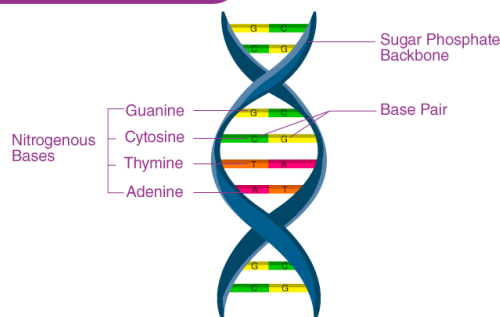


Εικόνα 3: Χρωμόσωμα

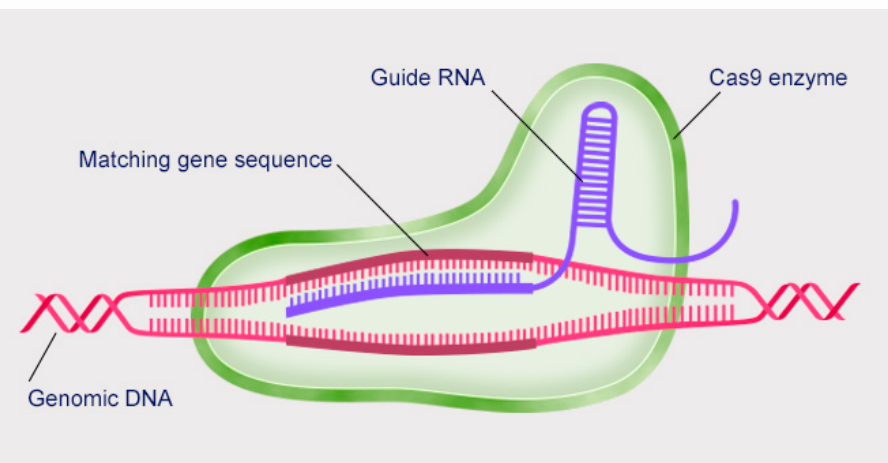
κριμένα τμήματά τους, και τότε, τα βακτήρια χρησιμοποιούν ένα ένζυμο που ονομάζεται Cas9, ή άλλα ένζυμα παρόμοια με αυτό, για να διασπάσουν το γενετικό υλικό του ιού, κάτι που τον καταστρέφει.

Πώς όμως αυτή η φυσική διαδικασία βοηθά τους ερευνητές να επεξεργαστούν το ανθρώπινο γονιδίωμα; Οι ερευνητές δημιουργούν ένα μικρό κομμάτι RNA με μια σύντομη αλληλουχία «οδηγό» που προσκολλάται σε συγκεκριμένη αλληλουχία του DNA ενός κυττάρου, όπως τα τμήματα RNA από τις συστοιχίες CRISPR, προσκολλώνται στο DNA των ιών. Ο οδηγός RNA συνδέεται επίσης με το ένζυμο Cas9, ώστε αφού αυτό εισαχθεί στα κύτταρα, και αφού αναγνωρίσει την επιδιωκόμενη αλληλουχία που θέλουν οι ερευνητές να τροποποιήσουν, το ένζυμο κόβει το DNA στη συγκεκριμένη θέση, όπως ακριβώς γίνεται και στα βακτήρια. Μόλις γίνει αυτό, οι ερευνητές εκμεταλλεύονται τη μηχανή επισκευής του ίδιου του DNA του κυττάρου, και προσθέτουν, διαγράφουν, ή τροποποιούν κομμάτια του γενετικού υλικού, αντικαθιστώντας ένα ήδη υπάρχον τμήμα με μια τροποποιημένη αλληλουχία.

DNA STRUCTURE



Εικόνα 4: Δομή Γενετικού Υλικού



Εικόνα 5: CRISPR-cas9 διαδικασία επεξεργασίας

Επιπλέον, ενώ η διαδικασία αυτή συναντά μεγάλη απήχηση και αναγνώριση εντός της επιστημονικής και ιατρικής κοινότητας, καθώς υποστηρίζεται ότι η γονιδιακή επεξεργασία μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην πρόληψη ή και θεραπεία πολλών ανθρωπίνων νόσων, ακόμα εφαρμόζεται κυρίως σε κύτταρα ή και σε ζωικά μοντέλα εντός ερευνητικών εργαστηρίων, στην προσπάθεια των επιστημόνων να εξακριβώσουν αν αυτή η διαδικασία είναι, πράγματι, ασφαλής και αποτελεσματική για τους ανθρώπους. Παρόλες όμως τις αμφιβολίες, η γονιδιακή επεξεργασία μπορεί ενδεχομένως να δώσει θεραπείες για να ευρύ φάσμα ασθενειών όπως είναι κάποιες μονογονιδιακές διαταραχές (π.χ. Κυστική Ίνωση, Αιμορροφιλία, Δρεπανοκυτταρική Νόσος) ή και πιο πολύπλοκες ασθένειες όπως ο Καρκίνος, οι Καρδιακές Παθήσεις κ.ά.

Αυτό λοιπόν συνδέεται άμεσα με ένα άλλο πολύ σημαντικό κομμάτι το οποίο αφορά τη νέα αυτή τεχνολογία. Διότι αν αυτή η επεξεργασία είναι ικανή να επιφέρει θαυματοργά αποτελέσματα και εξέλιξη στους κλάδους της Ιατρικής και της Επιστήμης, και κατ' επέκταση στην ευημερία των ανθρώπων, γιατί προκύπτουν ακόμα κρίσιμα ερωτήματα Βιοηθικής που σχετίζονται με αυτήν; Υπάρχουν φορές που η επεξεργασία του γονιδιώματος έχει κύριο στόχο την ολοκληρωτική αλλαγή του. Οι περισσότερες αλλαγές που γίνονται με το σύστημα CRISPR περιορίζονται στα σωματικά κύτταρα των ατόμων, τα κύτταρα δηλαδή εκτός των ωαρίων και των σπερματοζωαρίων. Επομένως, οι αλλαγές που υφίστανται απομονώνονται σε συγκεκριμένους ιστούς, και σε καμία περίπτωση δε μεταβιβάζονται στις επόμενες γενιές. Οι

αλλαγές ωστόσο που γίνονται στα γεννητικά κύτταρα ή στα γονίδια ενός εμβρύου, μπορούν ενδεχομένως να μεταβιβαστούν και σε μελλοντικές γενιές και έτσι προκύπτει μια εκτενέστατη σειρά από ηθικά ερωτήματα και προκλήσεις που αφορούν τα όρια αυτής της επεξεργασίας. Με απλά λόγια, κατά πόσο θα ήταν επιτρεπτό αυτή η τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί, πέρα από την πρόληψη και αντιμετώπιση νόσων, για την ενίσχυση φυσιολογικών ανθρωπίνων χαρακτηριστικών, όπως το ύψος, η νοημοσύνη, και άλλα εμφανισιακά χαρακτηριστικά; Για τον λόγο αυτόν, η επεξεργασία

βλαστοκυττάρων και του γονιδιώματος των εμβρύων είναι αυτή τη στιγμή παράνομη σε διάφορες χώρες.

Συμπερασματικά, η επεξεργασία του γονιδιώματος, του πυλώνα της ανθρωπίνης ύπαρξης και εξέλιξης, είναι μια πρωτοποριακή τεχνολογία που θα μπορούσε να συνεισφέρει σε αξιοθαύματα ποσοστά στην υγεία και το ευ ζην των ανθρώπων. Παρά όμως τα προσδοκώμενα πλεονεκτήματά της, η επεξεργασία του ανθρωπίνου γονιδιώματος έχει προκαλέσει μεικτές απόψεις για διάφορους λόγους, κυρίως όμως εξαιτίας ζητημάτων Βιοηθικής.

Βιβλιογραφία

- Η Χρήση Της Μεθόδου CRISPR/Cas9 Στη Θεραπευτική ..., micromol.uniwa.gr/wp-content/uploads/sites/216/2021/10/Μαραντίδη-Ειρήνη-Η-χρήση-τηςμεθόδου-CRISPR-Cas9-στη-θεραπευτική-ανθρωπίνων-νόσων-SIGNED.pdf. Accessed 16 Mar. 2025.
- National Library of medicine. "What Are Genome Editing and CRISPR-Cas9?" Medlineplus, 22 Mar. 2022, medlineplus.gov/genetics/
- Mayo Clinic Staff. "Gene Therapy." Mayo Clinic, 23 Apr. 2024, www.mayoclinic.org/tests-procedures/gene-therapy/about/pac-20384619.
- Sarah A. Bates. "Chromosome." Genome.gov, 2019, www.genome.gov/genetics-glossary/Chromosome.
- Byju's. "DNA Structure - an Insight into Its Discovery, Function and Composition." Byjus.com, 2011, byjus.com/biology/dna-structure/.
- Iberdrola. "Genetic Modification: CRISPR." Iberdrola, 2024, www.iberdrola.com/innovation/genetic-modification-crispr.
- Williamson, Brett. "CRISPR Explained: Gene Editing Which Might Cure Cancer One Day." ABC News, 25 Aug. 2016, www.abc.net.au/news/2016-08-25/crispr-gene-editing-technology-explained/7783916.

Η τεχνολογία CRISPR στην γενετική μηχανική

Μια συζήτηση με τη Ραφαέλα Αθανασιάδη '24,

Φοιτήτρια Βιοϊατρικής Μηχανικής, Columbia University in the City of New York

**Παυλίνα
Αθανασιάδη, Α1**

Το Nobel Χημείας για το έτος 2020 απονεμήθηκε σε δύο ερευνήτριες, την Emmanuelle Charpentier και τη Jennifer Doudna, οι οποίες ανακάλυψαν το σύστημα CRISPR/ Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) στα βακτήρια, ως συστατικό του ανοσοποιητικού τους συστήματος έναντι στους ιούς, και το

εξέλιξαν σε μία επαναστατική τεχνολογία της Γενετικής Μηχανικής.

Το γενετικό αυτό εργαλείο έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει τις ζωές όλων μας. Αναλυτικότερα, έχει ήδη φέρει αλλαγές στη βασική έρευνα και στη δημιουργία καινοτόμων γεωργικών προϊόντων, αλλά κυρίως έχει τη δυναμική να οδηγήσει σε επαναστατικές ιατρικές θεραπείες.

Δύο είναι τα βασικά συστατικά της

τεχνολογίας CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats-Συστάδες Τακτικά Διατεταγμένων Μικρών Παλινδρομικών Επαναλαμβανόμενων Αλληλουχιών): ένα κατασκευασμένο μόριο RNA-οδηγός, το οποίο σχεδιάζεται στο εργαστήριο, για να αναγνωρίζει μια συγκεκριμένη αλληλουχία DNA του γονιδίου-στόχου, και το ένζυμο Cas9, μια πρωτεΐνη που λειτουργεί ως «γενετικό ψαλίδι», κόβοντας το DNA στην περιοχή που υποδεικνύει το RNA-οδηγός.

Όταν το RNA-οδηγός εισάγεται σε ένα κύτταρο, συνδέεται στην αλληλουχία του DNA-στόχου. Το ένζυμο Cas9 κόβει το DNA, καθιστώντας δυνατή είτε την απενεργοποίηση γονιδίων, είτε την εισαγωγή σε αυτά νέου γενετικού υλικού.

Στο άρθρο αυτό, συζητάμε για την τεχνολογία CRISPR με τη Ραφαέλα Αθανασιάδη '24, φοιτήτρια Βιοϊατρικής Μηχανικής.

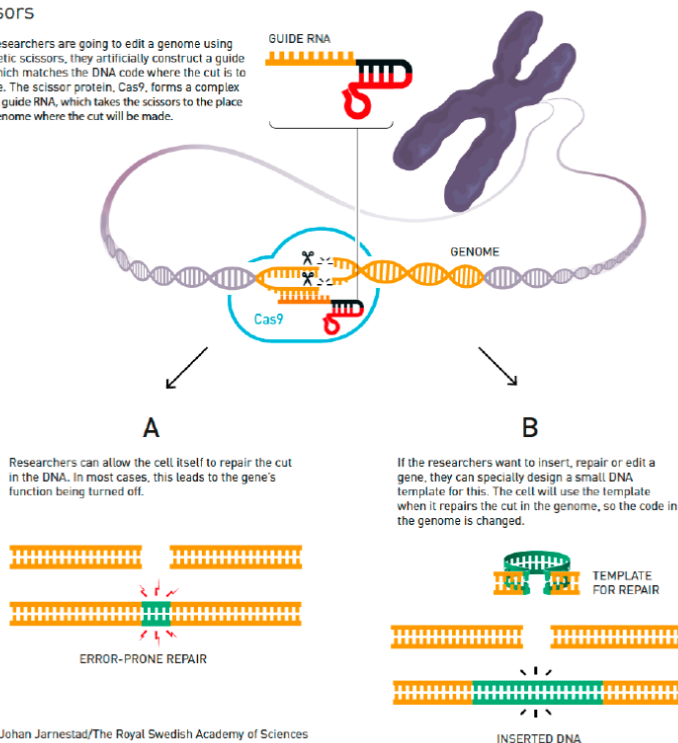
Θα ξεκινήσω τη συζήτησή μας ρωτώντας σε: ποιες θα έλεγες ότι είναι οι πιο σημαντικές εφαρμογές της τεχνολογίας CRISPR.

Απ' ό,τι φαίνεται από δημοσιευμένα άρθρα πολλών ερευνητικών κέντρων, οι εφαρμογές αυτής της καινοτόμου γενετικής τεχνολογίας μπορούν ουσιαστικά να αλλάξουν τη φυσιογνωμία της Ιατρικής, όπως τη ξέρουμε.

Η τεχνολογία CRISPR ήδη χρησιμοποι-

The CRISPR/Cas9 genetic scissors

When researchers are going to edit a genome using the genetic scissors, they artificially construct a guide RNA, which matches the DNA code where the cut is to be made. The scissor protein, Cas9, forms a complex with the guide RNA, which takes the scissors to the place in the genome where the cut will be made.



Εικόνα 6: Το "Γενετικό Ψαλίδι" CRISPR/Cas9

είται για να αποτρέψει την εμφάνιση γενετικών νοσημάτων, μέσω της επιδιόρθωσης μεταλλάξεων, όπως για παράδειγμα αυτών που προκαλούν τη Δρεπανοκυτταρική Αναιμία, τη β-Θαλασσαιμία, τη Μυϊκή Δυστροφία Duchenne, την Κυστική Ίνωση, διάφορες διαταραχές του μεταβολισμού, καθώς και μία μορφή συγγενούς τύφλωσης.

Σχετικά με τη Βιολογία του Καρκίνου, έρευνα πραγματοποιείται τόσο για την κατανόηση των μεταλλάξεων και για την παρέμβαση με τη χρήση CRISPR σε αυτές τις γονιδιακές μεταλλάξεις (του οργανισμού ή και του ίδιου του όγκου) που καθορίζουν την εμφάνιση και τη συμπεριφορά των όγκων (π.χ. μετάλλαξη BRCA1,2- εμφάνιση κληρονομικού καρκίνου του μαστού), όσο και για τον επαναπρογραμματισμό μέσω της CRISPR των κυττάρων του ανοσοποιητικού μηχανισμού, έτσι ώστε να στοχεύουν και να καταστρέφουν τα καρκινικά κύτταρα. Ακόμη, η τεχνολογία CRISPR φαίνεται ότι θα επιτρέπει την εξατομικευμένη και στοχευμένη στο γονιδίωμα του όγκου, χορήγηση χημειοθεραπείας και άλλων τύπων θεραπειών.

Άλλες μελλοντικές εφαρμογές της CRISPR αναμένονται να είναι η απενεργοποίηση ιών, όπως του HIV, η ανάπτυξη εξατομικευμένων γονιδιακών θεραπειών για ασθενείς με κληρονομικές νόσους, καθώς και η, σε σύντομο χρόνο, ανακάλυψη νέων, εξατομικευμένων φαρμάκων και μάλιστα χαμηλού κόστους για σπάνιες νόσους.

Εκτός της Ιατρικής, η τεχνολογία CRISPR έχει εφαρμογή σε άλλους τομείς της Επιστήμης;

Από τις πιο σημαντικές εφαρμογές της CRISPR είναι αυτή στη Γεωργική Παραγωγή, με την ανάπτυξη πιο ανθεκτικών στις ασθένειες, πιο θρεπτικών και πιο αποδοτικών καλλιεργειών.

Υπάρχουν ηθικές προεκτάσεις και διλήμματα με την ευρύτερη χρήση της τεχνολογίας CRISPR;

Νομίζω ότι από τις σημαντικότερες ηθικές προεκτάσεις της χρήσης της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η πιθανή εφαρμογή της όχι μόνο για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς, αλλά και σε μία προσπάθεια ευγονικής. Σίγουρα υπάρχουν άνθρωποι που επιθυμούν οι απόγονοί τους να είναι εξυπνότεροι ή ομορφότεροι, οπότε οι επιτρεπόμενες εφαρμογές της CRISPR θα πρέπει να οργανώνονται σε ένα πολύ αυστηρό πλαίσιο.

Άλλος προβληματισμός είναι, αν όλοι οι άνθρωποι θα μπορούν να επωφεληθούν από την συγκεκριμένη

τεχνολογία, ή αν το κόστος της θα είναι απαγορευτικό για πολλές κοινωνικές ομάδες, ή και κράτη ολόκληρα, ή και αν ορισμένοι πληθυσμοί θα απέχουν λόγω κοινωνικών ή θρησκευτικών πεποιθήσεων, επιτείνοντας έτσι τις κοινωνικές ανισότητες στη λήψη υπηρεσιών υγείας.

Έχουν υπάρξει αναφορές, και από ερευνητές του Πανεπιστημίου στο οποίο φοιτώ, πρόκλησης μη θεμιτών γονιδιακών αλλαγών, με απρόβλεπτες επιπτώσεις. Έτσι, καθώς πολλές γενετικές νόσοι οφείλονται στη μετάλλαξη σε μία βάση ενός γονιδίου, η προσπάθεια τώρα είναι να αποκατασταθεί η μεταλλαγμένη βάση στην αρχική-ορθή βάση, παρά να αποκοπεί το DNA.

Κλείνοντας τη συζήτησή μας, και, αφού σε ευχαριστήσω για τον χρόνο σου, θα ήθελες να κάνεις μία τελευταία παρατήρηση;

Η τεχνολογία CRISPR έχει τη δύναμη να αλλάξει ουσιαστικά τη ζωή μας και ανυπομονούμε για την πραγματική επανάσταση που θα φέρει τόσο στον τρόπο με τον οποίο προλαμβάνονται και αντιμετωπίζονται οι γενετικές νόσοι, οι λοιμώξεις, ο Καρκίνος, κ.ά., όσο και στην ανακάλυψη νέων προσιτών φαρμάκων, αλλά ακόμα και στη γεωργική παραγωγή. Το πώς, όμως, θα τη χρησιμοποιήσουμε προς όφελος και μόνο της ανθρωπότητας, εναπόκειται αποκλειστικά

Βιβλιογραφία

- Li, T., Yang, Y., Qi, H. et al. CRISPR/Cas9 therapeutics: progress and prospects. *Sig Transduct Target Ther* 8, 36 (2023).
Chehelgerdi, M., Chehelgerdi, M., Khorramian-Ghahfarokhi, M. et al. Comprehensive review of CRISPR-based gene editing: mechanisms, challenges, and applications in cancer therapy. *Mol Cancer* 23, 9 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01925-5>
Fatima H, Raja HA, Amir R, Gul A, Babar MM, Rajadas J. Current progress in CRISPR-Cas systems for cancer. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2024;208:211-229. doi: 10.1016/bs.pmbts.2024.07.007. Epub 2024 Aug 15. PMID: 39266184.
Badwal AK, Singh S. A comprehensive review on the current status of CRISPR based clinical trials for rare diseases. *Int J Biol Macromol*. 2024 Oct;277(Pt 2):134097. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.134097. Epub 2024 Jul 25. PMID: 39059527.
Zhu, H., Li, C. & Gao, C. Applications of CRISPR-Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nat Rev Mol Cell Biol* 21, 661–677 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41580-020-00288-9>
D'Souza RF, Mathew M, Surapaneni KM. A Scoping Review on the Ethical Issues in the Use of CRISPR-Cas9 in the Creation of Human Disease Models *J Clin of Diagn Res*. 2023; 17(12):JE01-JE08. <https://www.doi.org/10.7860/JCDR/2023/68275/18809>

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της καρδιάς

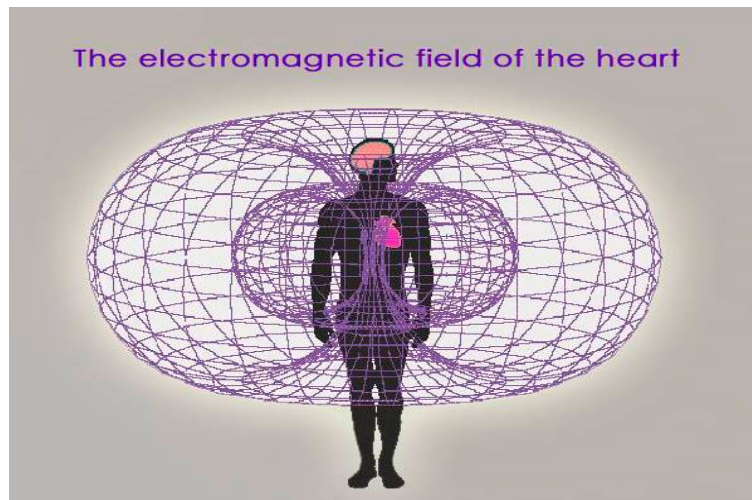
Όλγα
Μάκαρη, Β4

Η ανθρώπινη καρδιά έχει αποδειχθεί πλέον ότι αποτελεί περισσότερο από ένα απλό αντλητικό όργανο, καθώς δημιουργεί το ισχυρότερο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο σώμα επιδρώντας τόσο στις λειτουργίες του οργανισμού μας, όσο και στην επικοινωνία μας με τους άλλους.

«Να ακούς την καρδιά σου», μας έλεγαν πάντα οι γονείς μας. Μα πώς να ακούσω κάτι που δε μου μιλάει; Σύγχρονες έρευνες έρχονται να απαντήσουν στο ερώτημα, αποδεικνύοντας πως η καρδιά επικοινωνεί τόσο με το σύνολο των οργάνων εντός του σώματος, όσο και με άλλους ανθρώπους που βρίσκονται στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω ενός ισχυρού πεδίου. Στην πραγματικότητα η διαπίστωση πως το σώμα και ο περίγυρός μας όχι μονάχα «ακούν» την καρδιά μας αλλά την ακολουθούν πιστά μπορεί να επαναπροσδιορίσει τη σχέση με τον εαυτό μας ως συναισθηματική οντότητα και με τους ανθρώπους με τους οποίους αλληλοεπιδρούμε.

Η καρδιά παράγει μετρήσιμο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που εκτείνεται έως και 1 μέτρο εκτός του σώματός μας και είναι 100 φορές ισχυρότερο από το πεδίο του εγκεφάλου.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του πεδίου αλληλοεπιδρούν με όργανα και διεισδύουν σε κάθε κύτταρο του σώματός μας με στόχο τον συντονισμό των δυναμικών δραστηριοτήτων και λειτουργιών του. Το πεδίο της καρδιάς μπορεί να λειτουργήσει ως φορέας πληροφοριών που αφορούν τόσο τις λειτουργίες των κυττάρων στο σώμα μας όσο και τη συναισθη-



Εικόνα 7: Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της καρδιάς

ματική και ψυχολογική μας κατάσταση. Οι ρυθμοί του καρδιαγγειακού συστήματός μας μάλιστα, μεταβάλλονται ανάλογα με τα συναισθήματα που βιώνουμε. Αρνητικά συναισθήματα, όπως θλίψη, άγχος, οργή ή απογοήτευση είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με ένα ακανόνιστο και ασυνεχές μοτίβο στους καρδιακούς ρυθμούς. Θετικά συναισθήματα, ωστόσο, όπως η αγάπη ή η εκτίμηση είναι συνυφασμένα με ένα ομαλό και συνεκτικό μοτίβο. Οι μεταβολές στους καρδιακούς παλμούς προκαλούν αντίστοιχες μεταβολές στη δομή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που ακτινοβολείται από την καρδιά.

Η συναισθηματική μας φύση, επομένως, παίζει καταλυτικό ρόλο στη λειτουργία των κυττάρων του σώματός μας λόγω του πεδίου που εκπέμπεται σε αυτά από την καρδιά, φανερώνοντας έτσι την τομή μεταξύ της ψυχολογικής μας συνोχής με τη βιολογική.

Έρευνες έχουν αποκαλύψει μία νέα λειτουργική κατάσταση της καρδιάς που πηγάζει από εκτεταμένες θετικές συναισθηματικές καταστάσεις και ονομάζεται «καρδιαγγειακή συνοχή» (heart coherence). Στο πλαίσιο αυτής, οι ρυθμοί της καρδιάς εμφανίζουν ημιτονοειδή μοτίβα και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της αντίστοιχα γίνεται πιο σταθερό. Σε συνθήκες καρδιαγγειακής συνοχής, αυξάνεται η αποδοτικότητα, η αρμονία στη δραστηριότητα και η αλληλεπίδραση των συστημάτων του σώματός μας. Ομοίως, σε ψυχολογικό επίπεδο, επιτυγχάνεται μειωμένο άγχος, συναισθηματική ισορροπία, ψυχική καθαρότητα και γνωστική αποδοτικότητα. Η ψυχοφυσιολογική συνοχή είναι ουσιώδης για την ενίσχυση της συνείδησης, τόσο για την αισθητηριακή αντίληψή μας όσον αφορά τις αναγκαίες πληροφορίες για την εκτέλεση και τον συντονισμό των φυσιολογικών λειτουργιών του σώματος μας, όσο και για την ενίσχυση της συναισθηματικής ισορροπίας, της γνωστικής λειτουργίας και της συνειδητής μας δράσης.

Η επίδραση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της καρδιάς στο εξωτερικό μας περιβάλλον αποδεικνύεται καθοριστική στην επαφή μας με τον κοινωνικό περίγυρο και τη διαμόρφωση διαπροσωπικών σχέσεων. Η επικοινωνία μέσω των πεδίων, παρότι υποσυνείδητη και αόρατη, έχει τη δύναμη να αναδιαμορφώσει τις ανθρώπινες σχέσεις, ενισχύοντας την κοινωνική συνείδηση και την ενσυναίσθηση. Με τον ίδιο τρόπο που το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο επιδρά στα όργανα εντός του σώματος, επιδρά στους ανθρώπους γύρω μας. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία των ατόμων που βιώνουν θετικές συναισθηματικές καταστάσεις μπορούν να επιδράσουν στα πεδία των ανθρώπων του περιγύρου τους. Η επίδραση αυτή έχει τη μορφή συγχρονισμού και θετικής δραστηριότητας στη καρδιαγγειακή λειτουργία και τους εγκεφαλικούς ρυθμούς των ατόμων που έρχονται σε «επικοινωνία». Αυτός ο κοινωνικός συγχρονισμός, στην πραγματικότητα, δημιουργεί μια αίσθηση αρμονίας και συναισθηματικής και ψυχικής σύνδεσης μεταξύ των ατόμων, ώστε ενισχύεται η δυνατότητα αλληλοϋποστήριξης και συνεργασίας τους.

Εξίσου σημαντική είναι η δυνατότητα της καρδιάς να δημιουργήσει ένα είδος «Κοινωνικού Πεδίου». Αυτό, χαρίζοντας τη δυνατότητα σύνδεσης πεδίων των ατόμων σε επαφή, προάγει την κοινωνική

συνοχή, την ενσυναίσθηση και την αλληλεγγύη μιας κοινωνίας. Η έννοια μάλιστα του «Κοινωνικού Πεδίου» καθορίζει συχνά τη φύση της αντίληψης και της αλληλεπίδρασης ορισμένων κοινωνιών με τον κόσμο γύρω τους.

Η συνείδηση, μάλιστα, δε θεωρείται προϊόν αποκλειστικά εγκεφαλικής δραστηριότητας, αλλά αποτέλεσμα μιας συνθέτης και δυναμικής διαδικασίας που περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση πεδίων της καρδιάς και άλλων οργάνων, είτε εντός του σώματος είτε στο πλαίσιο της κοινωνίας. Επομένως, χάρη στη καρδιά μας, η ανθρώπινη συνείδηση, νοημοσύνη και αλληλεπίδραση ξεπερνούν τα όρια της λεκτικής και μη επικοινωνίας μέσω του εγκεφάλου, και πηγάζουν από το θεμελιώδες όργανο της ύπαρξής μας: την καρδιά.

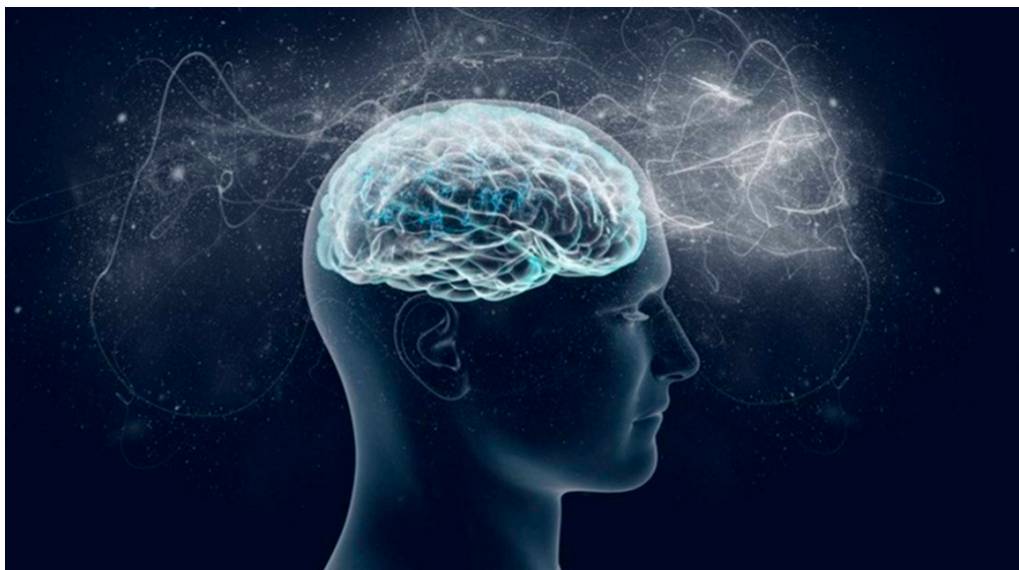
Υπάρχει μια γνωστή λατινική ρήση «*Cor ad cor loquitur*», δηλαδή «Η καρδιά μιλάει στην καρδιά». Η κατανόηση της σύνδεσης ανάμεσα στην καρδιά και τα κοινωνικά πεδία μπορεί να έχει αντίκρυσμα στην Κοινωνική Πολιτική, την Υγειονομική Επιστήμη και τη Ψυχολογία. Η ανάπτυξη μεθόδων που μπορούν να ενισχύσουν την αρμονία και τη συνοχή των πεδίων του σώματος μπορεί να οδηγήσει σε νέες θεραπείες για ψυχικές και σωματικές παθήσεις, καθώς και σε καινοτόμες προσεγγίσεις για την προώθηση της κοινωνικής συνεργασίας και της ενσυναίσθησης σε κοινωνικό επίπεδο. Οι δυνατότητες είναι άπειρες. Οι ίδιες μας οι καρδιές μπορούν να συνεισφέρουν στην οικοδόμηση μιας καλύτερης κοινωνίας. Η δύναμη της αλλαγής δεν είναι μόνο στα χέρα μας, αλλά κυρίως στις καρδιές μας.

Βιβλιογραφία

- Gabe. "The Social Heart: Energy Fields and Consciousness." Pathways to Family Wellness, Sept. 2019, pathwaystofamilywellness.org/new-edge-science/the-social-heart-energy-fields-and-consciousness.html. Accessed 16 Mar. 2025.
- Burleson, Katharine O., and Gary E. Schwartz. "Cardiac Torsion and Electromagnetic Fields: The Cardiac Bioinformation Hypothesis." Medical Hypotheses, vol. 64, no. 6, Jan. 2005, pp. 1109–1116, doi.org/10.1016/j.mehy.2004.12.023. Accessed 16 Mar. 2025.
- "Heart Energy Field - 4 Ways the Heart & Brain Communicate - Goop." Goop, 4 May 2017, goop.com/wellness/spirituality/could-the-energy-of-our-hearts-change-the-world/?srsltid= Accessed 16 Mar. 2025.

Όνειρα και συνείδηση:

Μια νέα εξερεύνηση του εγκεφάλου



Εικόνα 8: Ο κόσμος του εγκεφάλου

**Μάϊρα
Τσιφλάκου, Β7**

Εχεις αναρωτηθεί ποτέ πώς γίνεται ο εγκέφαλος, ένα τόσο μικρό όργανο που αποτελεί μόλις το 2% του ανθρώπινου σώματος, να είναι συγχρόνως τόσο πολύπλοκος και πολυδιάστατος; Αν και αυτό το ερώτημα έχει απαντηθεί ως έναν βαθμό, λόγω των αμέτρητων συνδυασμών των νευρώνων, δεν έχει δοθεί μια ικανοποιητική απάντηση για το πώς ο εγκέφαλος έχει τη δυνατότητα να συγκροτεί τόσους ποικίλους μηχανισμούς, όπως τη συνείδηση και τα όνειρα. Αυτή η ασαφής και ανεξιχνίαστη κατάσταση αποτελεί την αιτία που τόσο πολλοί επιστήμονες προσπαθούν να διαλευκάνουν τι πραγματικά συμβαίνει, ή πιο συγκεκριμένα, πώς η συνείδηση συνδέεται με τα όνειρα και πώς αυτά λειτουργούν.

Η συνείδηση αποτελεί ένα φαινόμενο που παραμένει ακόμα ανεξήγητο και μυστηριώδες, με αποτέλεσμα να έχει διεγείρει όχι μόνο φιλοσοφικές θεωρίες, αλλά και επιστημονικές έρευνες. Μέχρι και σήμερα, οι απόψεις των επιστημόνων διαίστανται όσον αφορά τη συνείδηση. Ορισμένοι προσπάθησαν να προσεγγίσουν το θέμα πνευματικά και ψυχολογικά. Οι επιστήμονες της σύγχρονης εποχής ερμήνευσαν τη συνείδηση ως την προσπάθεια του ατόμου να ερμηνεύσει τα εσωτερικά και εξωτερικά του ερεθίσματα, τόσο για τον εαυτό του όσο και για το περι-

βάλλον στο οποίο ζει και αναπτύσσεται, ώστε να μπορέσει να αντιδράσει αναλόγως. Αν και επικρατούν διάφορες πεποιθήσεις, οι περισσότερες διαθέτουν κοινά χαρακτηριστικά, καθώς συμφωνούν ότι η συνείδηση είναι στενά συνδεδεμένη με τη νοημοσύνη. Γιατί όμως είναι τόσο σημαντική που προβληματίζει τους επιστήμονες από την αρχαιότητα; Η συνείδηση αποτελεί την εσωτερική και προσωπική κατάσταση του ατόμου κατά την οποία αντιλαμβάνεται τόσο αντικείμενα μέσα από τη μνήμη και τα βιώματά του, όσο και συναισθήματα, εμπειρίες και σκέψεις.



Εικόνα 9: Το ταξίδι των ονείρων

Επίσης, μέσω αυτού του φαινομένου, το άτομο ανταποκρίνεται στο εξωτερικό του περιβάλλον και εκτελεί τις απαραίτητες ενέργειες. Κατ' αυτόν τον τρόπο καθίσταται σαφές ότι η συνείδηση αποτελεί δομικό και θεμελιώδες στοιχείο των ψυχικών μας λειτουργιών σε διάφορα επίπεδα, όπως αυτό των ονείρων, τα οποία αποτελούν ένα ιδιαίτερο φαινόμενο καθώς αποκόβεται η επαφή μας με τον έξω κόσμο.

Τα όνειρα αποτελούν ένα φυσιολογικό μέρος του ύπνου και έχουν πνευματική υπόσταση, καθώς αποτυπώνουν τη ψυχολογική μας κατάσταση. Σύμφωνα με τον Νευρολόγο και Ψυχαναλυτή Σίγκμουντ Φρόυντ: «Η ερμηνεία των ονείρων είναι η βασιλική οδός προς το ασυνείδητο». Ειδικότερα, μέσω των ονείρων, παρουσιάζονται οι σκέψεις και τα συναισθήματά μας, τα οποία το υποσυνείδητο θέλει να συνειδητοποιήσουμε, αλλά τα καταπιέζει ο εγκέφαλος. Ωστόσο, άλλοι επιστήμονες πιστεύουν ότι ονειρευόμαστε καταστάσεις, που έχουμε ήδη βιώσει όπως κομμάτια της καθημερινότητάς μας, τραύματα, ακόμα και στιγμές άγχους και φόβου. Παρόλα αυτά, αποτελεί γενική ομολογία ότι τα όνειρα υποδηλώνουν διάφορα χαρακτηριστικά για την ιδιοσυγκρασία μας και είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τη συνείδηση, αφού έχει παρατηρηθεί ότι κατά την ονειροπόληση, ο εγκέφαλος δραστηριοποιείται στον προμετωπιαίο λοβό, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία της συνείδησης. Επιπρόσθετα, είναι γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του ύπνου περνάμε από ορισμένα στάδια. Στο δεύτερο μισό του ύπνου, κυριαρχεί το στάδιο REM (Rapid Eye Movement), το οποίο αποτελεί τη φάση όπου βλέπουμε όνειρα. Σε αυτό το στάδιο, ο εγκέφαλος έχει απομονωμένους αισθητηριακούς και κινητικούς διαύλους επικοινωνίας, αλλά παραμένει ενεργός και δραστήριος. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο να αναφέρουμε ότι εκείνη την περι-

οδο βιώνουμε τα περισσότερα συνειδητά όνειρα, δηλαδή τα ζωντανά όνειρα τα οποία σχετίζονται με την ικανότητά μας να συνειδητοποιήσουμε ότι ονειρευόμαστε ενώ κοιμόμαστε. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα όνειρα συμβάλλουν στην ανανέωση και ξεκούραση του εγκεφάλου μας, καθώς επεξεργάζονται συναισθήματα και σκέψεις μας, ενώ παράλληλα οργανώνουν τις αναμνήσεις μας. Επομένως, τα όνειρα σε συνδυασμό με τη συνείδηση κρίνονται απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του εγκεφάλου μας.

Συνοψίζοντας, ο εγκέφαλος αποτελεί το κέντρο ελέγχου και το πολυπλοκότερο όργανο του ανθρώπινου σώματος μέσα στο οποίο επιτελούνται κάποιες από τις πιο βασικές λειτουργίες του οργανισμού μας, όπως η συνείδηση και τα όνειρα. Αυτοί οι δύο μηχανισμοί, όχι μόνο είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι μεταξύ τους, αλλά συμβάλλουν στην καλύτερη λειτουργία του εγκεφάλου και στην αποκατάσταση της ψυχικής μας ισορροπίας.

Βιβλιογραφία

- Σώκου, Κ. (2022, March 1). Τα όνειρα ανανεώνουν τον εγκέφαλο. OW.GR. <https://www.ow.gr/ygeia/ta-oneira-ananeonoun-ton-egkefalo/>, Accessed 10 March 2025.
- Psychiatros_1aΣυντάκτης. (2015, February 21). Τα συνειδητά (δι-αυγή) όνειρα (lucid dreams). Psychiatriki.com., from <https://psychiatriki.com/?p=446>, Accessed 10 March 2025.
- Η συνείδηση είναι βιολογικό φαινόμενο. (2024, March 20). Η ΚΑ-ΘΗΜΕΡΙΝΗ. <https://www.kathimerini.gr/culture/562937023/i-syneidisi-einai-viologiko-fainomeno/>, Accessed 10 March 2025.
- NowTeam. (2024, September 28). Πέντε κοινοί μύθοι για την ανθρώπινη συνείδηση - Τι ρόλο παίζουν τα όνειρα - PsychologyNow.gr. PsychologyNow.gr. <https://www.psychologynow.gr/arthritis-psychikis-ygeias/egkefalos/syneidisi/pente-koinoi-mythoi-gia-tin-anthropini-syneidisi/>, Accessed 10 March 2025.
- Αννίτα, Ν. (2019, August 25). Νευροεπιστήμη: Πέντε κοινοί μύθοι για τη συνείδηση. Sofokleousin.gr. <https://www.sofokleousin.gr/nevroepistimi-pente-koinoi-mythoi-gia-ti-syneidisi/>, Accessed 10 March 2025.
- Τι σημαίνουν τα όνειρα που βλέπουμε. (2024, August 4). Αριστοτέλης Βάθης MD MSc ECP | Ψυχίατρος • Ψυχοθεραπευτής. <https://www.therapia.gr/oneira-kai-i-simasia-tous/>, Accessed 10 March 2025.
- Τόλια, Α. Ν. (n.d.). Συνειδητό, υποσυνείδητο, ασυνείδητο: Το τρίπτυχο της ανθρώπινης συνείδησης. Psychology.gr - Η Πύλη της Ψυχολογίας. <https://www.psychology.gr/diafora-themata-psychologias/7846-syneidito-yposyneidito-asyneidito-to-triptycho-tis-anthropinis-syneidisis.html>, Accessed 10 March 2025.
- Πράντζαλου, Χ. (n.d.). Τι είναι η συνείδηση και ποιες λειτουργίες επιτελεί. Psychology.gr - Η Πύλη της Ψυχολογίας. <https://www.psychology.gr/diafora-themata-psychologias/4735-ti-einai-i-syneidisi-kai-poiies-leitourgies-epitelei.html>, Accessed 10 March 2025.



Εικόνα 10: «Τα μυαλά που κουβαλάς, μία ταινία της Pixar

Κωνσταντίνα
Κονταρούδη, Α4

Τα συναισθήματα βρίσκονται παντού. Σε οτιδήποτε κάνουμε στη ζωή μας, τα βρίσκουμε μπροστά μας. Στο παρακάτω άρθρο εξετάζουμε τους εξελικτικούς λόγους για τους οποίους πρωτοεμφανίστηκαν τα συναισθήματα και τις διαφορές που παρουσιάζονται σε περιοχές του εγκεφάλου, όταν βιώνουμε καθένα από αυτά.

Τα συναισθήματα έχουν καθοριστικό ρόλο στη ζωή μας. Σε στιγμές χαράς, λύπης, θυμού, φόβου, ή άγχους, ενεργοποιείται κάποιος μηχανισμός στον εγκέφαλό μας, έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να τα βιώσουμε. Ίσως η πιο βασική περιοχή σε αυτόν το μηχανισμό είναι η Αμυγδαλή. Η Αμυγδαλή είναι μία δομή περίπου στη μέση καθενός εκ των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου μας, και είναι υπεύθυνη για την προσαρμογή του ανθρώπου στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως όταν βιώνουμε αρνητικά συναισθήματα, η λειτουργία της Αμυγδαλής είναι αυξημένη, ενώ στην περίπτωση των θετικών συναισθημάτων επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα λειτουργίας. Έτσι, οποιαδήποτε δυσλειτουργία στην Αμυγδαλή προκαλεί αδυναμία διαχείρισης του φόβου και επιθετικές συμπεριφορές.

Γιατί όμως νιώθουμε; Στην εξέλιξη

μας (από την εποχή των Αυστραλοπιθήκων μέχρι και σήμερα) τα συναισθήματα είχαν, έχουν, και θα έχουν κρίσιμο ρόλο, καθώς αποτελούν σημαντικό μηχανισμό επιβίωσής μας. Ταυτόχρονα, μας βοηθάνε να αναγνωρίσουμε τη βαρύτητα μίας κατάστασης στην οποία βρισκόμαστε και τον κατάλληλο τρόπο αντιμετώπισής της. Είτε το θέλουμε είτε όχι, αυτά είναι που δίνουν νόημα στη ζωή μας.

Τα βασικά συναισθήματα είναι τα εξής: χαρά, λύπη, θυμός, φόβος, αηδία. Όλα τα υπόλοιπα είναι υποκατηγορίες αυτών των βασικών.

Χαρά νιώθουμε όταν βλέπουμε κάποιον που αγαπάμε, όταν κάνουμε μία δραστηριότητα που μας αρέσει, όταν μπορούμε να κοιμηθούμε λιγάκι παραπάνω. Η χαρά, και γενικά η ευχαρίστηση, είναι απαραίτητη καθώς προωθεί συμπεριφορές ωφέλιμες για την επιβίωση αλλά δίνει

και κίνητρα για την εύρεση και την επίτευξη στόχων. Όταν αισθανόμαστε χαρά, ενεργοποιούνται κυρίως το αριστερό μέρος της Αμυγδαλής, το μπροστινό μέρος του εγκεφάλου (Μετωπιαίος Λοβός) και η Νήσος του Φάιλ στον εγκέφαλο. Τα τρία αυτά είναι τα πιο σημαντικά καθώς το πρώτο είναι κέντρο αισθήσεων και τα άλλα δύο παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των συγκεκριμένων αισθήσεων.

Λύπη νιώθουμε όταν αποτυγχάνουμε ενώ προσπαθήσαμε πολύ, όταν κάτι μας απογοητεύει γιατί περιμέναμε κάτι καλύτερο, όταν χάνουμε κάποιο αγαπημένο μας πρόσωπο. Έχει βρεθεί πως η λύπη, και ειδικότερα η κατάθλιψη, είναι πολύ κρίσιμη λόγω των αντιδράσεων που προκαλεί. Σε καταστάσεις λύπης παρατηρούνται αλλαγές: στην Αμυγδαλή στην οποία ερμηνεύεται το ερέθισμα, στον Ιππόκαμπο, μία άλλη δομή στον εγκέφαλο στενά συνδεδεμένη με την μνήμη, και στον Θάλαμο, ο οποίος είναι υπεύθυνος για να επεξεργαστεί το συναίσθημα και μετά να το στείλει στις κατάλληλες περιοχές στις οποίες και θα ερμηνευτεί.

Θυμός νιώθουμε όταν κάποιος μας έχει αδικήσει, όταν πιστεύουμε πως μας προσβάλλουν, όταν υπάρχουν εμπόδια που μας δυσκολεύουν να καταφέρουμε κάτι. Εξελικτικά χαραγμένος στην ανθρώπινη φύση, ο θυμός αποτελεί μία αντίδραση του οργανισμού μας όταν νιώθει ότι βρίσκεται σε απειλή. Παράλληλα, μπορεί να ωθήσει τον άνθρωπο να προβεί ο ίδιος σε επιθετικές συμπεριφορές. Όταν αισθανόμαστε θυμό, παρατηρείται μειωμένη λειτουργία στον αριστερό Ιππόκαμπο (η επιστημονική εξήγηση της οποίας δεν έχει βρεθεί ακόμα) και αυξάνεται η λειτουργία της δεξιάς Αμυγδαλής, κάνοντάς μας να αισθανθούμε απειλή. Ακόμη, σημειώνονται αλλαγές στο πρόσθιο μέρος του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνο για τον τρόπο εξωτερίκευσης και εκδήλωσης του θυμού, καθώς και στη Νήσο του Ράιλ που είναι αναγκαία για την επεξεργασία των διαφόρων ερεθισμάτων.

Φόβος νιώθουμε όταν βρισκόμαστε σε καταστάσεις κινδύνου, σε άγνωστα περιβάλλοντα ή ακόμα όταν βλέπουμε μία τρομακτική ταινία. Ο φόβος είναι εξίσου σημαντικός καθώς είναι «προγραμματισμένος» να μας απομακρύνει από επικίνδυνες καταστάσεις που μπορεί να μας τραυματίσουν, ή ακόμα και να μας

στοιχίσουν τη ζωή. Για παράδειγμα αν βρεθούμε κοντά σε φωτιά, λόγω του φόβου θα απομακρυνθούμε. Στον εγκέφαλο, παρουσιάζεται στις δύο Αμυγδαλές που «δίνουν το ένστικτο», στον Υποθάλαμο, που είναι συνδεδεμένος με την ανάγκη του ανθρώπου για επιβίωση και στο μπροστινό και αριστερό κομμάτι του εγκεφάλου που συμβάλλει στη σκέψη και κατανόηση του πού βρισκόμαστε.

Αηδία νιώθουμε όταν μας έρχεται μία πολύ άσχημη μυρωδιά, όταν κάποιο αντικείμενο είναι πολύ βρώμικο, όταν τρώμε ένα φαγητό που δε μας αρέσει, ή με άλλα λόγια μας προκαλεί απέχθεια. Η ικανότητα να αηδιάζουμε με ορισμένα πράγματα μας βοηθάει να αποφύγουμε πιθανές επιβλαβείς για τον οργανισμό μας καταστάσεις. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της κυοφορίας, το αίσθημα αηδίας διεγείρεται συχνότερα καθώς επιτακτική είναι η ανάγκη προστασίας του οργανισμού τόσο της μητέρας, όσο και του εμβρύου. Όταν μας αηδιάζει κάτι, ενεργοποιούνται και λειτουργούν: η αριστερή Αμυγδαλή ως βασικό κομμάτι στη λειτουργία των συναισθημάτων, το πρόσθιο μέρος του εγκεφάλου που μας βοηθάει να αντιλαμβανόμαστε τι συμβαίνει γύρω μας και η Νήσος του Ράιλ για την επεξεργασία της εμπειρίας που βιώνουμε, αξιοποιώντας προηγούμενες εμπειρίες που έχουμε ζήσει.

Βιβλιογραφία

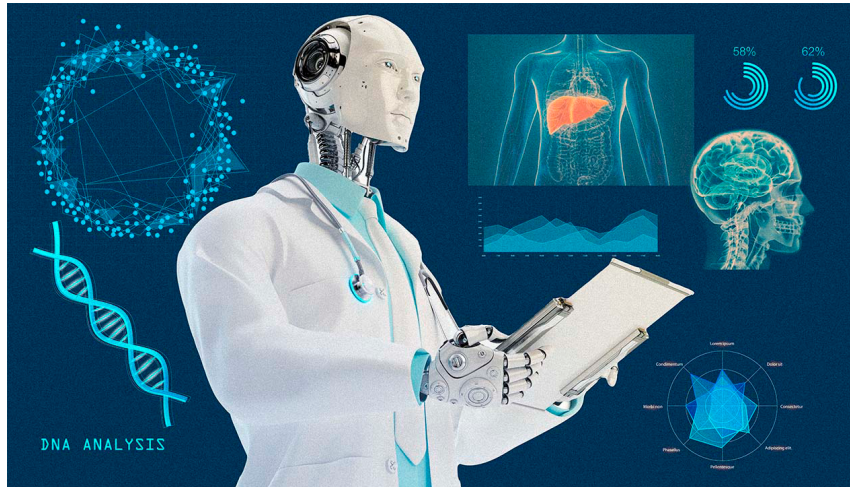
- «Η τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική.» Η ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ, 10 Aug. 2023, www.naftemporiki.gr/afieromata/the-n-society/1502903/i-techniti-noimosyni-stin-iatriki/.
- Admin. «Πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη αλλάζει την Ιατρική Επιστήμη.» Γεώργιος Πechλιβανίδης, June 2023, pechliivanides.gr/techniti-noimosini-iatriki/. DevelopNET. «Πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη Αλλάζει την Ιατρική Επιστήμη.» Big Blue Data Academy, 6 June 2023, bigblue.academy/gr/pos-i-techniti-noimosuni-allazei-tin-iatriki-epistimi.
- “How Artificial Intelligence is Disrupting Medicine and What It Means for Physicians.” Postgraduate Medical Education | HMS Postgraduate Education, postgraduateeducation.hms.harvard.edu/trends-medicine/how-artificial-intelligence-disrupting-medicine-what-means-physicians.
- “Revolutionizing Healthcare: the Role of Artificial Intelligence in Clinical Practice.” BioMed Central, 22 Sept. 2023, bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-023-04698-z.

Ένταξη του AI στην Ιατρική:

Μία νέα εποχή για την υγεία



Εικόνα 11: Διάγνωση ασθενειών μέσω της τεχνητής νοημοσύνης.



Εικόνα 12: Η αναμενόμενη εξέλιξη του AI στον τομέα της ιατρικής

**Αδριανή
Γαβρήλου, Α3**

Η Τεχνητή Νοημοσύνη αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες τεχνολογικές επαναστάσεις του 21ου αιώνα, με εφαρμογές που καλύπτουν πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής. Στην Ιατρική, το Artificial Intelligence (AI) έχει ήδη αρχίσει να αλλάζει δραστικά τον τρόπο διάγνωσης, θεραπείας και φροντίδας των ασθενών. Από την ανάλυση ιατρικών εικόνων έως την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπειών, η τεχνολογία αυτή υπόσχεται μια νέα εποχή στην υγειονομική περίθαλψη, στην οποία η ταχύτητα και η ακρίβεια παίζουν καθοριστικό ρόλο.

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογής της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική είναι η διάγνωση ασθενειών. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης έχουν την ικανότητα να αναλύουν τεράστιες ποσότητες ιατρικών δεδομένων, εντοπίζοντας μοτίβα που μπορεί να διαφεύγουν ακόμα και από τους πιο έμπειρους γιατρούς. Για παράδειγμα, προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να αναγνωρίζουν με υψηλή ακρίβεια καρκινικούς όγκους σε ακτινογραφίες και μαγνητικές τομογραφίες, επιτρέποντας έγκαιρη διάγνωση και ταχύτερη έναρξη της θεραπείας.

Ένα ακόμα παράδειγμα διάγνωσης

ασθενειών είναι η περίπτωση της ιατρικής πλατφόρμας "DeepMind Health", που αναπτύχθηκε από την Google και χρησιμοποιείται για την έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών των ματιών. Μέσω της ανάλυσης χιλιάδων εικόνων, το σύστημα έχει καταφέρει να ανιχνεύσει παθήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι οι ειδικοί Οφθαλμίατροι.

Εκτός από τη διάγνωση, η Τεχνητή Νοημοσύνη συμβάλλει στην ανάπτυξη εξατομικευμένης Ιατρικής. Αντί για γενικές θεραπείες που εφαρμόζονται σε όλους τους ασθενείς, οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν αλγόριθμους AI για να αναλύσουν το γενετικό προφίλ ενός



Εικόνα 13: Η Ιατρική πλατφόρμα DeepMind Health της Google

ατόμου και να προτείνουν τη βέλτιστη θεραπεία για την περίπτωσή του. Αυτό μειώνει τις ανεπιθύμητες παρενέργειες και αυξάνει την αποτελεσματικότητα της αγωγής, οδηγώντας σε καλύτερα θεραπευτικά αποτελέσματα.

Η Ρομποτική Χειρουργική είναι ένας ακόμη τομέας στον οποίο το AI ακμάζει. Ρομποτικοί χειρουργικοί βραχίονες, ελεγχόμενοι από εξειδικευμένους γιατρούς με τη βοήθεια αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης, επιτρέπουν την εκτέλεση πολύπλοκων επεμβάσεων με απόλυτη ακρίβεια και ελάχιστη επεμβατικότητα. Αυτό μειώνει τις πιθανότητες επιπλοκών, επιταχύνει την ανάρρωση και ελαχιστοποιεί τον μετεγχειρητικό πόνο των ασθενών.

Επιπλέον, η Τεχνητή Νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της υγείας των ασθενών, τόσο μέσα στα νοσοκομεία όσο και στην κατ' οίκον νοσηλεία. Έξυπνα συστήματα μπορούν να αναλύουν δεδομένα από φορητές (wearable) συσκευές, όπως

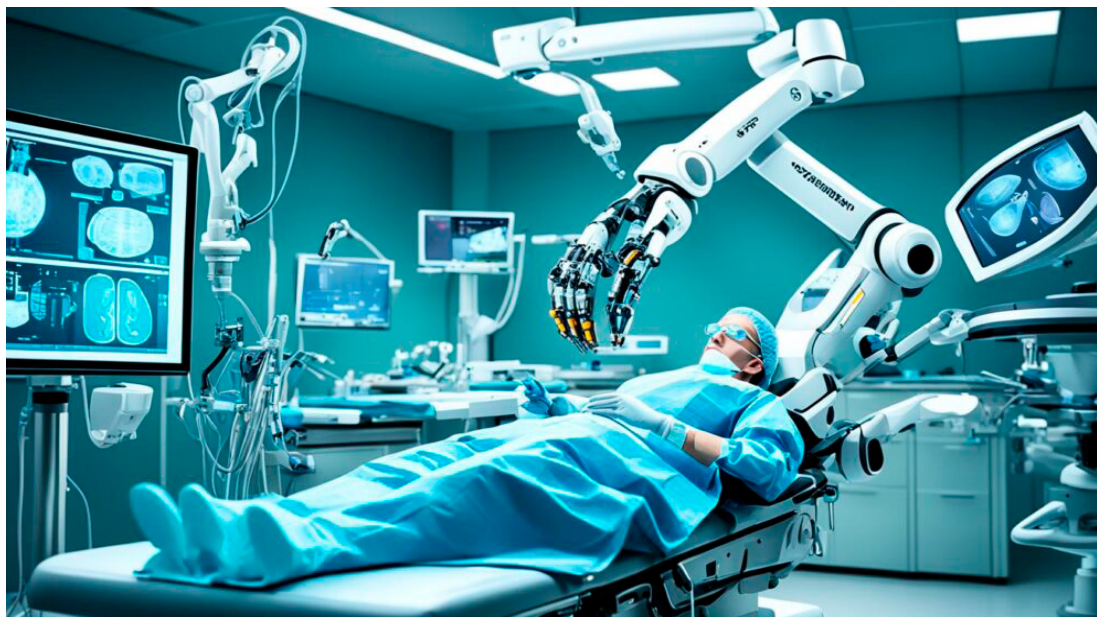
έξυπνα ρολόγια και αισθητήρες, προειδοποιώντας τους γιατρούς σε περίπτωση που εντοπιστούν ανησυχητικές αλλαγές στα ζωτικά σημεία ενός ασθενή. Έτσι, οι χρόνιες παθήσεις μπορούν να παρακολουθούνται καλύτερα και να προλαμβάνονται επικίνδυνες επιπλοκές.

Παρά τα τεράστια πλεονεκτήματα που προσφέρει η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Ιατρική, υπάρχουν και προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένα βασικό ζήτημα είναι η προστασία των προσωπικών δεδομένων των ασθενών. Η συλλογή και ανάλυση μεγάλου όγκου ευαίσθητων πληροφοριών εγείρει σοβαρά ερωτήματα σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Επιπλέον, η πλήρης αυτοματοποίηση της διάγνωσης και της θεραπείας δεν είναι ακόμα εφικτή, καθώς η ανθρώπινη κρίση παραμένει αναντικατάστατη για την ορθή αξιολόγηση και την εξατομίκευση της ιατρικής φροντίδας. Εδώ, αξίζουν να σημειωθούν και οι ανησυχίες στο πλαίσιο της Βιοηθικής, καθώς η πλήρης αυτοματοποίηση συνεπάγεται την ευρεία παροχή προσωπικών δεδομένων σε προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης και κατ' επέκταση στις εταιρείες ανάπτυξής τους.

Στο μέλλον, η Τεχνητή Νοημοσύνη αναμένεται να φέρει ακόμα πιο ριζικές αλλαγές στην Ιατρική, επεκτείνοντας τις δυνατότητές της πέραν από τη διάγνωση και τη θεραπεία. Πιθανώς να δούμε αυτόνομα ιατρικά ρομπότ που θα μπορούν να εκτελούν απλές χειρουργικές επεμβάσεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, έξυπνους ψηφιακούς βοηθούς που θα παρα-



Εικόνα 14: Φορητές συσκευές παρακολούθησης



Εικόνα 15: Ρομποτικός χειρουργικός βραχίονας λειτουργώντας με τη βοήθεια του AI



Εικόνα 16: Το μέλλον της ρομποτικής χειρουργικής

κολουθούν σε πραγματικό χρόνο την υγεία μας και θα προτείνουν προληπτικά μέτρα, καθώς και γενετική επεξεργασία με αλγορίθμους AI, που θα εξατομικεύει πλήρως τις θεραπείες, προσαρμόζοντάς τις στο DNA του εκάστοτε ατόμου. Επιπλέον, η Τεχνητή Νοημοσύνη θα μπορεί να προβλέπει με ακρίβεια πιθανές επιδημίες, αναλύοντας παγκόσμια δεδομένα υγείας, ενώ οι ασθενείς θα λαμβάνουν θεραπείες εξ αποστάσεως μέσω τεχνητής πραγματικότητας και αυτοματοποιημένων συστημάτων φροντίδας. Αναλυτικότερα, τα προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης, όταν έχουν πρόσβαση σε παγκόσμια δεδομένα υγειονομικής φύσης από νοσοκομεία, κέντρα υγείας, εφαρμογές και ιστοσελίδες που σχετίζονται με τη διατήρηση της φυσικής κατάστασης ή υγείας του ατόμου, μπορούν να προσδιορίζουν την πιθανότητα εμφάνισης κάποιας επιδημίας μέσω του εντοπισμού ορισμένων μοτίβων στους ασθενείς. Όσον αφορά τις εξ αποστάσεως θεραπείες, το AI, λόγω της πρόσβασής του στο ιατρικό αρχείο του εκάστοτε ασθενή, καθίσταται ικανό να αντικαταστήσει τις συμβατικές εξετάσεις και να προτείνει πιθανές διαγνώσεις και αντίστοιχες θεραπείες. Αυτές μπορούν να συμπεριλαμβάνουν και ρομποτικές συσκευές ή τη χρήση ορισμένων εφαρμογών και λογισμικών. Με αυτές τις εξελίξεις, η Ιατρική δε θα περιορίζεται απλά στη θεραπεία, αλλά θα καθίσταται απόλυτα ικανή στον τομέα της πρόληψης λόγω της ικανότητας προσαρμογής στις μοναδικές ανάγκες κάθε ανθρώπου.

Το μέλλον της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική μοιάζει συναρπαστικό. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, μπορούμε να αναμένουμε ακόμα πιο ακριβείς διαγνωστικές μεθόδους, πιο αποτελεσματικές θεραπείες και μεγαλύτερη προσβασιμότητα σε ιατρικές υπηρεσίες. Παρόλο που οι προκλήσεις είναι υπαρκτές, η ισορροπημένη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε συνδυασμό με την ανθρώπινη εξειδίκευση μπορεί να οδηγήσει σε ένα πιο αποδοτικό, προσιτό και προηγμένο σύστημα υγείας, ικανό να σώσει εκατομμύρια ζωές.

Βιβλιογραφία

- «Η τεχνητή νοημοσύνη στην ιατρική.» Η NAYTEMΠΟΡΙΚΗ, 10 Aug. 2023, www.naftemporiki.gr/afieromata/the-n-society/1502903/i-techniti-noimosyni-stin-iatriki/.
- Admin. «Πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη αλλάζει την Ιατρική Επιστήμη.» Γεώργιος Πechλιβανίδης, June 2023, pechlivanides.gr/texniti-noimosini-iatriki/.
- DevelopNET. «Πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη Αλλάζει την Ιατρική Επιστήμη.» Big Blue Data Academy, 6 June 2023, bigblue.academy/gr/pos-i-texniti-noimosuni-allazei-tin-iatriki-epistimi.
- “How Artificial Intelligence is Disrupting Medicine and What It Means for Physicians.” Postgraduate Medical Education | HMS Postgraduate Education, postgraduateeducation.hms.harvard.edu/trends-medicine/how-artificial-intelligence-disrupting-medicine-what-means-physicians.
- “Revolutionizing Healthcare: the Role of Artificial Intelligence in Clinical Practice.” BioMed Central, 22 Sept. 2023, bmcmmeduc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-023-04698-z.

Νευρωνική μηχανική, νευροτεχνολογίες και νευροπροσθετικά

Biomimicry and Neurophysiology to Engineering and Robotics



Εικόνα 17: Το νευροπροσθετικό άκρο

**Στέφανος
Μασουρίδης, Α6**

Πρόκειται για ό,τι πιο σύγχρονο στη συνάντηση των κόσμων της Νευροεπιστήμης, της Ιατρικής, και της Μηχανικής. Η Νευρωνική Μηχανική είναι κλάδος της Βιοϊατρικής Μηχανικής και χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής για την επίλυση, κατανόηση, επιδιόρθωση, σύνθεση, αποκατάσταση, ή και βελτίωση νευρικών συστημάτων. Υπάρχει άμεση συσχέτιση του κλάδου με την Ηλεκτρική Μηχανική, Μηχανική Σχεδιασμού, Βιοφυσική, Ρομποτική, Νανοτεχνολογία, Μηχανική των Ιστών, κ.ά. Στη διασταύρωσή της με την Ιατρική, η Νευρωνική Μηχανική ασχολείται κυρίως με τα νευροπροσθετικά άκρα.

Το άρθρο αυτό επιδιώκει να περιγράψει τη συμβολή της νευρωνικής μηχανικής στη σχεδίαση προσθετικών με υψηλή ποσότητα νευρικής ανατροφοδότησης.

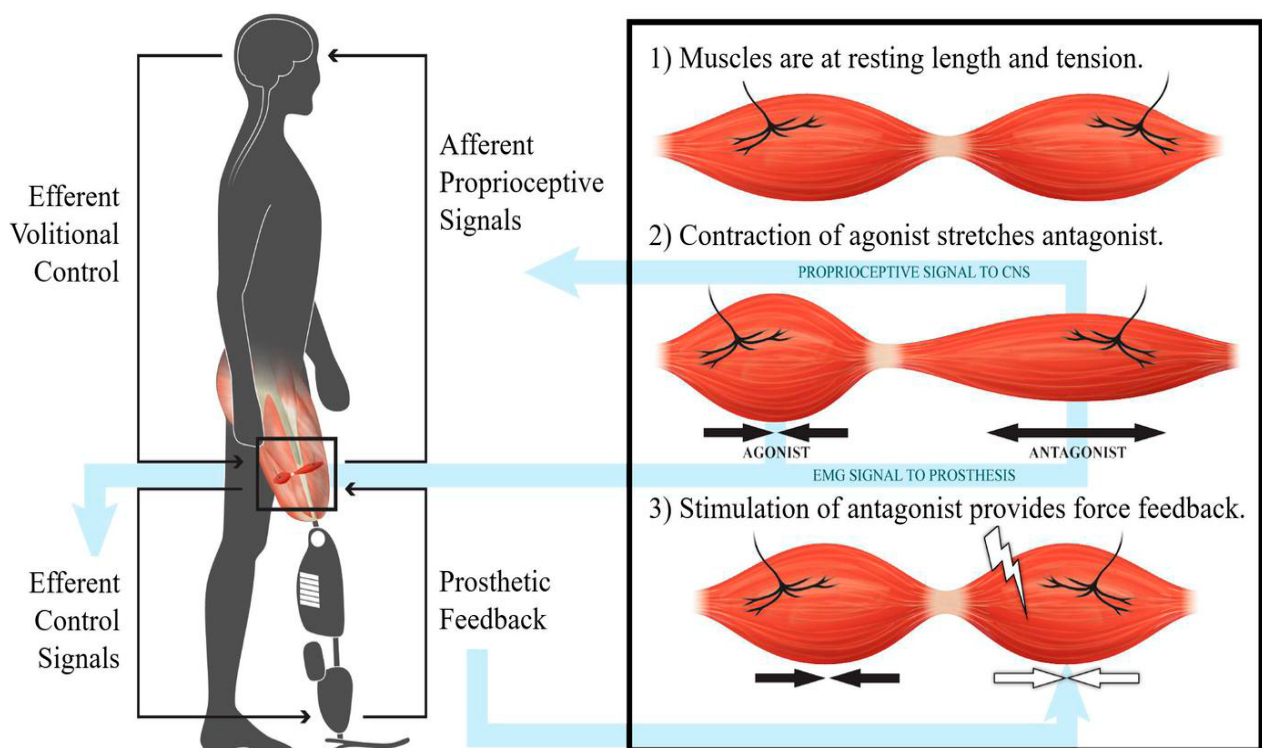
τησης και διασύνδεσης, με αφορμή την πρώτη χρήση υπερσύγχρονων νευροπροσθετικών διεπαφών και έναν νέο τύπο χειρουργικής επέμβασης σε μια μελέτη με επτά ασθενείς από το MIT και το Brigham and Women's Hospital. Πώς περπατάμε, τρέχουμε, χαιρετάμε, δίνουμε το χέρι μας ώστε να συστηθούμε, τρώμε, αγκαλιάζουμε, χτυπάμε, σκαρφαλώνουμε, κολυμπάμε; Για όλες αυτές τις ενέργειες κι αμέτρητες άλλες, ευθύνονται τα νεύρα. Τα νεύρα είναι υπεύθυνα για, ουσιαστικά, κάθε λειτουργία που επιτελεί ο ανθρώπινος οργανισμός, από τις πιο απλές μέχρι και τις πιο συνθέτες και περίπλοκες, μεταφέροντας από ερεθίσματα που δέχεται ο οργανισμός, ώσεις στον εγκέφαλο και στέλνοντας εντολές από αυτόν στα διάφορα όργανα. Υπάρχει όμως η δυνατότητα τεχνητοί μηχανισμοί να μιμηθούν και εν τέλει να εκτελέσουν αυτές τις τόσο αναγκαίες λειτουργίες που επιτελούν τα νεύρα, σε κρίσιμα περιστατικά; Σε περιπτώσεις ακρωτηριασμών για παράδειγμα;

Ενώ η επιστήμη και η μελέτη των νευρομηχανικών τεχνολογιών και νευροπροσθετικών έχει εμφανιστεί τα τελευταία 60 χρόνια, μόνο την τελευταία δεκαετία έχει υπάρξει γόνιμη ανάπτυξη στον κλά-

δο. Είναι επιστήμη αλληλένδετη με τη Βιοηλεκτρική. Το Massachusetts Institute of Technology (MIT) σε συνεργασία με το Brigham and Women's Hospital πραγματοποίησε μία από τις πιο καινοτόμες εφαρμογές της νευρωνικής μηχανικής με τον πιο καινοτόμο τρόπο.

Ακόμη και τα υπερσύγχρονα προσθετικά άκρα βοηθούν άτομα με ακρωτηριασμούς, δίνοντάς τους, περιορισμένη βέβαια, κινητική κατάρτιση. Δεν υπάρχει λοιπόν επαρκής νευρικός έλεγχος του άκρου, αφού τέτοιου τύπου προσθετικά λειτουργούν με βάση προκαθορισμένους αλγόριθμους βάδισης και ρομποτικούς αισθητήρες. Αντίθετα, τα πρωτοποριακά νευροπροσθετικά άκρα, σε συνεργασία με μία νέα μυοχειρουργική επέμβαση, επιτρέπουν στο άτομο πλήρη νευρικό έλεγχο του προσθετικού άκρου.

Η επέμβαση λειτουργεί με σκοπό να αναδημιουργήσει μία πλασματική αίσθηση της ιδιοδεκτικότητας στο προσθετικό πόδι. Μία μυονευρική διεπαφή αγωνιστή-ανταγωνιστή (AMI) δημιουργείται μηχανικά μεταξύ δύο μυών -ανταγωνιστή και αγωνιστή αντίστοιχα- με αποτέλεσμα όταν συστέλλεται ένας μυς να τεντώνεται ο άλλος. Έπειτα, τε-



Srinivasan, Science Robotics (2017). Original artwork by Stephanie Ku.

Εικόνα 18: Αγωνιστής-Ανταγωνιστής Myoneural Interface (AMI)

χνητά ηλεκτρόδια μυών ενσωματώνονται σε κάθε μυ AMI, τα οποία επικοινωνούν με νανοϋπολογιστές στο προσθετικό άκρο οι οποίοι ελέγχουν τις βιονικές αρθρώσεις. Έτσι, καθώς κινείται, το άτομο μπορεί νιώσει τη θέση και την ίδια την κίνηση.

Έως τώρα, άτομα με ακρωτηριασμένα άκρα δεν μπορούσαν να αισθανθούν τη θέση, την ταχύτητα, και τη ροπή των προσθετικών τους αρθρώσεων, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον έλεγχο της κίνησής τους. Με τη ριζοσπαστική αυτή επέμβαση, αυτό αλλάζει. Οι ερευνητές και γιατροί που ανέπτυξαν αυτή τη χειρουργική επέμβαση, απέδειξαν πως φυσικό βάδισμα με βιονικό πόδι με πλήρες νευρικό έλεγχο, είναι δυνατό. Στη μελέτη με επτά ασθενείς, την οποία ηγήθηκε ο Dr. Hough Herr, βραβευμένος μηχανικός, σχεδιαστής και αναρριχητής του MIT, ο οποίος είναι διπλά ακρωτηριασμένος, φάνηκε πως όλοι οι ασθενείς που έκαναν την επέμβαση έλεγχαν ακριβέστερα το τεχνητό άκρο, και οι μύες του υπολειπόμενου άκρου παρήγαγαν σήματα παρόμοια με αυτά του άθικτου.

Στη μελέτη, όλα τα άτομα είχαν κάνει την επέμβαση και είχαν προσθετικό με τροφοδοτούμενο αστράγαλο με ηλεκτρόδια που μπορούν να δεχθούν σήματα -ηλεκτρομυογραφίας (ΗΜΓ)- από τον πρόσθιο κνημιαίο μυ των γαστροκνήμιων μυών, μιμούμενα έτσι το νευρικό σύστημα. Έπειτα από πολλές δοκιμασίες –όπως τρέξιμο, πλάγιο βηματισμό, βηματισμό γύρω από εμπόδια, αναρρίχηση, και περπάτημα σε σκάλα– παρατηρήθηκε πως οι ασθενείς μπορούν να εκτελέσουν κάθε διεργασία με μέγιστη διαφορά σε σχέση με τα άτομα με παραδοσιακά προσθετι-



Εικόνα 19: Dr Hugh Herr

κά. Μπορούσαν δηλαδή να περπατήσουν με ίδιο ρυθμό με μη ακρωτηριασμένους, να περιηγηθούν γύρω από εμπόδια, να λυγίσουν τα δάκτυλα των ποδιών, κ.ά., και μάλιστα με πολύ λιγότερο πόνο.

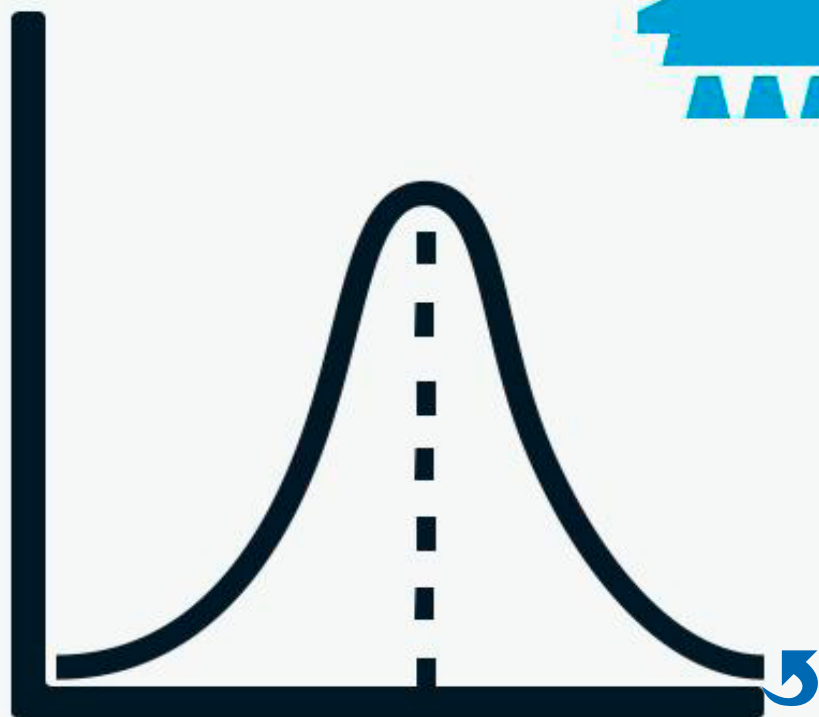
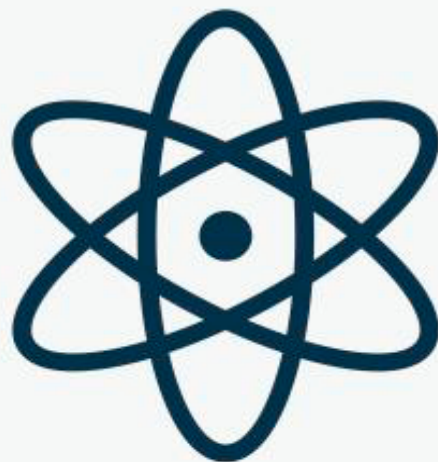
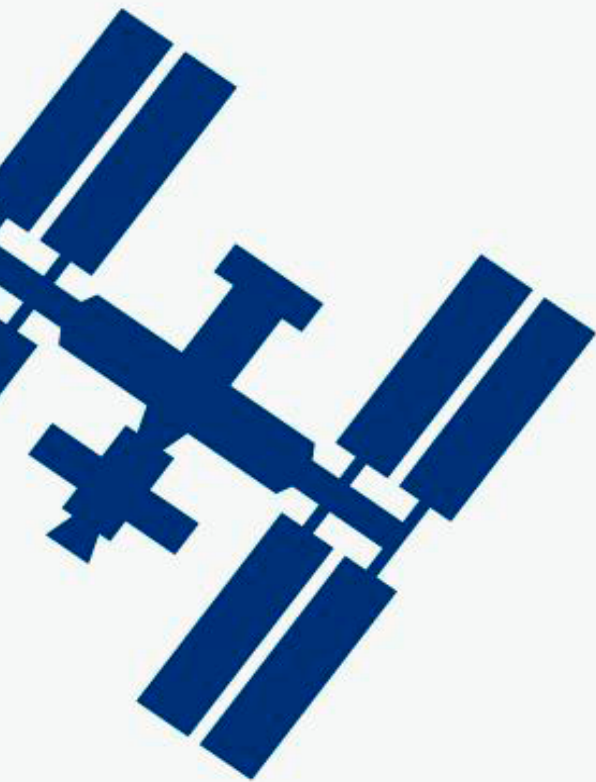
«Αυτή η εργασία αντιπροσωπεύει ένα ακόμη βήμα στο να δείξουμε τι είναι δυνατό όσον αφορά την αποκατάσταση της λειτουργίας σε ασθενείς που υποφέρουν από σοβαρό τραυματισμό των άκρων», λέει ο Dr. Matthew Carty του Harvard Medical School και Brigham and Women's Hospital. Είναι μια πραγματικά ασύλληπτη εξέλιξη στον κόσμο της επιστήμης, επιτρέποντας για πρώτη φορά την

αναδόμηση νευρικών διασυνδέσεων.

Βιβλιογραφία

- Devlin, Hannah. "Bionic Leg Makes Walking Quicker and Easier for Amputees, Trial Shows." *The Guardian*, 2 July 2024, www.theguardian.com/science/article/2024/jul/01/bionic-leg-walking-quicker-easier-amputees-trial.
- Gupta, Ankur, et al. "Neuroprosthetics: From Sensorimotor to Cognitive Disorders." *Communications Biology*, vol. 6, no. 1, Jan. 2023, doi:10.1038/s42003-022-04390-w.
- Hsieh, Tsung-Han. "Project Overview < Agonist-antagonist Myoneural Interface (AMI) – MIT Media Lab." MIT Media Lab, www.media.mit.edu/projects/agonist-antagonist-myoneural-interface-ami/overview.
- Song, Hyungeun. "Continuous neural control of a bionic limb restores biomimetic gait after amputation." *Nature Medicine*, 1 July 2024, www.nature.com/articles/s41591-024-02994-9?error=cookies_not_supported&code=258790b4-cfc5-4008-ba8b-490fdc029c8a. Accessed 22 Mar. 2025.
- Trafton, Anne. "A Prosthesis Driven by the Nervous System Helps People With Amputation Walk Naturally." MIT News | Massachusetts Institute of Technology, 1 July 2024, <https://news.mit.edu/2024/prosthesis-helps-people-with-amputation-walk-naturally-0701>.

ΦΥΣΙΚΗ



Ραδιενεργός Διάσπαση β:

Ιστορική Αναδρομή, Μηχανισμός και Εφαρμογές

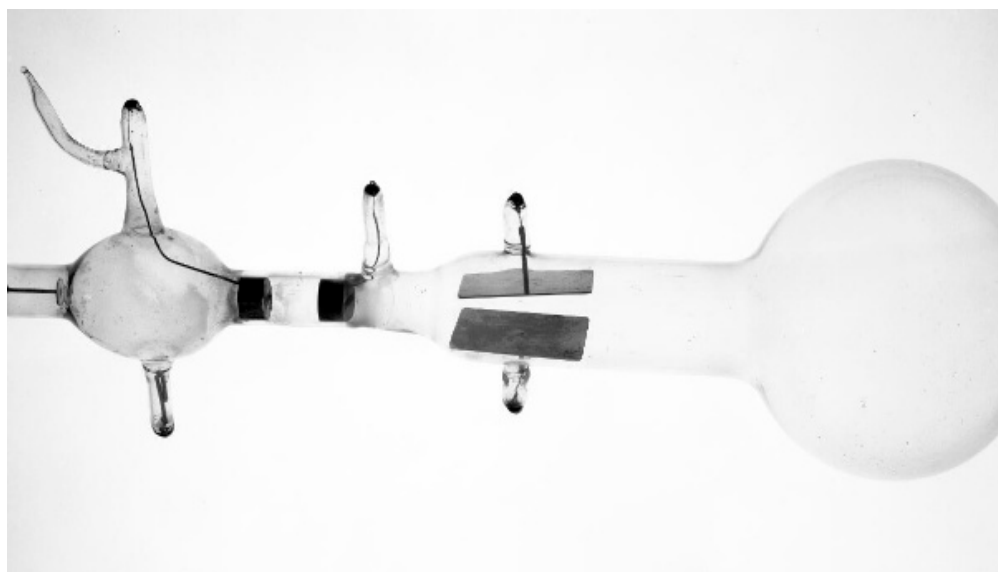
Νικόλαος
Εμμανουήλ
Σκεύης, Γ5

Η ραδιενεργός διάσπαση β είναι ένας από τους πρώτους μηχανισμούς πυρηνικών αντιδράσεων που ανακαλύφθηκαν. Μαζί με την α διάσπαση και τη γ ακτινοβολία (ονομασμένες από τα τρία πρώτα γράμματα του ελληνικού αλφαβήτου), συνιστούν τις βασικές μεθόδους με τις οποίες ένας ασταθής πυρήνας μπορεί να διασπαστεί σε σταθερότερους πυρήνες. Η μελέτη της διάσπασης β έχει βρει σειρά εφαρμογών τόσο στην κατανόηση του Καθιερωμένου Προτύπου, όσο και στην αρχαιολογία και τη γεωλογία.

Ασταθείς πυρήνες:

Τα άτομα στη φύση αποτελούνται από έναν πυρήνα, ενώ ηλεκτρόνια «περιφέρονται» (για λόγους απλούστευσης) γύρω από τον πυρήνα. Για την κατανόηση του φαινομένου, όμως, μας αρκεί να μελετήσουμε τον πυρήνα. Οι περισσότεροι πυρήνες που

συναντάμε στη φύση έχουν κατάλληλη αναλογία και αριθμό νουκλεονίων, ώστε να είναι σταθεροί. Ωστόσο, συγκεκριμένα ισότοπα στοιχείων (άτομα με ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό ηλεκτρονίων) έχουν είτε υπερβολικά πολλά νουκλεόνια είτε αναλογία τέτοια που τα καθιστά ασταθή. Οι μηχανισμοί με τους οποίους ένας ασταθής πυρήνας



Εικόνα 20: Η λυχνία κενού που χρησιμοποίησε ο Thomson για τον υπολογισμό του ειδικού φορτίου του ηλεκτρονίου. Χρησιμοποιώντας την ίδια διάταξη ο Rutherford διαπίστωσε ότι τα σωματίδια της ακτινοβολίας β είναι ηλεκτρόνια

διασπάται έτσι ώστε να δημιουργηθούν σταθερότεροι πυρήνες ονομάζονται ραδιενεργές διασπάσεις.

Πρώτος, ο Ανρί Μπεκερέλ το 1896 και έπειτα το ζεύγος Κιουρί παρατήρησαν τέτοιες διασπάσεις στα άτομα του ουρανίου και του φθορίου αντίστοιχα. Όμως, μετέπειτα παρατηρήσεις διαπίστωσαν ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είχε διαφορετική διαπερατότητα ανάλογα με το είδος της διάσπασης – άρα επρόκειτο για διαφορετικούς μηχανισμούς και ενδεχομένως διαφορετικά σωματίδια. Για την β διάσπαση, ο Μπεκερέλ χρησιμοποιώντας μία διάταξη παρόμοια με αυτή του Τόμσον μέτρησε τον λόγο της μάζας προς το φορτίο των εκπεμπόμενων σωματιδίων. Η μετρήσεις του έδειξαν ότι αυτός ο λόγος ταυτιζόταν με τον αντίστοιχο λόγο για το ηλεκτρόνιο, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι τα εκπεμπόμενα σωματίδια είναι ηλεκτρόνια. Ωστόσο, ακόμα προέκυπτε ένα κομβικό πρόβλημα. Οι θεωρητικές προβλέψεις για την ενέργεια για της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας δεν συμφωνούσαν με τα πειραματικά αποτελέσματα. Αυτή η απόκλιση φανέρωνε απώλειες ενέργειας κατά τη διάρκεια της διάσπασης. Παρόμοια προβλήματα προέκυψαν τη στροφορμή και την ορμή του συστήματος πριν και μετά τη διάσπαση. Αυτό οδήγησε τον Πάουλι και αργότερα τον Φέρμι να κάνουν λόγο για ένα επιπρόσθετο – ουδέτερο φορτισμένο – σωματίο εξαιρετικά μικρής μάζας, το οποίο εκπέμπεται μαζί με το ηλεκτρόνιο: το νεutrino.

Η β διάσπαση:

Σήμερα γνωρίζουμε ότι το φαινόμενο της β -διάσπασης αφορά στην πραγματικότητα 3 διαφορετικά ήδη πυρηνικών αντιδράσεων.

Στη β - διάσπαση (συνήθως αναφερόμενη και απλά ως β διάσπαση) ένα νεutrino διασπάται σε ένα πρωτόνιο, σε ένα ηλεκτρόνιο και σε ένα αντineutrino (νεutrino αντισύλης).

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

Στη β^+ διάσπαση όπου ένα πρωτόνιο δίνει ένα νεutrino, ένα ποζιτρόνιο (σωματίδιο με ίδια μάζα με το ηλεκτρόνιο, αλλά με αντίθετο φορτίο) και ένα νεutrino.

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu$$

Και στη δέσμευση ηλεκτρονίου από τον πυρήνα, όπου ένα πρωτόνιο απορροφά ένα ηλεκτρόνιο, δίνοντας ένα νεutrino και ένα νεutrino.

$$p + e^- \rightarrow n + \nu$$

Το αποτέλεσμα και στις τρεις περιπτώσεις είναι η μεταβολή του ατομικού αριθμού του ατόμου (πλήθος πρωτονίων) το οποίο οδηγεί στη μεταστοιχείωση – τη μετατροπή ενός στοιχείου σε ένα άλλο. Για παράδειγμα, ένα άτομο άνθρακα που περνά β - διάσπαση μετατρέπεται σε άζωτο.

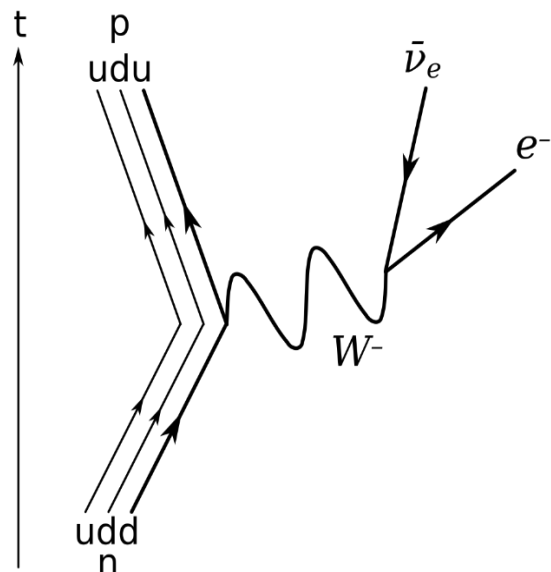
Στην γενική της μορφή, η β - διάσπαση για στοιχεία μπορεί να γραφεί ως:

$${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + e^- + \bar{\nu}$$

Παράδειγμα μεταστοιχείωσης μέσω β διάσπασης αποτελεί η μετατροπή του στροντίου σε ύτριο.

Μελέτη σε επίπεδο θεμελιωδών σωματιδίων:

Ολοι οι μηχανισμοί β διάσπασης περιλαμβάνουν την μετατροπή στο είδος των σωματιδίων που συνθέτουν τα νουκλεόνια. Τα πρωτόνια και τα νεutrino αποτελούνται από σωματίδια – τα κουάρκ. Το πρωτόνιο αποτελείται από δύο



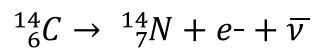
Εικόνα 21: Διάγραμμα Feynman που περιγράφει την διάσπαση β - ενός νετρονίου σε πρωτόνιο

άνω και ένα κάτω και αντίστροφα το νετρόνιο από δύο κάτω και ένα άνω.

Για παράδειγμα στην β- διάσπαση, ένα κάτω κουάρκ μετατρέπεται σε άνω κουάρκ μέσω της ασθενούς πυρηνικής δύναμης (φορέας της οποίας είναι το μποζόνιο W).

Σε όλες τις β διασπάσεις ισχύει η αρχή διατήρησης του φορτίου, της ενέργειας καθώς και του αριθμού των βαρυονίων (νετρόνια και πρωτόνια) και των λεπτονίων (ηλεκτρόνια και νετρίνα).

λεπίδραση σωματιδίων κοσμικής ακτινοβολίας με μόρια της ατμόσφαιρας. Ο πυρήνας του στοιχείου όμως είναι ασταθής και μετατρέπεται σε άζωτο 14 μέσω της β- διάσπασης με έναν χρόνο ημιζωής της τάξης των 5000 ετών.



Σε ό,τι αφορά τα έμβια όντα, η ποσότητα άνθρακα 14 αναπληρώνεται μέσω της τροφής αφού το ισότοπο υπάρχει στη φύση σε μικρές ποσότητες. Αυτό όμως

σταματά μετά τον θάνατο του οργανισμού. Έτσι, μετρώοντας την εναπομένουσα ποσότητα άνθρακα 14 σε απολιθώματα (συνήθως με την χρήση ενός φασματογράφου μάζας) και συγκρίνοντάς τη με τις αναμενόμενες τιμές για έμβια όντα μας προσφέρει μία ικανοποιητική εκτίμηση (ακρίβεια της τάξεως των 5000 ετών) για την ηλικία του απολιθώματος. Αντίστοιχα, για πετρώματα και άβια ύλη γενικότερα γνωρίζοντας τον μέσο ρυθμό εναπόθεσης άνθρακα 14 στην επιφάνεια της γης μπορούμε και πάλι να μετρήσουμε την ηλικία μετρώοντας την περιεκτικότητα σε άνθρακα 14.



Εικόνα 22: Ο υπολογισμός της ηλικίας αντικειμένων (απολιθωμάτων, πετρωμάτων και όχι μόνο) έχει γίνει πολύ πιο εύκολος με την χρήση της ραδιοχρονολόγησης

Πρακτικές εφαρμογές - Ραδιοχρονολόγηση:

Στη μελέτη της β διάσπασης – όπως και κάθε ραδιενεργού διάσπασης – αξίζει να σημειωθεί το μέγεθος του χρόνου ημιζωής. Επειδή το αν θα λάβει χώρα μία διάσπαση ή όχι είναι ένα καθαρά τυχαίο γεγονός, η μελέτη του φαινομένου μπορεί να γίνει μόνο σε στατιστικό επίπεδο. Ο χρόνος που χρειάζεται έτσι ώστε το μισό μίας ποσότητας ενός στοιχείου να διασπαστεί ονομάζεται χρόνος ημιζωής. Αυτός ο χρόνος είναι χαρακτηριστικός του ισότοπου και σταθερός.

Αυτή η αρχή βρίσκει εφαρμογή στην μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης. Ο άνθρακας 14 (6 πρωτόνια και 8 νετρόνια) παράγεται με μία σειρά διαφορετικών διεργασιών, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται η αλλη-

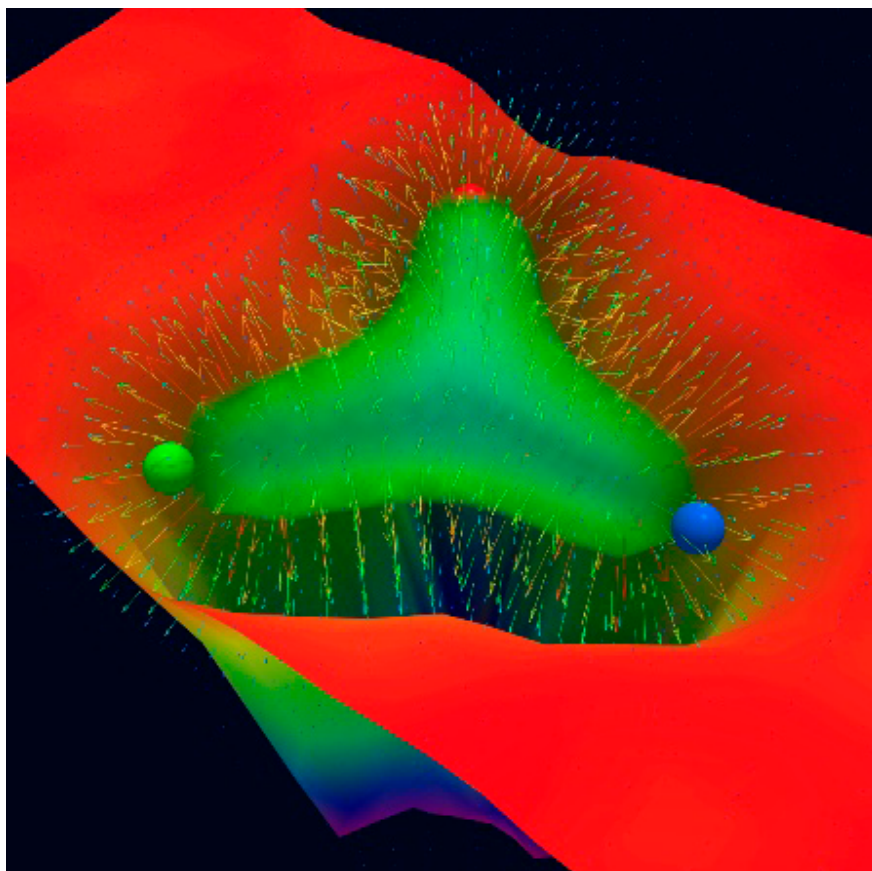
Βιβλιογραφία

- The Editors of Encyclopaedia Britannica. "beta decay". Encyclopedia Britannica, 27 Feb. 2025, <https://www.britannica.com/science/beta-decay>. Accessed 18 March 2025.
- Falkowski, Adam, et al. "Comprehensive Analysis of Beta Decays within and beyond the Standard Model." *Journal of High Energy Physics*, vol. 2021, no. 4, Apr. 2021, doi:10.1007/jhep04(2021)126.
- Pfützner, M., et al. "Radioactive Decays at Limits of Nuclear Stability." *Reviews of Modern Physics*, vol. 84, no. 2, 30 Apr. 2012, pp. 567–619, doi:10.1103/revmodphys.84.567.
- Jull, A J, et al. "Radiocarbon Dating and Intercomparison of Some Early Historical Radiocarbon Samples." *Radiocarbon*, vol. 60, no. 2, Apr. 2018, pp. 535–548, doi:10.1017/rdc.2018.18.
- Lal, D, and A J T Jull. "In-Situ Cosmogenic ^{14}C : Production and Examples of Its Unique Applications in Studies of Terrestrial and Extraterrestrial Processes." *Radiocarbon* 43.2B (2001): 731–742. Web.

Ισχυρή δύναμη:

Ο συγκολλητής του μικρόκοσμου

Εικόνα 23: Προσομοίωση πεδίου των γκλουονίων σε ένα νουκλεόνιο (D. Leinweber et al. 2004)



**Μαρίνα
Γιαννακοπούλου, Α2**

Ο ατομικός πυρήνας υφίσταται, χάρη στην ισχυρή δύναμη. Στην ύπαρξή της οφείλεται το γεγονός ότι τα νουκλεόνια¹ δεν απομακρύνονται εύκολα το ένα από το άλλο, ενώ τα δομικά τους στοιχεία είναι περιορισμένα μέσα σε αυτά.

Η ισχυρή δύναμη αποτελεί την ισχυρότερη από τις τέσσερις θεμελι-

ώδεις δυνάμεις της φυσικής² και η εμβέλειά της περιορίζεται περίπου στο ένα φεμτόμετρο (10^{-15}m), προσεγγιστικά στη διάμετρο ενός νουκλεονίου. Συνεπώς, άμεσα επηρεάζει τις δομικές μονάδες των νουκλεονίων, δηλαδή τα κουάρκ, και έμμεσα τα νουκλεόνια, μέσω της υπολειμματικής μορφής της.

Τα κουάρκ συνιστούν στοιχειώδη υποατομικά σωματίδια. Δύο από αυτά είναι το up (u) και το down (d). Κάθε

¹ Νουκλεόνια ονομάζονται τα πρωτόνια και τα νετρόνια.

² Οι υπόλοιπες τρεις είναι η βαρυτική, η ηλεκτρομαγνητική και η ασθενής πυρηνική.

πρωτόνιο αποτελείται από δύο up (u) και ένα down (d) κουάρκ (uud). Αντίστοιχα, κάθε νετρόνιο απαρτίζεται από ένα up (u) και δύο down (d) κουάρκ (ddu).

Γιατί, όμως, τρία κουάρκ;

Η απάντηση έγκειται στο επιπλέον φορτίο που φέρουν. Εκτός από το ηλεκτρικό, τα κουάρκ έχουν και το λεγόμενο φορτίο χρώματος ή χρώμα. Υπάρχουν τρία κύρια είδη χρώματος και τα αντίθετά τους: κόκκινο, πράσινο, μπλε, αντι-κόκκινο, αντι-πράσινο, αντι-μπλε. Σωματίδια ίδιου χρώματος δεν μπορούν να σχηματίσουν σταθερό σύστημα, άρα απομακρύνονται, ενώ χρωματικά ουδέτερα είναι όσα αποτελούνται είτε από μπλε, κόκκινο και πράσινο, είτε από τα αντίθετά τους, είτε από ένα χρώμα και το αντίθετό του³. Μόνο με βάση τα παραπάνω και το γεγονός ότι τα νουκλεόνια δεν έχουν φορτίο χρώματος, εύλογα θα μπορούσε να υποτεθεί ότι αυτά αποτελούνται είτε από τρία κουάρκ διαφορετικού χρώματος, είτε από δύο κουάρκ αντίθετου χρώματος. Αποτελούνται δε από τρία, καθώς τότε ενισχύεται η σταθερή τους δομή. Όπως το ηλεκτρικό φορτίο προκαλεί την ηλεκτρομαγνητική δύναμη, έτσι και το χρώμα ευθύνεται για την ισχυρή δύναμη. Για να μεταφερθεί, όμως, αυτό το φορτίο χρειάζεται ένα πεδίο. Το πεδίο δημιουργείται από ανταλλασσόμενα γκλουόνια.

Τα γκλουόνια αποτελούν υποατομικά σωματίδια και συγκεκριμένα ανήκουν στην οικογένεια των μποζονίων. Όπως τα κουάρκ, έτσι και τα γκλουόνια έχουν χρώμα. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και να παραμένουν «δεμένα». Έτσι, λοιπόν, εξηγείται για ποιον λόγο το πεδίο των γκλουονίων εκτείνεται μεταξύ δύο κουάρκ με τη μορφή κυλίνδρου, σε αντίθεση με το ηλεκτρικό το οποίο έχει άπειρη εμβέλεια. Κάθε γκλουόνιο έχει έναν συνδυασμό διαφορετικού φορτίου χρώματος και αντι-χρώματος και αυτό του επιτρέπει να αλληλοεπιδρά με τα κουάρκ.

Όταν ένα κουάρκ-πομπός αλληλεπιδρά με την ισχυρή δύναμη, εκπέμπει ένα εικονικό γκλουόνιο⁴. Το γκλουόνιο αυτό φέρει ένα ζεύγος φορτίου χρώ-

ματος-αντιχρώματος. Η εκπομπή του νουκλεονίου αλλάζει το χρώμα του κουάρκ-πομπού και το γκλουόνιο μεταφέρει αυτό το χρωματικό φορτίο. Στη συνέχεια, το γκλουόνιο αλληλεπιδρά με το χρώμα του πομπού-δέκτη. Μέσω αυτής της αλληλεπίδρασης, αλλάζει το χρωματικό φορτίο του κουάρκ-πομπού και το αρχικό του χρώμα μεταφέρεται στο κουάρκ-δέκτη. Αποτέλεσμα είναι το χρωματικό φορτίο να διατηρείται. Η ανταλλαγή αυτή είναι συνεχής και γίνεται σχεδόν ακαριαία⁵, γι' αυτό και είναι πολύ δύσκολο να μελετηθεί.

Καθώς, όταν τα κουάρκ απομακρύνονται, η αλληλεπίδραση μεταξύ των γκλουονίων γίνεται πιο ισχυρή, το πεδίο των γκλουονίων ισχυροποιείται επίσης, γεγονός που αναγκάζει τελικά τα κουάρκ να πλησιάσουν το ένα το άλλο. Μολονότι, με τον τρόπο αυτό, ο διαχωρισμός των κουάρκ καθίσταται ενεργοβόρος, η αύξηση της απόστασής τους μπορεί να προκαλέσει τη διάσπαση του πεδίου των γκλουονίων. Ωστόσο, αυτό δεν συνεπάγεται την απόσπαση του κουάρκ από το νουκλεόνιο. Ως εκ τούτου, τα κουάρκ καταρχήν δεν μπορούν να αποσπαστούν από τα νουκλεόνια και να υπάρξουν ελεύθερα⁶.

Η ενέργεια, όμως, που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η διάσπαση του πεδίου των γκλουονίων οδηγεί στη δημιουργία, μεταξύ άλλων, ενός ζεύγους κουάρκ. Αυτό το ζεύγος συνιστά ένα μεσόνιο που αποτελεί φορέα της υπολειπόμενης ισχυρής δύναμης, δηλαδή εκείνης που συγκρατεί τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αλληλοεπιδρούν μέσω ανταλλαγής μεσονίων. Καθώς τα μεσόνια είναι χρωματικά ουδέτερα, δεν αλληλοεπιδρούν άμεσα μέσω της ισχυρής πυρηνικής δύναμης, δηλαδή δεν ανταλλάσσουν γκλουόνια. Τα μεσόνια έχουν σημαντική μάζα, πχ η μάζα των πιονίων είναι 135 MeV. Η υπολειπόμενη δύναμη εξασθενεί με την απόσταση λόγω της μεγάλης μάζας και του μικρού χρόνου ζωής των μεσονίων που είναι οι φορείς της. Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα του φορέα μιας δύναμης τόσο πιο μικρή η εμβέλεια της. Οι λόγοι αυτοί συνεπάγονται την εξασθένηση της υπολειπόμενης ισχυρής δύναμης, όταν η απόσταση αυξάνεται.

3 Τα χρώματα δεν σχετίζονται με αυτά της οπτικής, αλλά επιλέχθηκαν, διότι ο συνδυασμός τους στην οπτική δίνει το άσπρο, το οποίο θεωρείται ουδέτερο.

4 Το εικονικό γκλουόνιο δεν είναι πραγματικό σωματίδιο, αλλά εκφράζει ταλαντώσεις στο πεδίο των γκλουονίων.

5 Η ταχύτητα της ανταλλαγής περιορίζεται από την ταχύτητα του φωτός.

6 Τα κουάρκ μπορεί να βρεθούν σε ελεύθερη κατάσταση μόνο στην εξαιρετική περίπτωση του πλάσματος κουάρκ-γκλουονίων.

Ενας από τους λόγους για τους οποίους η ισχυρή πυρηνική δύναμη δεν περιορίζεται στο εσωτερικό των νουκλεονίων, αλλά παίρνει την υπολειπόμενη μορφή της είναι η στιγμιαία ατελής εξουδετέρωση του χρώματος κατά την ανταλλαγή γκλουονίων μεταξύ των κουάρκ. Η ατελής αυτή εξουδετέρωση έχει ως αποτέλεσμα στιγμιαία τα νουκλεόνια να μην είναι χρωματικά ουδέτερα και να αλληλοεπιδρούν με μια δύναμη, την υπολειπόμενη ισχυρή δύναμη. Η δύναμη αυτή εκδηλώνεται με την ανταλλαγή μεσονίων, τα οποία συνίστανται από ένα ζεύγος κουάρκ-αντικουάρκ. Η ανταλλαγή αυτών των μεσονίων μεταξύ των νουκλεονίων δημιουργεί μια ελκτική δύναμη που τα συγκρατεί στον πυρήνα. Ως εκ τούτου, τα νουκλεόνια δεν απομακρύνονται εύκολα το ένα από το άλλο.

Συνοψίζοντας, λόγω της ισχύος της αλληλεπίδρασης μεταξύ των γκλουονίων, η προσπάθεια αύξησης της απόστασης μεταξύ των κουάρκ έχει δύο πιθανές εκβάσεις: την άμεση μείωσή της ή τη διάσπαση του πεδίου των γκλουονίων, κατά την οποία η παρεχόμενη ενέργεια μετατρέπεται σε μάζα, σε ένα ζεύγος κουάρκ-αντικουάρκ. Καθώς και στις δύο περιπτώσεις κανένα κουάρκ δε μένει μόνο του, τα κουάρκ καταρχήν δεν μπορούν να είναι ελεύθερα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται χρωματική απομόνωση. Ακόμα, τα αποτελέσματα της αύξησης της απόστασης φανερώνουν για ποιον λόγο η ισχυρή δύναμη δεν εξασθενεί με την απόσταση: λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των

γκλουονίων και της δημιουργίας νέων σωματιδίων που αλληλοεπιδρούν χρωματικά, όπως τα προηγούμενα. Σε ό,τι αφορά το ζεύγος κουάρκ που δημιουργείται, όταν αυτό είναι μεσόνιο, αλληλεπιδρά με ένα άλλο νουκλεόνιο, μέσω της υπολειπόμενης ισχυρής δύναμης που εκδηλώνεται με την ανταλλαγή του μεσονίου. Αυτή η σχέση εξάρτησης είναι που κρατά τα νουκλεόνια κοντά το ένα στο άλλο και, συνεπώς, εντός του πυρήνα.

Βιβλιογραφία

- «Alice takes the next step in understanding the interaction between hadrons». Cern, Alice Collaboration, 17 Νοε. 2021, home.cern/news/news/physics/alice-takes-next-step-understanding-interaction-between-hadrons. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.
- Cooper, Keith. «What Are Gluons?». Space.com, Future US, 29 Ιαν. 2023, www.space.com/gluons-carriers-strong-force-explained. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.
- Elert, Glenn. «Quantum Chromodynamics». The Physics Hypertextbook, The Physics Hypertextbook, 2025, physics.info/qcd/. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.
- «Nuclear Force – Residual Strong Force». Nuclear Power, Nuclear Power, 2025, www.nuclear-power.com/nuclear-power/reactor-physics/atomic-nuclear-physics/fundamental-interactions-fundamental-forces/strong-interaction-strong-force/nuclear-force-residual-strong-force/. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.
- «Quarks—Getting Down to Fundamentals». Genesis, Nasa, χ.η., σσ. 1-2, solarsystem.nasa.gov/genesismission/educate/scimodule/Cosmogony/CosmogonyPDF/FundamentalsST.pdf. Αρχείο PDF. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.
- «The Strong Force». University of Cambridge, University of Cambridge, χ.η., σ. 76, www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/pp/pp3.pdf. Αρχείο PDF. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.

Νόμοι του Κέπλερ

Οι κινήσεις των πλανητών

Λουίζα
Ασημακοπούλου, Α1

Ο Γιοχάνες Κέπλερ (Johannes Kepler, 1571-1630) ήταν ένας Γερμανός αστρονόμος και μαθηματικός γνωστός σήμερα για την συνεισφορά του στον κόσμο της αστροφυσικής. Το 1600 είχε την ευκαιρία να εργαστεί ως βοηθός του Τύχο Μπράχε (Tycho Brahe, 1546-1601), ενός σπουδαίου Δανού αστρονόμου στον οποίο αποδίδονται οι ακριβέστερες αστρονομικές παρατηρήσεις της εποχής. Ο Τύχο ανέθεσε στον Κέπλερ να κατανοήσει την «προβληματική» τροχιά του Άρη βάσει των μακροχρόνιων παρατηρήσεών του. Από τη μελέτη αυτή ο Κέπλερ οδηγήθηκε στην ανακάλυψη των νόμων που καθορίζουν την κίνηση των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος. Οι πρώτοι δύο νόμοι δημοσιεύθηκαν το 1609 στο βιβλίο του «Astronomia Nova», ενώ ο τρίτος το 1619 στο «Harmonices Mundi».

Για να κατανοήσει κανείς την συνεισφορά του Κέπλερ στην αστρονομία χρήσιμο είναι να γνωρίζει τις επιστημονικές θέσεις τις εποχής γύρω από το θέμα. Τότε, οι επιστήμονες δεν είχαν καταλήξει ακόμα σε ένα κοινά αποδεκτό αστρονομικό μοντέλο του πλανητικού μας συστήματος. Το επικρατέστερο ήταν το Πτολεμαϊκό, ένα γεωκεντρικό μοντέλο βάσει του οποίου Ήλιος και πλανήτες περιστρέφονται γύρω από την Γη. Ο Κέπλερ όμως, υποστήριζε ένα άλλο λιγότερο δημοφιλές μοντέλο, το ηλιοκεντρικό του Κοπέρνικου στο οποίο όλοι οι πλανήτες περιστρέφονται γύρω από τον Ήλιο.

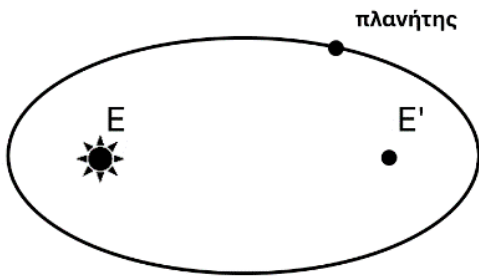
Η τροχιά του Άρη την οποία μελετούσε ο Κέπλερ δεν ήταν συμβατή με τα συστήματα αυτά. Κοινό σημείο τους ήταν η παραδοχή πως οι τροχιές των πλανητών είναι κυκλικές, ακολουθούν δηλαδή την «τέλεια» γεωμετρική μορφή. Ο Κέπλερ λοιπόν, αναγκάστηκε τελικά να αποδεχθεί πως οι κινήσεις των πλανητών δεν είναι κυκλικές, αλλά ελλειπτικές. Αυτή ήταν η ριζοσπαστική ανακάλυψη που του άνοιξε το δρόμο για την κατανόηση

του ηλιακού μας συστήματος.

Οι τρεις νόμοι της κίνησης των πλανητών, του Κέπλερ είναι: 1. Ο νόμος των ελλείψεων, 2. Ο νόμος των ίσων εμβαδών και 3. Ο αρμονικός νόμος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως οι νόμοι αυτοί εφαρμόζονται μόνο σε ένα σύστημα δύο σωμάτων όπου το ένα έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα από το άλλο ($m \ll M$).

1. Ο νόμος των ελλείψεων

Ο πρώτος νόμος του Κέπλερ ορίζει πως οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος κινούνται σε ελλειπτικές τροχιές των οποίων τη μία εστία καταλαμβάνει ο Ήλιος. Αν E και E' δύο σημεία ενός επιπέδου, έλλειψη με εστίες τα σημεία E και E' ονομάζεται το σύνολο των σημείων του επιπέδου των οποίων το άθροισμα των αποστάσεων από τα E και E' είναι σταθερό και μεγαλύτερο του EE' (ορισμός έλλειψης, Μαθηματικά Β' Λυκείου θετικών σπουδών). Σύμφωνα με τον νόμο αυτόν λοιπόν, η απόσταση των πλανητών από τον ήλιο μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της περι-

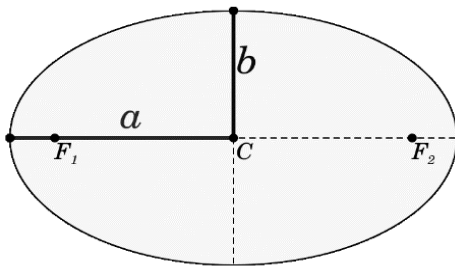


Εικόνα 24: Ο Ήλιος βρίσκεται στη μια εκ των δύο εστιών της έλλειψης

φοράς τους, εκτός από την περίπτωση που κάποιοι πλανήτες κινείται πάνω σε κυκλική τροχιά. (Ο κύκλος αποτελεί ειδική περίπτωση έλλειψης στην οποία οι δύο εστίες ταυτίζονται.)

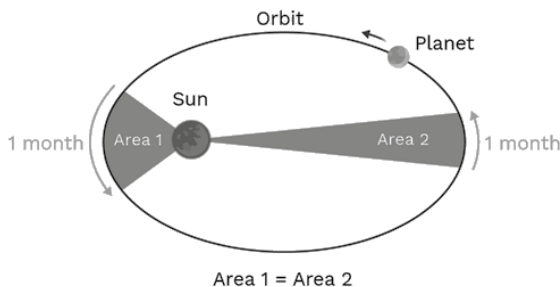
2. Ο νόμος των ίσων εμβαδών

Ο δεύτερος νόμος του Κέπλερ ορίζει πως η επιβατική ακτίνα ενός πλανήτη, δηλαδή το νοητό ευθύγραμμο τμήμα που τον συνδέει με τον Ήλιο, σαρώνει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους. Επειδή, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο, η τροχιά του πλα-



Εικόνα 25: Ο μεγάλος και ο μικρός ημιάξονας μίας έλλειψης

νήτη είναι ελλειπτική, η απόστασή του από τον Ήλιο μεταβάλλεται συνεχώς. Επομένως, για να καλύπτει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους πρέπει και η ταχύτητά του να μεταβάλλεται, και μάλιστα να κινείται ταχύτερα όταν βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο και βραδύτερα όταν βρίσκεται πιο μακριά. Έτσι, ο πλανήτης έχει τη μέγιστη ταχύτητά του στο περιήλιο, το ση-



Εικόνα 26: Ο πλανήτης διαγράφει σε ίσους χρόνους, ίσα εμβαδά

μείο της τροχιάς του όπου βρίσκεται στην ελάχιστη απόσταση από τον Ήλιο, ενώ την ελάχιστη στο αφήλιο, το σημείο όπου βρίσκεται στη μέγιστη απόσταση από τον Ήλιο.

3. Ο αρμονικός νόμος

Ο τρίτος νόμος του Κέπλερ ορίζει πως το τετράγωνο της περιόδου περιφοράς (P) ενός πλανήτη είναι ευθέως ανάλογο με τον κύβο του μεγάλου ημιάξονα (a) της τροχιάς του. Μαθηματικά αυτό εκφράζεται ως εξής:

$$P^2 \propto a^3, \text{ ή αλλιώς } P^2 = ka^3,$$

όπου k η σταθερά αναλογίας.

Δηλαδή η αύξηση της μέγιστης απόστασης ενός πλανήτη από το κέντρο της τροχιάς του συνεπάγεται αύξηση του χρόνου που απαιτείται για μία πλήρη περιφορά του γύρω από τον Ήλιο. Αυτή η σχέση, όπως γνωρίζουμε σήμερα οφείλεται τόσο στην αύξηση της διαδρομής που πρέπει να διανύσει ο πλανήτης όσο και στη μείωση της βαρυτικής έλξης που δέχεται αυτός από τον Ήλιο, η οποία οδηγεί σε χαμηλότερη ταχύτητα του πλανήτη. Ο Κέπλερ βέβαια, διατύπωσε τον αρμονικό νόμο βάσει των παρατηρήσεων του χωρίς να γνωρίζει την αιτία του, αφού ο νόμος της παγκόσμιας έλξης διατυπώθηκε αργότερα από τον Νεύτωνα.

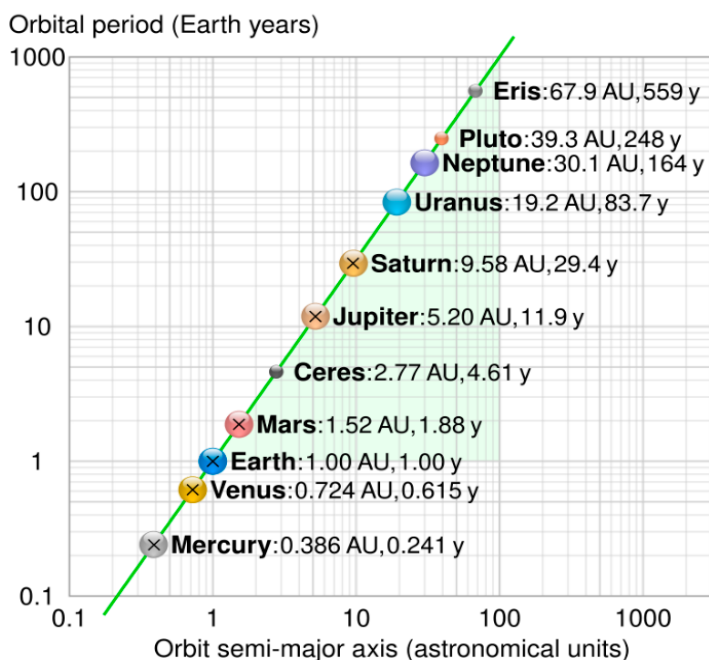
Η σταθερά αναλογίας k στην περίπτωση του δικού μας ηλιακού συστήματος και χρησιμοποιώντας την αστρονομική μονάδα (AU) και το γήινο έτος (yr) ως μονάδες μέτρησης απόστασης και χρόνου αντίστοιχα ισούται με:

$$k = \frac{P_{\text{planet}}^2}{a_{\text{planet}}^3} = \frac{P_{\text{earth}}^2}{a_{\text{earth}}^3} = 1 \frac{\text{yr}^2}{\text{AU}^3}$$

Σημείωση: 1 AU ορίζεται ως η μέση απόσταση της Γης από τον Ήλιο

Η σταθερά αναλογίας k είναι ίση με τη μονάδα, διότι για την Γη η περίοδος περιφοράς είναι ίση με 1 γήινο έτος και η απόστασή της από τον Ήλιο είναι 1 AU. Η σταθερά αναλογίας k είναι ίδια για όλους τους πλανήτες του Ηλιακού μας Συστήματος, καθώς αυτή εξαρτάται από την μάζα του κεντρικού σώματος που στην περίπτωση μας είναι ο Ήλιος. Έτσι στο δικό μας Ηλιακό Σύστημα, μετρώντας πάντα με AU και yr, ισχύει:

$$P^2 = 1 \cdot a^3 \Rightarrow P^2 = a^3$$



Εικόνα 27: Το διάγραμμα παρουσιάζει τις περιόδους περιφοράς των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος σε συνάρτηση με τον μεγάλο ημιάξονα της τροχιάς τους. (Οι Ceres, Pluto και Eris είναι νάνοι πλανήτες.) Προσοχή: Το διάγραμμα έχει σταθερή κλίση λόγω της λογαριθμικής κλίμακας που χρησιμοποιείται στους άξονές του, η οποία προκαλεί εκθετική αύξηση των τιμών. Το διάγραμμα P-α σε γραμμικούς άξονες έχει αυξανόμενη κλίση, επιδεικνύοντας τον αυξανόμενο ρυθμό αύξησης του P με την αύξηση του α.

Δηλαδή το τετράγωνο της περιόδου περιφοράς (P) ενός πλανήτη του Ηλιακού Συστήματος είναι ίσο με τον κύβο του μεγάλου ημιάξονα (α) της τροχιάς του.

Αργότερα ο Νεύτωνας απέδειξε τον τρίτο νόμο του Κέπλερ μέσω των νόμων της κίνησης και του νόμου της παγκόσμιας έλξης και βρήκε πως η σταθερά αναλογίας k εξαρτάται από τη μάζα του κεντρικού σώματος:

$$k = \frac{4\pi^2}{GM}$$

όπου G η παγκόσμια σταθερά της βαρυτικής έλξης και M η μάζα του κεντρικού σώματος.

Η σημασία των νόμων του Κέπλερ στην ανάπτυξη της ουράνιας μηχανικής

Ο Κέπλερ διατυπώνοντας τους νόμους της κίνησης των πλανητών ενέπνευσε τη διαμόρφωση και άλλων θεωριών απαραίτητων για

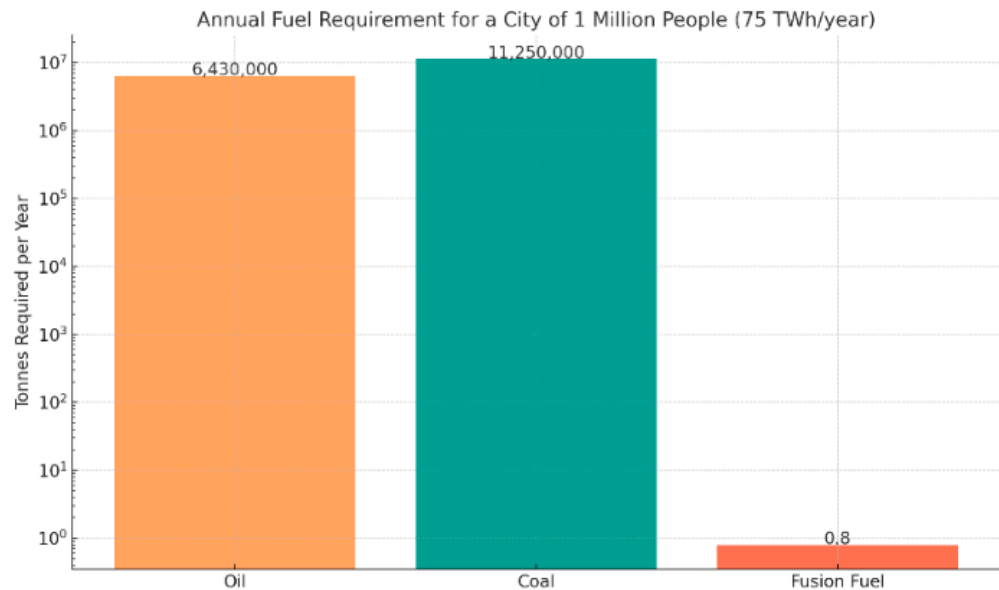
την κατανόηση του σύμπαντος. Παράδειγμα είναι οι νόμοι της κίνησης και της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα μέσω των οποίων ο ίδιος γενίκευσε τους νόμους του Κέπλερ ώστε να ισχύουν για οποιοδήποτε σύστημα δύο σωμάτων που αλληλοεπιδρούν με βαρυτικές δυνάμεις. Οι νόμοι του Κέπλερ σήμερα αποτελούν οδηγό στις επιστημονικές έρευνες και δίνουν εξαιρετικά προσεγγιστικά αποτελέσματα, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται και άλλες θεωρίες, όπως του Νεύτωνα και του Αϊνστάιν για να γίνουν ακριβείς μετρήσεις σε περιπτώσεις πολύπλοκων βαρυτικών αλληλεπιδράσεων. Ο Κέπλερ ήταν ένας από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν μαθηματικούς νόμους για την περιγραφή της κίνησης των πλανητών και σήμερα θεωρείται πατέρας και θεμελιωτής της ουράνιας μηχανικής.

Βιβλιογραφία

- Δανέζης, Μάνος, και Στράτος Θεοδοσίου. Το σύμπαν που αγάπησα: Εισαγωγή στην Αστροφυσική. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΔΙΑΥΛΟΣ, 2012, σσ. 355-357.
- Δουληγέρης, Παναγιώτης. «ΚΩΝΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ: Η ΕΛΛΕΙΨΗ». Μαθηματικά Β' Λυκείου Θετικών Σπουδών. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ", 1998, ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2754/Mathimatika-B-Lykeiou-ThSp_html-apli/index3_3.html. Accessed 3 Mar. 2025.
- Καστανάς, Παύλος. Προς τ' άστρα: ένα μαγευτικό ταξίδι στον κόσμο της Αστροφυσικής. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΑΚΤΟΣ, 2020, σσ. 36-41.
- Μαθηματικά Β' Λυκείου Θετικών σπουδών. E-book, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ", 1998.
- Boundless. "5.6: Kepler's Laws." Physics LibreTexts, LibreTexts, 9 July 2023, phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Physics_(Boundless)/5%3A_Uniform_Circular_Motion_and_Gravitation/5.6%3A_Keplers_Laws. Accessed 3 Mar. 2025.
- "Kepler's Second Law." Labster Theory Pages, Labster, theory.labster.com/keplers_second_law/. Accessed 22 Mar. 2025.
- NASA Science Editorial Team. "Orbits and Kepler's Laws." NASA Science, NASA, 28 Oct. 2024, science.nasa.gov/solar-system/orbits-and-keplers-laws/. Accessed 3 Mar. 2025.
- Pogge, Richard. "Lecture 19: Orbits." Astronomy Ohio State University, Ohio State University, 14 Oct. 2007, www.astronomy.ohio-state.edu/pogge.1/Ast161/Unit4/orbits.html. Accessed 3 Mar. 2025.
- Williams, David R. "Planetary Fact Sheet - Ratio to Earth Values." NASA Space Science Data Coordinated Archive, NASA Goddard Space Flight Center, 18 Mar. 2025, nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/planet_table_ratio.html. Accessed 22 Mar. 2025.

Πυρηνική σύντηξη

Παναγιώτης
Τιμολέων
Κανέλλος, Β3



Εικόνα 28: Για την καλυφθούν οι ανάγκες μιας πόλης 100000 ανθρώπων (~75 TWh) απαιτούνται 6.4 εκ. τόνοι πετρελαίου, 11,25 εκ. τόνοι λιγνίτη και 0,8 εκ. τόνοι καυσίμου σύντηξης.

Η πυρηνική σύντηξη αποτελεί το μέλλον της παραγωγής ενέργειας και όταν μπορέσει να αξιοποιηθεί στον τομέα παραγωγής ενέργειας θα είναι μία από τις μεγαλύτερες επιτυχίες στην ιστορία της επιστήμης. Η δημιουργία ενός πλήρως λειτουργικού αντιδραστήρα πυρηνικής σύντηξης θα είναι η αρχή του τέλους του ζημιογόνου περιβαλλοντικού αποτυπώματος τους ανθρώπου στον τομέα της ενέργειας. Ο λόγος είναι ότι η παραγωγή ενέργειας μέσω της πυρηνικής σύντηξης είναι φιλική προς το περιβάλλον και οι πρώτες ύλες που αυτή απαιτεί είναι εύκολα προσβάσιμες. Επομένως στο παρών άρθρο θα μελετήσουμε από την σκοπιά της φυσικής τί εστί πυρηνική σύντηξη.

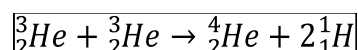
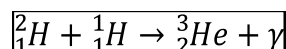
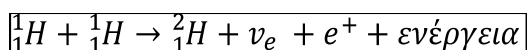
Η πυρηνική σύντηξη είναι η αντίδραση κατά την οποία δύο ατομικοί πυρήνες ενώνονται με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός μεγαλύτερου πυρήνα. Η μέθοδος αυτή αποτελεί τον τρόπο έκλυσης ενέργειας στα αστέρια. Συγκεκριμένα, ο ήλιος αποτελείται από 74% υδρογόνο, 25% ήλιο και 1% από άλλα διάφορα

στοιχεία (σε αυτό το άρθρο δεν θα μας απασχολήσουν) και βρίσκονται σε μορφή πλάσματος¹. Τα χημικά στοιχεία στον Ήλιο βρίσκονται σε κατάσταση πλάσματος λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και

¹ Το πλάσμα είναι ένα ιονισμένο αέριο το οποίο αποτελείται από ιόντα και ηλεκτρόνια και αποτελεί την τέταρτη μορφή της ύλης (μετά την στερεή, την υγρή και την αέρια)

πίεσης που κυριαρχεί στο εσωτερικό του και η οποία είναι αποτέλεσμα της βαρυτικής έλξης που ασκεί ο πυρήνας στα εξωτερικά στρώματα του αστεριού. Η μορφή αυτή της ύλης ευνοεί την σύντηξη των στοιχείων αφού η υψηλή θερμοκρασία και πίεση αυξάνει την κινητική ενέργεια των σωματιδίων σε τέτοιο βαθμό που τα φέρνει τόσο κοντά που η υπολειπόμενη ισχυρή πυρηνική δύναμη δρα και υπερσχύει της ηλεκτροστατικής απωστικής δύναμης Coulomb που αναπτύσσεται μεταξύ των θετικά φορτισμένων πυρήνων (δηλ. σπάει το φράγμα του δυναμικού). Κατά αυτόν τον τρόπο η ισχυρή πυρηνική δύναμη συντήκει τους πυρήνες των στοιχείων.

Ειδικότερα, η πυρηνική σύντηξη στον ήλιο πραγματοποιείται ως εξής:



όπου:

${}^1_1\text{H}$ είναι πυρήνας υδρογόνου,

${}^2_1\text{H}$ είναι πυρήνας δευτερίου,

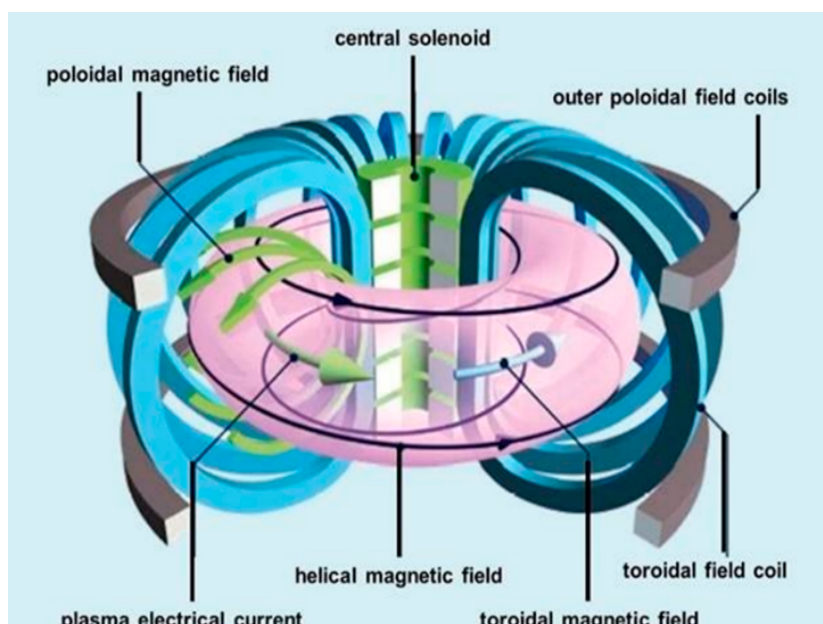
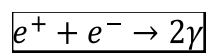
${}^3_2\text{He}$ είναι πυρήνας ηλίου-3 και

${}^4_2\text{He}$ είναι πυρήνας ηλίου-4,

(ν_e) το νεutrino του ηλεκτρονίου και

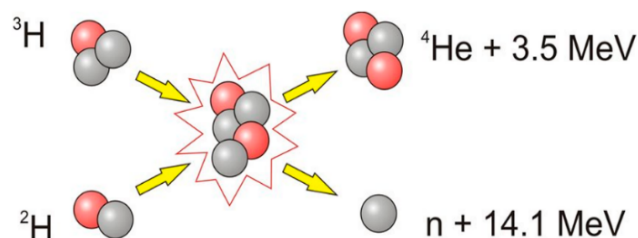
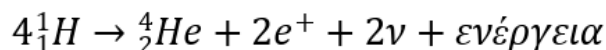
(e^+) το ποζιτρόνιο.

Άρα τελικά από 4 πυρήνες υδρογόνου (πρωτόνια) καταλήξαμε στην παραγωγή ενός πυρήνα ηλίου-4, δύο ποζιτρονίων και δύο νετρίνων ηλεκτρονίου. Τα παραγόμενα ποζιτρόνια (e^+) αμέσως εξαυλώνονται με δύο ηλεκτρόνια (e^-) και παράγουν φως



Εικόνα 29: Ο αντιδραστήρας TOKAMAK

Η μάζα των αντιδρώντων (4 πυρήνες υδρογόνου) είναι μεγαλύτερη από την μάζα των προϊόντων (ηλίο-4, δύο νετρίνα ηλεκτρονίου και φωτόνια) και από την διάσημη εξίσωση του Αϊνστάιν $E=mc^2$ γνωρίζουμε ότι η μεταβολή της μάζας μετατράπηκε σε ενέργεια και συγκεκριμένα σε 27MeV.



Εικόνα 30: Η σύντηξη δευτερίου και τρίτιου

Οι επιστήμονες, λοιπόν, σκέφτηκαν ότι θα μπορούσε και η ανθρωπότητα να αξιοποιήσει αυτή την μέθοδο παραγωγής ενέργειας. Για να το πετύχουν όμως αυτό θα πρέπει να «αντιγράψουν τις συνθήκες» στις οποίες βρίσκεται ο ήλιος, αφού στην Γη υπάρχει δευτέριο (στο θαλασσινό νερό) και τρίτιο³ (μέσω του «βομβαρδισμού» λιθίου-6 από νετρόνια), ώστε να παραχθεί με μία και μόνο αντίδραση και όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά το ήλιο-4.

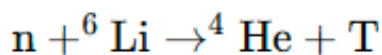
2 Μία από τις τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις του σύμπαντος, έχει ακτίνα δράσης 10-15 m

3 1 πρωτόνιο – 2 νετρόνια

Για να επιτευχθεί η πυρηνική σύντηξη μεταξύ του δευτέρου και του τρίτου πρέπει το αέριο μείγμα να θερμανθεί ώστε να λάβει την μορφή πλάσματος (μερικές χιλιάδες βαθμοί Κελσίου). Στη συνέχεια, το πλάσμα πρέπει να θερμανθεί στους 10^8 °C ώστε τα ιόντα να αποκτήσουν την κατάλληλη κινητική ενέργεια για να συντηχθούν. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος θέρμανσης του πλάσματος είναι ο εξής (τρόπος λειτουργίας αντιδραστήρα ΤΟΚΑΜΑΚ):

Ισχυρό μαγνητικό πεδίο περιβάλλει τα τοιχώματα του τοροειδούς θαλάμου, αντιδραστήρα στον οποίο βρίσκεται το πλάσμα. Το μαγνητικό αυτό πεδίο δημιουργεί ρεύμα που διαπερνάει το πλάσμα (μείγμα ιόντων και ηλεκτρονίων) και λόγω της αντίστασης που έχει το πλάσμα θερμαίνεται. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στον πειραματικό σημαντικότερο αντιδραστήρα, τον ITER στην Γαλλία.

Η πυρηνική σύντηξη του δευτέρου και του τρίτου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός πυρήνα ηλίου-4 (αδρανές αέριο) με κινητική ενέργεια 3.5 MeV και ενός νετρονίου με κινητική ενέργεια 14.1 MeV. Το σωματίδιο α ως ιόν παραμένει εντός του πλάσματος και μέσω της συγκρούσεώς τους με τα στοιχεία αυτού μεταφέρουν την κινητική τους ενέργεια, με αποτέλεσμα το πλάσμα να θερμαίνεται (αυτό-θέρμανση). Αντίθετα το νετρόνιο που δεν έχει φορτίο, δεν έλκεται από το πλάσμα, άρα διαφεύγει και προσκρούει σε ένα «δίχτυ» λιθίου, με αποτέλεσμα να το θερμαίνουν και παράλληλα να παραχθεί επιπλέον τρίτιο για το πλάσμα.



Εικόνα 31: Παραγωγή τρίτιου Τ μέσω της σύγκρουσης νετρονίου και λιθίου

Τέλος, γύρω από αυτό το «δίχτυ» υπάρχουν σωλήνες νερού οι οποίοι θερμαίνονται και μέσω της εξά-

τμισης του νερού τους μεταφέρεται η ενέργεια σε τουρμπίνα παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.

Συγκεκριλώνοντας, στόχοι της επιστημονικής κοινότητας είναι η πραγματοποίηση της πυρηνικής σύντηξης προσφέροντας λιγότερη ενέργεια από αυτή που παράγεται και η αυτοσυντήρηση του πλάσματος ώστε να παράγεται ενέργεια ανεξαρτήτως συνθηκών.

Βιβλιογραφία

- Dawson, Chad. "Particle Nature of The Nucleus." SlidePlayer - Upload and Share Your PowerPoint Presentations, [slideplayer.com/slide/13373970/](https://www.slideplayer.com/slide/13373970/). Accessed 11 Mar. 2025.
- «Fusion Conditions.» EUROfusion, 10 Jan. 2023, euro-fusion.org/fusion/fusion-conditions/. Accessed 11 Mar. 2025.
- Mpempes, Christos. "ENQUIRY OF NUCLEAR FUSION AS A FORM OF CLEAN AND ABUNDANT ENERGY." Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Engineering School of Electrical and Computer Engineering, Department of Electrical Energy, Aristotle University of Thessaloniki, Oct. 2022, ikee.lib.auth.gr/record/351626/files/Mpempes%20Christos.pdf. Accessed 11 Mar. 2025.
- "What is a Lithium Blanket and How Does It Work?" EUROfusion, 5 July 2024, euro-fusion.org/faq/what-is-a-lithium-blanket-and-how-does-it-work/. Accessed 11 Mar. 2025.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2023. International Energy Agency, 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Our World in Data. Ritchie, Hannah, and Max Roser. Energy per Person. Our World in Data, 2023. <https://ourworldindata.org/energy>
- U.S. Energy Information Administration (EIA). Frequently Asked Questions – How Much Energy Is in One Barrel of Oil? U.S. EIA, 2023. <https://www.eia.gov>
- International Energy Agency (IEA). Coal Information: Overview. International Energy Agency, 2023. <https://www.iea.org/reports/coal-information-overview>
- ITER Organization. Fusion: Energy of the Future. ITER, 2023. <https://www.iter.org/sci/Fusion>
- Ongena, J., et al. "Magnetic-Confinement Fusion." Nuclear Fusion, vol. 57, no. 10, 2017, IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1741-4326/aa5e1f>

Ανθρώπινη πτήση:

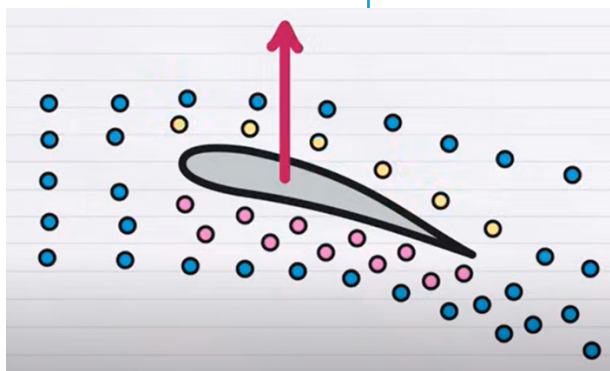
Ένα ανεκπλήρωτο όνειρο

Ιωάννα
Καντιδάκη, Α3

Εξερευνήσαμε κάθε γωνιά του κόσμου και την κατακτήσαμε. Ο άνθρωπος, έχοντας πλέον κατακτήσει τη γη και τη θάλασσα, επιδίωκε και επιδιώκει το τελικό στάδιο, τον ουρανό. Από την αρχαιότητα προσπαθούσε αμέτρητες φορές, απελπισμένα, να πετάξει. Από τον μύθο, όπως εκείνον του Ίκαρου και του Δαίδαλου, μέχρι την πρώτη πτήση των αδελφών Wright (1903) η πτήση φάνταζε ως ένα μακρινό όνειρο.

Φυσικά, στη σημερινή εποχή διαθέτουμε τα αεροπλάνα, τα οποία μάς επιτρέπουν να ταξιδεύουμε από τη μία στην άλλη άκρη του πλανήτη εντός ελάχιστων ωρών. Πολλοί, όμως, δεν αντιλαμβανόμαστε πως χωρίς εκείνα θα εξακολουθούσαμε να είχαμε σοβαρούς περιορισμούς στη μετακίνηση μας, καθώς η ανθρώπινη πτήση αντιτίθεται στους νόμους της φυσικής και της βιολογίας.

Αρχικά, πρέπει να κατανοήσουμε με ποιο ακριβώς τρόπο πετά ένας οργανισμός. Η βασική δύναμη στην οποία οφείλεται η πτήση ονομάζεται άντωση. Είναι μία αεροδυναμική δύναμη που δρα κάθετα στη διεύθυνση του αέρα και αντίθετα από το βάρος του οργανισμού. Μελετώντας τα πουλιά παρατηρούμε πως δεν έχουν επίπεδα φτερά. Αντιθέτως, καμπυλώνουν. Στον αέρα, δημιουργείται μια διαφορά πίεσης και σύμφωνα με την Αρχή του Bernoulli, το πάνω μέρος του φτερού δέχεται μικρότερη πίεση από τη κάτω. Η διαφορά της πίεσης αυτή οφείλεται στην διαφορετική ταχύτητα του αέρα ανάμεσα στο πάνω και στο κάτω μέρος του φτερού. Με αυτόν τον τρόπο,



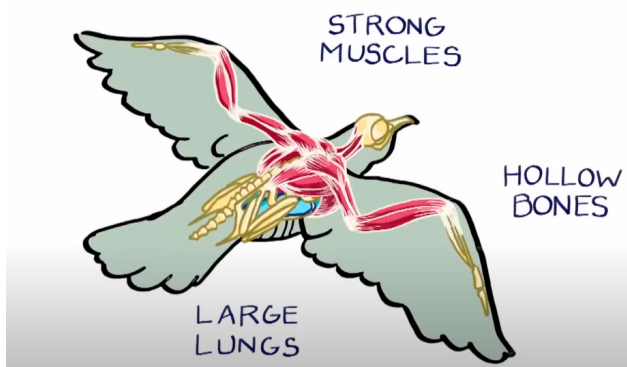
Εικόνα 32: Διαγραμματική αναπαράσταση της ροής του αέρα γύρω από το φτερό ενός πουλιού σε πτήση.

πο, προκαλείται η άντωση. Συγχρόνως, χτυπώντας τα φτερά τους πάνω-κάτω και προς τα πίσω ασκούν δύναμη στον αέρα και λόγω δράσης-αντίδρασης δέχονται τα ίδια ώθηση της οποίας την κατεύθυνση μπορούν να μεταβάλλουν με τα φτερά τους για να κινηθούν ανάλογα.

Εξίσου σημαντικό, όμως, που πρέπει να γνωρίζουμε είναι πως τα πουλιά δεν βασίζονται αποκλειστικά στα φτερά τους για πτήση, αλλά ολόκληρο τους το σώμα είναι σχεδιασμένο για αυτόν σκοπό. Διαθέτουν μεγάλα πνευμόνια, κοίλα κόκκαλα, δυνατούς μυς που στηρίζουν τα φτερά τους κ.α. Μάλιστα κάθε πτηνό έχει συγκεκριμένη αναλογία σωματικού μεγέθους και ανοίγματος φτερών καθώς και ταχύτητας φτερουγίσματος.

Γνωρίζοντας, λοιπόν, όλες τις προϋποθέσεις για την πτήση, κατανοούμε γιατί η πτήση για τον άνθρωπό καθίσταται αδύνατη. Η απάντηση βρίσκεται στη βιολογική μας δομή. Τα οστά των πρώτων ειδών στην ξηρά προσαρμόστηκαν για να αντέξουν τη πίεση εκτός νερού, η οποία ήταν μεγαλύτερη. Τα κόκκαλα μας προσφέρουν υποστήριξη και προστασία, ωστόσο δεν έχουμε περιθώριο για κούφια κοίλα οστά.

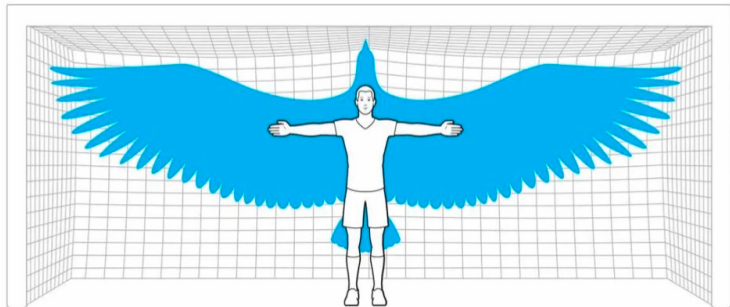
Υπάρχουν θεωρητικά δύο τρόποι με τους οποίους θα μπορούσαμε να πετάξουμε αν είχαμε φτερά:



Εικόνα 33: Διάγραμμα που απεικονίζει βασικά ανατομικά χαρακτηριστικά που βοηθούν την πτήση των πουλιών

Ο πρώτος απαιτεί συχνότητα φτερουγίσματος όμοια με εκείνη που φτερουγίζει το κολίμπρι. Οι φορές που χτυπά τα φτερά του φτάνουν τις 75-200 το δευτερόλεπτο! Αναμφίβολα, αδύνατο να πραγματοποιηθεί από εμάς.

Ο δεύτερος τρόπος -και ίσως πιο ρεαλιστικός- είναι να αυξήσουμε το μέγεθος των υποτιθέμενων φτερών μας ώστε το άνοιγμα τους να ξεπερνά το ύψος μας. Έτσι, θα σπρώχνουμε μεγάλη ποσότητα αέρα με ένα φτερούγισμα, όπως κάνουν τα μεγάλα πτηνά.



Εικόνα 34: Το απαραίτητο μέγεθος φτερών που θα μπορούσε να υποστηρίξει το ανθρώπινο σώμα.

Αυτό πλέον σημαίνει πως μπορούμε να πετάξουμε και πως δεν χρειαζόμαστε πλέον τα αεροπλάνα; Δυστυχώς, η απάντηση δεν είναι τόσο απλή.

Στην πραγματικότητα, το ανθρώπινο σώμα δεν διαθέτει την απαιτούμενη μυϊκή δύναμη για να υλοποιήσει ένα τέτοιο σενάριο. Όπως δε μπορούμε να σηκώσουμε βάρη εκατοντάδων κιλών, έτσι δε μπορούμε να σηκώσουμε τους εαυτούς μας από το έδαφος. Για να είναι αυτό εφικτό, πρέπει να αποτελούμαστε σχεδόν εξολοκλήρου από μυϊκό ιστό, το οποίο δεν θα συμβάδιζε με τη φυσιολογική λειτουργία των υπόλοιπων μελών του σώματος μας.

Γνωρίζοντας την αλήθεια σχετικά με την ανθρώπινη πτήση, μπορεί να μας κατακλύζει μια αίσθηση απογοήτευσης. Είναι, όμως, σημαντικό να μην ξεχνάμε τα υπόλοιπα θαύματα τα οποία έχουμε πραγματοποιήσει. Έξαλλου, εξερευνήσαμε τον βυθό της θάλασσας χωρίς λέπια και κατακτήσαμε τον ουρανό δίχως φτερά. Για αυτό τον λόγο, είναι σημαντική η αφοσίωσή στα όνειρά μας. Μια μέρα ίσως ξεπεράσουμε τα όρια τα οποία θεωρούμε τώρα αδύνατα όπως ξεπεράσαμε τα όρια που οι πρόγονοί μας θεωρούσαν ανυπέρβλητα.

Βιβλιογραφία

- Smith, Nathan D. "BODY MASS and FORAGING ECOLOGY PREDICT EVOLUTIONARY PATTERNS of SKELETAL PNEUMATICITY in the DIVERSE "WATERBIRD" CLADE." *Evolution*, vol. 66, no. 4, 18 Nov. 2011, pp. 1059–1078, <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2011.01494.x>. Accessed 1 Oct. 2020.
- DURMUŞ, Seyhun. "Investigation of Wing Forms through the Mass and Wing Area Chart." *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6 June 2022, <https://doi.org/10.46810/tdfd.1084396>.
- Dvořák, Rudolf. *Aerodynamics of Bird Flight*. 2016.
- "Journey North Hummingbirds." *Journeynorth.org*, 2024, journeynorth.org/tm/humm/facts_characteristics.html.
- Καθημερινή Φυσική. "Πώς πετάνε τα αεροπλάνα"; YouTube, 2 Feb. 2019, www.youtube.com/watch?v=bqAm9-yUBuU. Accessed 28 Feb. 2025.
- thependulumswing. "How Do Birds Fly?" YouTube, 17 Oct. 2012, www.youtube.com/watch?v=3So7OMwNgy8.
- ZoneA. "Can Humans Fly with Wings?" YouTube, 6 Sept. 2017, www.youtube.com/watch?v=229uGnmas2c. Accessed 28 Feb. 2025.
- Allain, Rhett. "Why Can't Humans Fly like Birds?" *Wired*, www.wired.com/2012/01/why-cant-humans-fly-like-birds/.
- Office of the Surgeon General. "The Basics of Bone in Health and Disease." *Nih.gov*, Office of the Surgeon General (US), 2004, www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45504/.
- Baby. "Tetrapod Zoology." *Tetrapod Zoology*, 22 July 2021, tetzoo.com/blog/2021/7/21/baby-pterosaurs-were-excellent-fliers-and-occupied-different-niches-from-their-parents. Accessed 28 Feb. 2025.
- MinuteEarth. "The Best Dragon (according to Science)." YouTube, 4 Nov. 2019, www.youtube.com/watch?v=3n1DC_Q-2Ng.
- "Μορφές και Θέματα της Αρχαίας Ελληνικής Μυθολογίας." *Greek-Language.gr*, 2025, www.greeklanguage.gr/digitalResources/ancient_greek/mythology/lexicon/crete/page_030.html. Accessed 28 Feb. 2025.
- Crouch, Tom. "Wright Brothers - Powered, Sustained Flight | Britannica." *Encyclopædia Britannica*, 2020, www.britannica.com/biography/Wright-brothers/Powered-sustained-flight.

Ήλιος & Άνθρωπος

Ανδρέας
Ράλλης, Γ7

Στην Παλαιά Διαθήκη υπάρχει η εξής ρήση: «ο Θεός δημιούργησε το φως και είπε ότι είναι καλό». Παρ' όλα αυτά, «ο Θεός δεν είπε τίποτα για την υπεριώδη ακτινοβολία» (Albert Montgomery Kligman 1916 – 2010, Αμερικανός δερματολόγος).

Περί ηλιακής ακτινοβολίας

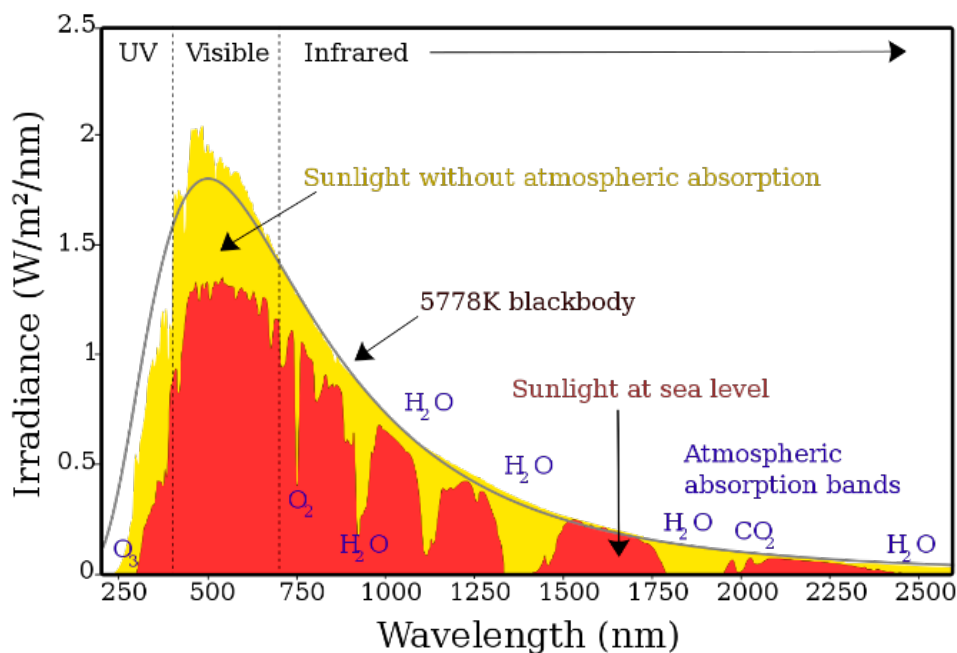
Ο ήλιος λειτουργεί ως μία φυσική πηγή παραγωγής μιας ποικιλίας ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών. Από αυτές, οι ακτινοβολίες που βλάπτουν το δέρμα μας περιλαμβάνουν την υπέρυθρη ακτινοβολία και την υπεριώδη ακτινοβολία (UltraViolet, UV).

Η ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος φτάνει στον άνθρωπο ως άμεση ηλι-

ακή ακτινοβολία, ενώ μπορεί να είναι και ανακλώμενη από το έδαφος και την θάλασσα ή ακόμα μπορεί να αποτελεί και διαχεόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζεται από την ώρα της ημέρας, το γεωγραφικό μήκος, τα σύννεφα, το νερό, το υψόμετρο και την μόλυνση της ατμόσφαιρας.

Ανάμεσα στις ηλιακές ακτινοβολίες που φτάνουν στη Γη, οι υπεριώδεις (UVA, UVB), που δεν είναι ορατές, προ-

Spectrum of Solar Radiation (Earth)



Εικόνα 35: Κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας με βάση το μοντέλο του μέλανος σώματος και απορρόφησή της από διαφορετικά στοιχεία και ενώσεις της ατμόσφαιρας

καλούν τις περισσότερες βλάβες. Αυτή η ακτινοβολία συνδέεται με την εμφάνιση ασθενειών, όπως ο καταρράκτης και ο καρκίνος του δέρματος.

Η UVA (320 - 400nm) διεισδύει σε βάθος που φτάνει κάτω από την επιφάνεια του δέρματος.

Από την άλλη, η UVB (290 - 320nm) καταλήγει σε μικρότερες ποσότητες επειδή απορροφάται ένα σημαντικό ποσοστό της από το όζον. Παρόλα αυτά, η ποσότητα που φτάνει στην επιφάνεια της Γης (αλλά και του δέρματος) είναι αρκετή για να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα.

Η UVC (200 - 290nm) απορροφάται τελείως από το όζον της στρατόσφαιρας και έτσι δεν φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Οι εξωτερικές στιβάδες του δέρματος, λαμβάνουν περίπου 18 φορές πιο πολύ ενέργεια από την UVA παρά από την UVB με την UVA να διαδραματίζει δραστικότερο ρόλο στο μαύρισμα από την UVB.

Το όζον

Το όζον (O_3) είναι ένα αέριο που εντοπίζεται στην ατμόσφαιρα και είναι καταναμεμημένο σε δύο διακριτές στρώσεις. Ειδικότερα, στην τροπόσφαιρα, το «επιβλαβές» όζον λειτουργεί ως ρύπος, συνεισφέροντας στο σχηματισμό φωτοχημικού νέφους και έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό του φωτοχημικού νέφους και ευθύνεται εν μέρη για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στη στρατόσφαιρα, αντιθέτως, το όζον χαρακτηρίζεται ως «ωφέλιμο», καθώς φιλτράρει την πλειοψηφία της UVB και ολόκληρη την UVC ακτινοβολία. Κατά συνέπεια, η στιβάδα του όζοντος στη στρατόσφαιρα λειτουργεί ως ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό «φίλτρο», μειώνοντας σημαντικά την ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου, η οποία, θα έφθανε στην επιφάνεια της Γης.

Οι κυριότερες ουσίες που καταστρέφουν το όζον είναι οι αλογονούχοι υδρογονάνθρακες. Αυτές οι ενώσεις εντοπίζονται στα ψυκτικά υγρά των ψυγείων, στα μέσα πυρόσβεσης, καθώς και σε άλλα χημικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία. Εάν η χρήση αυτών των ουσιών συνεχιστεί, η ζώνη του όζοντος θα έχει καταστραφεί σε πολύ μεγάλο βαθμό μέχρι το έτος 2075.

Βλαπτικές επιδράσεις του ήλιου

Ο ήλιος, πέρα από την ευεργετική του επίδραση στον άνθρωπο, μπορεί να συνοδεύεται και από ολέθριες συνέπειες λόγω της υπέρμετρης έκθεσης σε αυτόν. Ειδικότερα, αποτελεί αιτία καρκίνων του δέρματος, οφθαλμικών βλαβών, πρόωρης γήρανσης του δέρματος, καθώς και καταστολής του ανοσοποιητικού συστήματος. Επιπρόσθετα, μπορεί να οδηγήσει και σε επιδείνωση διαφόρων δερματοπαθειών, όπως είναι ο έρπητας ζωστήρας, η ψωρίαση και ο ερυθηματώδης λύκος, ενώ τέλος μπορεί να προκαλέσει και φωτοαλλεργικές αντιδράσεις.

Στρατηγικές ηλιοπροστασίας

Είναι εμφανές, λοιπόν, ότι ο ήλιος δεν είναι «αθώος», παρά τις απολαύσεις που μπορεί να προσφέρει στην καθημερινότητα του ανθρώπου. Γι' αυτό, κρίνονται απαραίτητα κάποια απλά, αλλά σημαντικά μέτρα που μπορούν να περιορίσουν τις επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι, πρέπει να λαμβάνονται φυσικά μέτρα, τα οποία θα περιλαμβάνουν την αποφυγή απευθείας έκθεσης στον ήλιο, αλλά και τον κατάλληλο ρουχισμό, ενώ τέλος η χρήση αντιηλιακού μπορεί επίσης να αποβεί σωτήρια σε μία «μάχη» με τον ήλιο.

Βιβλιογραφία

- Costanzo, Antonio et al. "Programmed cell death in the skin." *The International journal of developmental biology* vol. 59,1-3 (2015): 73-8. doi:10.1387/ijdb.150050ac
- Lindqvist, P G et al. "Avoidance of sun exposure is a risk factor for all-cause mortality: results from the Melanoma in Southern Sweden cohort." *Journal of internal medicine* vol. 276,1 (2014): 77-86. doi:10.1111/joim.12251
- Nayak, Gowri et al. "Adaptive Thermogenesis in Mice Is Enhanced by Opsin 3-Dependent Adipocyte Light Sensing." *Cell reports* vol. 30,3 (2020): 672-686.e8. doi:10.1016/j.celrep.2019.12.043
- Ou-Yang, Hao et al. "Sun Protection by Beach Umbrella vs Sunscreen With a High Sun Protection Factor: A Randomized Clinical Trial." *JAMA dermatology* vol. 153,3 (2017): 304-308. doi:10.1001/jamadermatol.2016.4922
- "Sun Safety Facts." Centers for Disease Control and Prevention, Centers for Disease Control and Prevention, www.cdc.gov/skin-cancer/sun-safety/index.html. Accessed 13 Mar. 2025.

Πολύτιμοι λίθοι:

Από τα έγκατα της γης σε αντικείμενα της καθημερινότητάς μας

Παρασκευή
Τζεδάκη, Α7

Πολύτιμους λίθους ονομάζουμε ορισμένα ορυκτά με συγκεκριμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Πολλοί από αυτούς παρουσιάζουν, μεταξύ άλλων, εξαιρετική αντοχή και είναι δυσεύρετοι, καθώς είναι προϊόντα της φύσης που σχηματίζονται σε ένα διάστημα εκατομμυρίων ή ακόμα και δισεκατομμυρίων ετών υπό πολύ συγκεκριμένες συνθήκες. Συνεπώς, έχουν μεγάλη αξία και είναι περιζήτητοι.

Οι πολύτιμοι λίθοι σχηματίζονται κάτω από τη γη, με τους περισσότερους από αυτούς να λαμβάνουν μορφή κρυστάλλου, δομές των οποίων τα μόρια ή άτομα έχουν οργανωθεί σε επαναλαμβανόμενα μοτίβα, γνωστά και ως συστήματα κρυστάλλων. Υπάρχουν ορισμένες συνθήκες υπό τις οποίες καθίσταται δυνατός ο σχηματισμός κρυστάλλων, ο οποίος αποτελεί μία πολύπλοκη και πολυδιάστατη διαδικασία.



Εικόνα 36: Μπλε Ζαφείρια σε διαφορετικά σχήματα

Αρχικά, οι πολύτιμοι λίθοι αυτοί, δημιουργούνται, ως επί το πλείστον, στον φλοιό της Γης, αν και λίγοι από αυτούς δημιουργούνται μέσα στον μανδύα της, δηλαδή το παχύρρευστο στρώμα ανάμεσα στον φλοιό και στον γήινο εξωτερικό πυρήνα σε βάθος που ενδέχεται να φτάσει έως και τα 2900 χιλιόμετρα.

Σε περίπτωση που το μάγμα, το τήγ-

μα πετρωμάτων και ενώσεων στο εσωτερικό της γης και βρίσκεται στον μανδύα της γης, μεταφερθεί στον φλοιό, τότε ψύχεται, με αποτέλεσμα να κρυσταλλοποιείται και να δημιουργούνται ορυκτά, γνωστά ως εκρηξιγενή ή μαγματογενή πετρώματα. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα λίθων που προκύπτουν από μαγματογενή πετρώματα είναι ο αμέθυστος.

Μία άλλη κατηγορία πετρωμάτων είναι τα Μεταμορφωσιγενή πετρώματα. Λόγω της εξαιρετικά μεγάλης πίεσης που ασκείται σε ήδη υπάρχοντα πετρώματα (λόγω τους βάρους των υπερκείμενων πετρωμάτων, των κινήσεων των τεκτονικών πλακών και γεωδυναμικών/ηφαιστειακών διεργασιών), σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία, αυτά μετασχηματίζονται, με αποτέλεσμα να υφίστανται αλλαγές στη δομή και στις ιδιότητές τους. Τα ρουμπίνια, τα σμαράγδια και το τερκούάζ ανήκουν επίσης στην κατηγορία αυτή. Επιπρόσθετα, μπορεί πολύτιμα ορυκτά να προκύπτουν και από ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία δημιουργούνται από συσσώρευση υλικών μέσα σε ρευστό υλικό -η διαδικασία αυτή ονομάζεται απόθεση- και τη μετέπειτα συγκόλληση των υλικών που αποτέθηκαν.

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στον σχηματισμό ορυκτών όπως τα διαμάντια, τα οποία σχηματίζονται υπό συνθή-

κες ακραίας πίεσης και θερμοκρασίας με κρυσταλλική μορφή στον μανδύα.

Παρόλο που τα ορυκτά και οι πολύτιμοι λίθοι σχηματίζονται σε μεγάλα βάθη, συχνά ανέρχονται κοντά στην επιφάνεια, καθιστώντας έτσι την εξόρυξη και εκμετάλλευσή τους

εφικτή. Ένας τρόπος είναι μέσω της εξάτμισης νερού σε λίμνες ή θάλασσες, καθώς έτσι «φανερώνονται» κρυσταλλικές δομές και άλατα, τα οποία είναι συχνά πολύτιμα ή ημιπολύτιμα. Επίσης, οι πολύτιμοι λίθοι εισέρχονται στην επιφάνεια της γης λόγω σεισμικής και ηφαιστειακής δραστηριότητας (όπως στην περίπτωση των διαμαντιών) ή εξαιτίας της διάβρωσης του εδάφους.

Οι πολύτιμοι λίθοι, εκτός από πολύπλοκο σχηματισμό, συνοδεύονται και από ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Για παράδειγμα, το διαμάντι, αποτελεί το μοναδικό υλικό που δύναται να χαράξει όλα τα υπόλοιπα, έχοντας τη μέγιστη τιμή στην κλίμακα σκληρότητας Mohs. Συναντάται κυρίως σε διάφανη μορφή, ωστόσο υπάρχει ποικιλία στα χρώματα και στον βαθμό διαφάνειας που μπορεί να έχει. Επιπλέον, το διαμάντι είναι ανθεκτικό, με το σημείο τήξης του να βρίσκεται στους 3.500 βαθμούς Κελσίου και έχει χαμηλή αντιδραστικότητα, προσδίδοντάς του χημική σταθερότητα. Το μεγάλο ποσοστό του σε άνθρακα ευθύνεται για τις ιδιότητες, και κατ' επέκταση, για την πολυτιμότητά του. Όσον αφορά σε άλλα ορυκτά, η ύπαρξη χρωμίου είναι υπεύθυνη για το πράσινο και κόκκινο χρώμα των σμαραγδιών και ρουμπινιών, αντίστοιχα, ενώ το τιτάνιο ευθύνεται για το μπλε χρώμα ορισμένων λίθων.

Χάρη στις μοναδικές τους ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά, οι πολύτιμοι λίθοι πρωταγωνιστούν και σε ποικίλους άλλους τομείς πέρα από την κοσμηματοποιία και την ωρολογοποιία, καθώς η χρησιμότητά τους στην τεχνολογία είναι πλέον μείζονος σημασίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πυρίτιο, που εξάγεται από τον χαλαζία, καθώς αποτελεί το κύριο υλικό που χρησιμοποιείται σε κυκλώματα και λοιπά ηλεκτρονικά συστήματα. Σημαντική κρίνεται η συμβολή του χαλαζία και σε ηλεκτρονικές συσκευές, λόγου χάρη μικρόφωνα και αισθητήρες, εφόσον η ενέργεια που παράγει όταν του ασκείται μηχανική τά-



Εικόνα 37: Σπινέλιος που έχει κοπεί σε κατάλληλο σχήμα

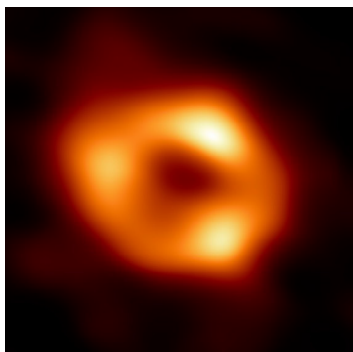
ση ή πίεση είναι αναγκαία για τη λειτουργία των συσκευών αυτών. Παράλληλα, η τιμή του διαμαντιού στην κλίμακα Mohs το καθιστά ιδανικό ως υλικό για το ακόνισμα εργαλείων. Τέλος, τα σμαράγδια διαδραματίζουν καταλυτικό ρόλο στην κατασκευή μηχανών

λείζερ ακριβείας, χάρη στο έντονο πράσινο χρώμα τους.

Εν κατακλείδι, είναι αδιαφιλονίκητη πραγματικότητα ότι οι πολύτιμοι λίθοι αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα θαύματα της φύσης. Η χρησιμότητά και η προσφορά τους κρίνεται ανεκτίμητη, με τη συμμετοχή τους να είναι έκδηλη σε ένα ευρύ φάσμα τομέων.

Βιβλιογραφία

- Lee, Ezmeralda. "What Is A Crystal And How Does It Form?" Sciencing, 28 Apr. 2023, www.sciencing.com/what-crystal-how-does-form-4925052/. Accessed 9 Mar. 2025.
- Clark, Donald, et al. "Gem Formation: How Are Gemstones Created?" International Gem Society, www.gemsociety.org/article/gem-formation/. Accessed 8 Mar. 2025.
- "Ιζηματογενή Πετρώματα." School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, Greece, geonet.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo106y/theory/pet_sedimentary.htm. Accessed 9 Mar. 2025.
- Groat, Lee. "Gem Localities and Formation." Gemological Institute Of America | All About Gemstones - GIA, 2018, www.gia.edu/gems-gemology/fall-2018-speakers-gem-localities-formation. Accessed 10 Mar. 2025.
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. "Gemstone | Definition, History, Types, & Facts." Encyclopedia Britannica, 26 Feb. 2025, www.britannica.com/science/gemstone. Accessed 8 Mar. 2025.
- . "Gemstone Formation: From Earth's Depths to Jewelry » Geology Science." Geology Science, 24 July 2024, geologyscience.com/gemstone-blog/gemstone-formation-from-earths-depths-to-jewelry/#Geological_Processes. Accessed 10 Mar. 2025.
- Zaid, M. A. "Gemstones in Technology: Innovations, Applications & Future Prospects." Zadrang Gems, 5 July 2024, www.zadranggems.com/gemstones-in-technology-innovations-and-applications/. Accessed 10 Mar. 2025.
- Clarke, Gavin, et al. "How Gemstones Are Formed." Gem Select, www.gemselect.com/other-info/gemstone-formation.php. Accessed 10 Mar. 2025.
- «Πολύτιμοι λίθοι | Ιδιότητες, Σχηματισμός» Επιστήμη Γεωλογίας. Accessed 10 Mar. 2025.
- «Πολύτιμοι λίθοι | Ιδιότητες, Σχηματισμός» Επιστήμη Γεωλογίας. Accessed 10 Mar. 2025.



Εικόνα 38: Η πρώτη φωτογραφία
μαύρης τρύπας από το δίκτυο τη-
λεσκοπίων Event Horizon Telescope

Μαύρη Τρύπα: Πύλη στο Άγνωστο

**Μαρία
Ρώτα, Α8**

Είπε κάποτε ο Einstein για την ιδιαίτερη φύση των μαύρων τρυπών: “Black holes are where God divided by zero.” Βαθιά μέσα στο σκοτάδι του διαστήματος, υπάρχουν αυτές οι κοσμικές οντότητες που αψηφούν τη λογική πιθανόν κρύβουν φυσική πέραν της καθιερωμένης. Είναι αόρατες παγίδες βαρύτητας, τόσο ισχυρές από τις οποίες ούτε το φως μπορεί να ξεφύγει, μυστηριώδεις δομές που προκαλούν δέος και περιέργεια στην επιστημονική κοινότητα. Τι, όμως, είναι ακριβώς μια μαύρη τρύπα; Πώς και πότε σχηματίζεται; Έχει μπορέσει ο άνθρωπος να την μελετήσει πλήρως;

Η ιδέα ύπαρξης αντικειμένων με τόσο ισχυρά βαρυτικά πεδία, ώστε ούτε καν το φως να μπορεί να τα διαφύγει, διατυπώθηκε για πρώτη φορά τον 18ο αιώνα από τους John Michell και Pierre-Simon Laplace. Η πρώτη σύγχρονη λύση στη γενική θεωρία της σχετικότητας, που θα μπορούσε να περιγράψει μια μαύρη τρύπα, ανακαλύφθηκε από τον Karl Schwarzschild το 1916. Ωστόσο, την πρώτη ερμηνεία της έκανε ο David Finkelstein το 1958, ενώ ο όρος «μαύρη τρύπα», που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα, το 1967 διαμορφώθηκε από τον Αμερικανό John Willer. Ως μαύρη τρύπα, λοιπόν, επισήμως ορίζεται η περιοχή του χωροχρόνου, στην οποία οι βαρυτικές δυνάμεις είναι τόσο ισχυρές, ώστε η ταχύτητα διαφυγής να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός με αποτέλεσμα τίποτε, ούτε καν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, να μην μπορεί να ξεφύγει από αυτό.

Μία μαύρη τρύπα είναι το σημείο εκείνο του διαστήματος, όπου κάποτε υπήρχε ο πυρήνας ενός γιγάντιου άστρου, ένας πυρήνας 25-30 φορές τη μάζα του ήλιου και ο οποίος, στην τελική φάση της εξέλιξης του άστρου δεν μπόρεσε να αντισταθεί στην βαρύτητα, με αποτέλεσμα το υλικό του να συμπιεστεί περισσότερο ακόμα και από το υλικό ενός αστέρα νετρονίων. Οι μαύρες τρύπες σχηματίζονται όταν ένα τεράστιο αστέρι εξαντλεί το πυρηνικό του καύσιμο και υφίσταται βαρυτική κατάρρευση. Αυτό συμβαίνει διότι το άστρο καταρρέει υπό τη δική του βαρύτητα και ο πυρήνας του γίνεται πολύ πυκνός, σχηματίζοντας τη μοναδικότητα - ένα σημείο άπειρης πυκνότητας όπου καταρρέουν οι γνωστοί φυσικοί νόμοι. Το περιβάλλον όριο, γνωστό ως ορίζοντας γεγονότων, σηματοδοτεί το σημείο πέρα από το οποίο τίποτα δεν ξεφεύγει.

Ανάλογα με την προέλευση και τη

μάζα τους, οι μαύρες τρύπες κατηγοριοποιούνται σε τρεις κύριους τύπους. Οι αστρικές μαύρες τρύπες σχηματίζονται από τα υπολείμματα των εκρήξεων σουπερνόβα, βίαιων εκρήξεων ενός αστέρα, που απελευθερώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας και λάμπουν όσο ένας ολόκληρος γαλαξίας για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Οι αστρικές μαύρες τρύπες έχουν συνήθως μάζα που κυμαίνεται από μερικές έως δεκάδες φορές τη μάζα του Ήλιου. Οι υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες βρίσκονται στα κέντρα των γαλαξιών, μπορεί να έχουν μάζες που κυμαίνονται από εκατομμύρια έως δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από αυτή του Ήλιου, ενώ επικρατούν θεωρίες ότι προκύπτουν συγχωνεύοντας με άλλες μαύρες τρύπες. Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε στις ενδιάμεσες μαύρες τρύπες: είναι μια υποθετική κατηγορία μαύρων τρυπών με μάζες μεταξύ αστρικών και υπερμεγέθων τύπων, που πιθανώς σχηματίστηκαν μέσω επαναλαμβανόμενων συγχωνεύσεων μικρότερων μαύρων τρυπών.

Η καθοριστική ιδιότητα μιας μαύρης τρύπας είναι ο ορίζοντας γεγονότων της και η μοναδικότητα, το σημείο στο κέντρο της μαύρης τρύπας όπου η καμπυλότητα του χωροχρόνου γίνεται άπειρη. Οι μαύρες τρύπες περιγράφονται πλήρως από μόλις τρεις φυσικές ποσότητες: τη μάζα, τη στροφορμή και το ηλεκτρικό φορτίο, σύμφωνα με το Θεώρημα Απουσίας Τριχωμάτων. Οι μαύρες τρύπες δεν είναι ορατές, καθώς η τεράστια βαρυτική τους δύναμη παγιδεύει το φως στο εσωτερικό τους. Ωστόσο, οι επιστήμονες μπορούν να ανιχνεύσουν την ύπαρξή τους μέσω των βαρυτικών επιδράσεων στα αστέρια και τα αέρια του περιβάλλοντός τους. Όταν ένα αστέρι περιστρέφεται γύρω από ένα συγκεκριμένο σημείο στο διάστημα, η παρακολούθηση της κίνησής του μπορεί να αποκαλύψει αν βρίσκεται σε τροχιά γύρω από μια μαύρη τρύπα. Η βαρυτική δύναμη της μαύρης τρύπας μπορεί να είναι τόσο ισχυρή ώστε να αποσπά τα εξωτερικά αέρια ενός άστρου, σχηματίζοντας έναν δίσκο προσάυξης. Αυτός ο δίσκος, καθώς θερμαίνεται από τις τριβές και συμπιέζεται από τις βαρυτικές δυνάμεις, εκπέμπει ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις, την οποία ανιχνεύουν τα τηλεσκόπια όπως της NASA.

Σύμφωνα με τη θεωρία Hawking, η μαύρη τρύπα εξατμίζεται, εφόσον χάνει μάζα μέσω ακτινοβολίας (ακτινοβολία Hawking), οδηγώντας στην αναθεώρηση του ορισμού του κενού χώρου και δημιουργώντας το παράδοξο της πληροφορίας, εφόσον η φυσική θεωρεί ότι η πληροφορία δεν καταστρέφεται. Η ακτινοβολία αυτή, άλλωστε, όπως λέει και η κβαντική φυσική, σχετίζεται με τη συνεχή δημιουργία και καταστροφή σωματιδίων που μπαίνουν και φεύγουν από την μαύρη τρύπα, προκαλώντας την απώλεια μάζας και κατ'επέκταση ενέργειας ($E = mc^2$). Άλλοι συνδέουν την ύπαρξη των μαύρων τρυπών με τις σκουληκότρυπες, την κβαντική βαρύτητα, τα παράλληλα σύμπαντα και τη θεωρία των χορδών. Είναι, επομένως, εύληπτο, ότι η πτυχή αυτή του σύμπαντος δεν έχει ακόμα εξερευνηθεί πλήρως. Από τις πρώτες θεωρητικές προβλέψεις μέχρι τις σύγχρονες παρατηρήσεις, έχει αποδειχθεί ότι αποτελούν ένα θεμελιώδες στοιχείο της κοσμικής εξέλιξης. Παρόλο που η γενική σχετικότητα του Αϊνστάιν περιγράφει με ακρίβεια τη βαρυτική τους συμπεριφορά, η πλήρης φύση τους εξακολουθεί να κρύβει μυστικά που δεν έχουν ακόμη ανακαλυφθεί.

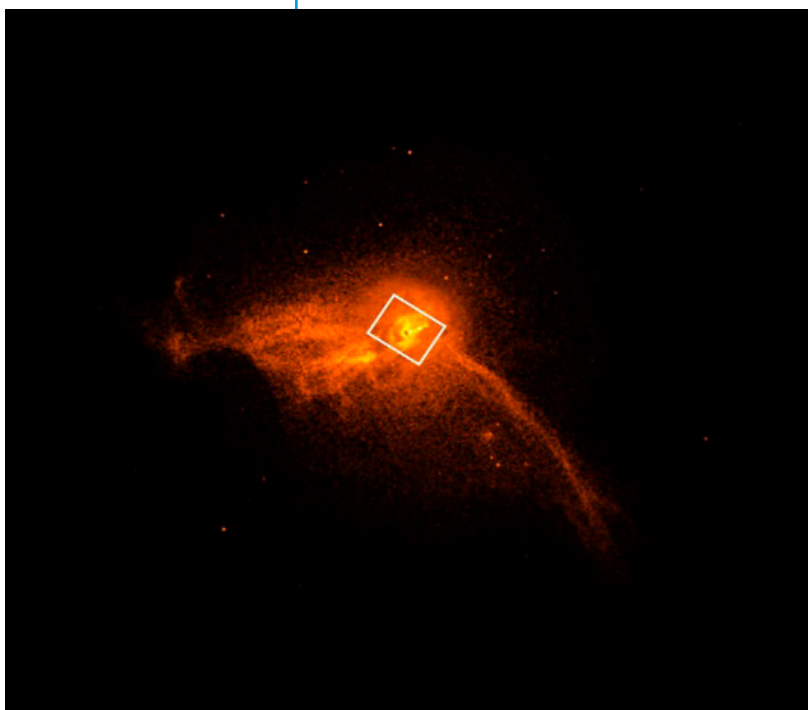
Βιβλιογραφία

- «Μαύρες Τρύπες I.» Ίδρυμα Ευγενίδου, <https://www.eef.edu.gr/el/artha/mayres-trypes-i/>. «Μαύρες τρύπες: Ποια μυστικά κρύβουν;» Ecozen, 15 Μαΐου 2023, <https://ecozen.gr/2023/05/mavres-trypes-poi-a-mystika-kryvoun/>.
- «Μαύρη τρύπα: Μύθοι και αλήθειες.» Ecozen, 14 Απριλίου 2019, <https://ecozen.gr/2019/04/mayri-trypa-mythoi-kai-alitheies/>.
- «Μαύρες τρύπες, πώς και γιατί.» Physics4u, <https://physics4u.gr/articles/blackholes.html>.
- «Μαύρες τρύπες.» Αριστοτέλειο Αστρονομία, aristoteleioastronomia.weebly.com/mualpha973_rhoepsilonsigmaftaurho973piepsilonsigmaf.html.
- «Όσα πρέπει να ξέρουμε για τις μαύρες τρύπες.» ScienceLab. Gr, 14 Απριλίου 2019, <https://www.sciencelab.gr/2019/04/14/blackhole/>.
- Σιμόπουλος, Διονύσης. «Ο Δ. Σιμόπουλος εξηγεί: Τι είναι οι μαύρες τρύπες;» Alfavita, 7 Αυγούστου 2017, https://www.alfavita.gr/epistimi/230954_o-dsimopoylos-exigei-ti-einai-oi-mayres-trypes.
- «Τι είναι ακριβώς μια μαύρη τρύπα;» Greelane.com, <https://www.greelane.com/el/epistimi-technologia-mathematika-epistimi/what-is-a-black-hole-2698850/>.

Μαύρες τρύπες και επιστημονική φαντασία

Πολυξένη
Τσιπλακίδη, Β7

Οι περισσότεροι θα σας έλεγαν ότι το ταξίδι στον χρόνο παραμένει αδύνατο, μα στην πραγματικότητα, έχουν άδικο γιατί αυτή τη στιγμή που διαβάζετε, τα δευτερόλεπτα περνούν και εσείς ταξιδεύετε στον χρόνο. Βέβαια, η φράση “ταξίδι στον χρόνο” συνήθως μας παραπέμπει σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας, που συχνά συνοδεύονται από περιγραφές όπως “μαύρες τρύπες”, “παράλληλα σύμπαντα” και “σκουληκότρυπες”. Η διατύπωση της Θεωρίας της Σχετικότητας από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν με την ερμηνεία της βαρύτητας όχι ως δύναμη αλλά ως καμπύλωση του χωροχρόνου ήρθε με εκκωφαντικό τρόπο να επιβεβαιώσει την ύπαρξη αλήθειας πέρα από την φαντασία.

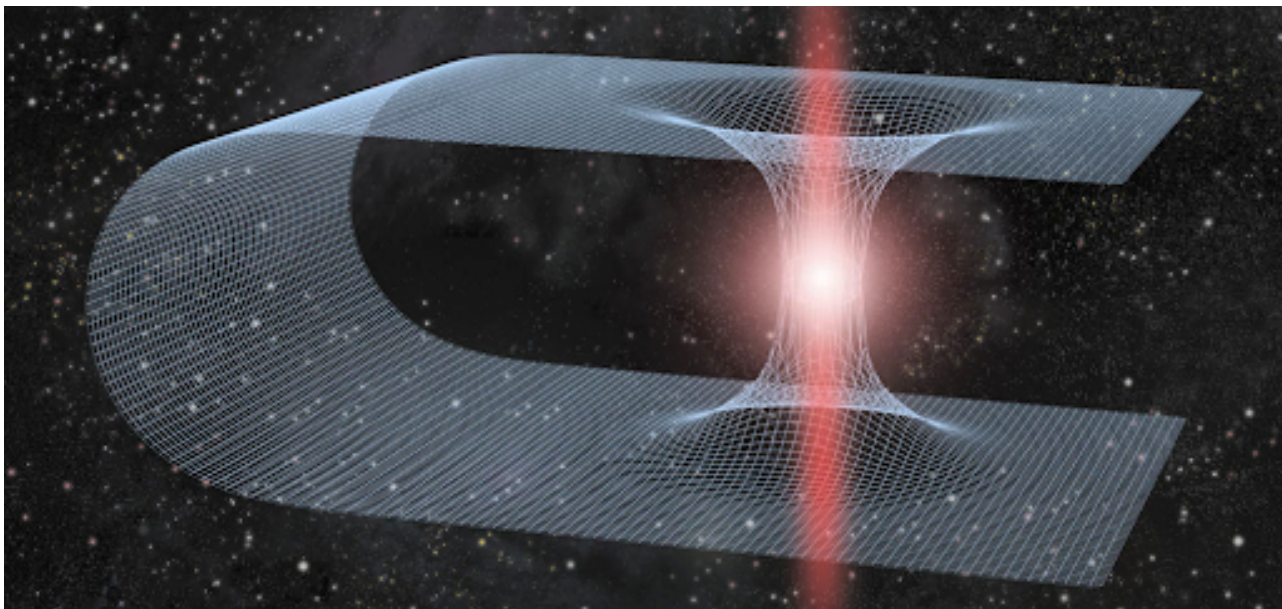


Εικόνα 39: Chandra
X-ray Observatory
φωτογραφία του πυρήνα
του γαλαξία M87

Ως συνέπεια τη θεωρίας αυτής και των μαθηματικών εξισώσεων που την υποστηρίζουν δόθηκε στους επιστήμονες η δυνατότητα να ερμηνεύσουν τις μαύρες τρύπες, οι οποίες μετά από σειρά έμμεσων καταγραφών παρατηρήθηκαν άμεσα 2019, όπου και καταγράφηκε η πρώτη φωτογραφία από το σύμπλεγμα τηλεσκοπίων Event Horizon Telescope.

Στις μέρες μας γνωρίζουμε ότι είναι αδύνατο να φωτογραφίσουμε μία μαύρη τρύπα καθώς πρόκειται για περιοχές του χωροχρόνου με τόσο έντονη βαρυτική έλξη που τίποτα, ούτε καν το φως, δεν μπορεί να διαφύγει από αυτές και ως εκ τούτου οι φωτογραφίες μαύρων τρυπών αποτυπώνουν τη σκιά του ορίζοντα γεγονότων και τον δίσκο προσαύξησης της μαύρης τρύπας – δηλαδή την ύλη που περιφέρεται γύρω από την μαύρη τρύπα σε εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες και η οποία λόγω των βαρυτικών δυνάμεων και των δυνάμεων τριβής εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Σύμφωνα με τη Θεωρία της Σχετικότητας, η ενέργεια και η ορμή της ύλης καμπυλώνει τον χωροχρόνο, δημιουργώντας μια βαρυτική επίδραση σε αυτόν. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, τόσο ισχυρότερη η καμπύλωση. Με απλά λόγια θα λέγαμε ότι οι μαύρες τρύπες σχηματίζονται όταν μια τεράστια ποσότητα μάζας συμπυκνώνεται σε έναν πολύ μικρό χώρο, δημιουργώντας μια πολύ ισχυρή βαρυτική έλξη. Έτσι μπορούμε να ορίσουμε την μαύρη τρύπα ως την περιοχή του χωροχρόνου στην οποία η ταχύτητα διαφυγής ενός σώματος είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός. Συνεπώς, ούτε



Εικόνα 40: Καλλιτεχνική απεικόνιση μιας σκουληκότρυπας: ένα τούνελ στο χωροχρόνο που ενώνει διαφορετικά σημεία του Σύμπαντος

το φως μπορεί να διαφύγει από μία μαύρη τρύπα. Για παράδειγμα, αν η Γη είχε ακτίνα 0,9 εκατοστών, στο μέγεθος ενός κουκουτσιού από κεράσι, θα αυξάνονταν τόσο πολύ πυκνότητά της και λόγω αυτής και η βαρύτητά της. Με αυτόν τον τρόπο, οτιδήποτε διερχόταν στο βαρυτικό πεδίο της θα έφτανε στο αποκαλούμενο “ορίζοντα γεγονότων”, το όριο πέρα από το οποίο τίποτα δεν μπορεί να διαφύγει από μια μαύρη τρύπα (δηλαδή η απόσταση από το κέντρο της μαύρης τρύπας όπου η ταχύτητα διαφυγής ισούται με την ταχύτητα του φωτός). ούτε η αποφυγή διαγωνίσματος στη φυσική! Μόλις λοιπόν κάτι περάσει αυτό το όριο, είναι δεδομένο ότι θα βρεθεί στο κέντρο της μαύρης τρύπας, το οποίο ονομάζεται *μοναδικότητα* – ένα σημείο άπειρης πυκνότητας όπου όλοι οι γνωστοί νόμοι της φυσικής καταρρέουν.

Βάση της Θεωρίας της Σχετικότητας, η ύπαρξη μιας μεγάλης μάζας έχει ως αποτέλεσμα την διαστολή του χρόνου. Το αποτέλεσμα είναι, ότι όσο πλησιάζει κανείς μια μαύρη τρύπα, ο χρόνος για αυτόν επιβραδύνεται σε σχέση με έναν εξωτερικό παρατηρητή, με αποκορύφωμα τον ορίζοντα γεγονότων, ο χρόνος ουσιαστικά να σταματά!

Μία από τις πιο συναρπαστικές θεωρητικές προεκτάσεις των μαύρων τρυπών (αν και καθαρά υποθετική και χωρίς προς το παρόν να υπάρχουν παρατηρήσεις ή πειραματικά δεδομένα που να την επιβεβαιώνουν), είναι η πιθανότητα χρήσης τους ως «εργαλεία» για ταξίδια στον χωροχρόνο. Αυτή η προ-

σέγγιση βασίζεται στην ύπαρξη των σκουληκότρυπων, που είναι υποθετικές δομές συνδεδεμένες με τις μαύρες τρύπες. Μια σκουληκότρυπα, αν υπήρχε και ήταν σταθερή, θα μπορούσε να συνδέει δύο απομακρυσμένα σημεία του Σύμπαντος – ή ακόμα και διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Οι μαύρες τρύπες δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως κάτι βγαλμένο από την φαντασία αλλά ως πιθανά «εργαλεία» για την εξερεύνηση του χωροχρόνου. Αν και η πραγματοποίηση ταξιδιών μέσω αυτών παραμένει καθαρά θεωρητική προς το παρόν, οι μελλοντικές εξελίξεις στη φυσική – και ίσως μια πιο ολοκληρωμένη θεωρία της βαρύτητας που θα ενώνει τη Θεωρία της Σχετικότητας με την Κβαντομηχανική – μπορεί να ανοίξουν νέες δυνατότητες. Μέχρι τότε, οι μαύρες τρύπες συνεχίζουν να αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα μυστήρια του Σύμπαντος.

Βιβλιογραφία

Ζουλέκου, Γιουτζίν. “Τι είναι μια σκουληκότρυπα; – 2’ Science.” 2science.gr, 2021, 2science.gr/questions/wormhole/. Πρόσβαση 10 Μαρ. 2025

Κωνσταντίνος Γκαλίτσιος. “Η πρώτη φωτογραφία μιας μαύρης τρύπας!” Photocontest.gr, 2019, www.photocontest.gr/articles/i-proti-fotografia-mias-mayris-trypas. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.

Δεληβοριάς, Αλέξης. “Μαύρες Τρύπες I.” www.eef.edu.gr, Ίδρυμα Ευγενίδου www.eef.edu.gr/el/arhtra/mayres-trypes-i/. Πρόσβαση 10 Μαρ. 2025



Εικόνα 41: Το εσωτερικό των πυροτεχνημάτων

Τέχνη ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ και της Πυρίτιδας

Βασίλης Κουλουμπής
– Φοίβη Αρκαδοπούλου,
Α1

Είναι γεγονός πως σήμερα τα πυροτεχνήματα αποτελούν παράδοση και διεθνές σύμβολο εορτασμού, καθώς χρησιμοποιούνται σε πολλές γιορτές και εκδηλώσεις ανά τον κόσμο. Είναι σημαντικό να θυμόμαστε όμως πως αυτές οι μαγευτικές λάμπσεις με τα μοναδικά σχήματα και χρώματα δεν είναι τυχαίο αποτέλεσμα, αλλά οφείλονται σε ένα πανέξυπνο και καλά μελετημένο ανθρώπινο μηχανισμό με μεγάλη ιστορία. Σε αυτό το άρθρο θα δούμε πώς και από που ξεκίνησαν τα πυροτεχνήματα, τον μηχανισμό χάρη στον οποίο εκτοξεύονται και αποκτούν την ώθησή τους και πώς δημιουργούνται τα διαφορετικά τους χρώματα και σχήματα.

Πολλοί θεωρούν ότι τα πυροτεχνήματα αποτελούν κατασκεύασμα του σύγχρονου ανθρώπου, η αλήθεια είναι όμως ότι όλα άρχισαν τον 2ο αιώνα π.Χ., με τις περισσότερες πληροφορίες να αναφέρονται στην αρχαία Λιουγιάνγκ της Κίνας. Συγκεκριμένα, οι κινέζοι χρησιμοποιούσαν μια κατασκευή από μπαμπού για να προφυλάσσονται από τα άγρια ζώα, βάζοντας του φωτιά και προκαλώντας έναν δυνατό θόρυβο, σαν κρότο, λόγο του εγκλωβισμένου αέρα που υπήρχε μέσα στο μπαμπού. Μερικούς αιώνες αργότερα (το 600 με 900 μ.Χ), ένας κινέζος Κινέζος αλχημιστής δημιούργησε την πρώτη μορφή πυρίτιδας, όταν τυχαία ανέμειξε κάλιο, θείο και άνθρακα. Στα χρόνια της Αναγέννησης ο μηχανισμός αυτός έφτασε στην Ευρώπη, όπου και εξελίχθηκε και έφτασε περίπου την σημερινή μορφή πυροτεχνήματος που ξέρουμε.

Στις μέρες μας τα πυροτεχνήματα έχουν αλλάξει δραστικά καθώς κατάφε-

ραν οι επιστήμονες να τελειοποιήσουν τον μηχανισμό τους. Στην σημερινή εποχή η πυρίτιδα για τα πυροτεχνήματα δημιουργείται με την χρήση νιτρικού καλίου, ξυλάνθρακα και θείου σε ποσότητες 15:3:2, η ανάμειξη των οποίων δημιουργεί το μείγμα $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C}$. Στα πυροτεχνήματα η πυρίτιδα χρησιμοποιείται και για να εκτοξεύσει το σώμα στον αέρα, αλλά υπάρχει και μια δεύτερη, συνήθως μικρότερη ποσότητα για να εκτοξεύσει πυροτεχνικά αστέρια. Αυτά περιέχουν συγκεκριμένες χημικές ουσίες που παράγουν μεγάλη θερμότητα και φως, το οποίο αλλάζει χρώμα ανάλογα με τα συστατικά που χρησιμοποιούνται.

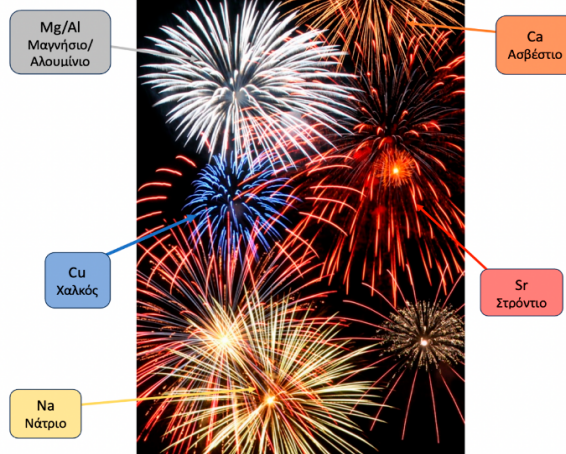
Το χρώμα των πυροτεχνημάτων είναι αποτέλεσμα χημικών στοιχείων, συγκεκριμένα άλατα μετάλλων, που υπάρχουν εντός των αστερίων και των οποίων τους δίνεται ενέργεια κατά την καύση. Αυτό που γίνεται είναι πως μερικά από τα ηλεκτρόνια εντός του ατόμου του στοιχείου

ου απομακρύνονται από τον πυρήνα, αλλάζοντας στοιβάδα, όμως γρήγορα ξαναγυρνάνε στην αρχική τους θέση, απελευθερώνοντας την ενέργεια αυτή σε μορφή φωτονίων. Το χρώμα τους εξαρτάται με το μήκος κύματος των εκπεμπομένων φωτονίων, που με τη σειρά του εξαρτάται από την διαφορά των ενεργειών μεταξύ της στοιβάδας από την οποία αποδιεγείρεται και της στοιβάδας στην οποία καταλήγει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια χημική ένωση που με την καύση της να παράγει μπλε χρώμα να χρειάζεται περισσότερη ενέργεια από μια ένωση που παράγει κόκκινο, εφόσον το μήκος κύματος του μπλε είναι περίπου 450 nm και του κόκκινου 700 nm.

Για να εκτοξευθεί το πυροτέχνημα πρέπει να του ασκηθεί επαρκής δύναμη ικανή να το ανυψώσει σε ύψος περίπου 100 με 200 m. Τέτοιου είδους πυροτεχνήματα έχουν μάζα περίπου 150 g και η πυρίτιδα έχει μάζα 20 g, με 10 g από αυτά να ευθύνονται για την άνοδο του πυροτεχνήματος. Με αυτές τις πληροφορίες μπορούμε να υπολογίσουμε τη δύναμη (ώση-Thrust) που ασκείται στο σώμα μέσω του τύπου $F = \Delta m / \Delta t \cdot u_e$, όπου $\Delta m / \Delta t$ είναι ο ρυθμός ροής της μάζας των καυσαερίων από την καύση της πυρίτιδας και u_e είναι η ταχύτητα εξόδου των καυσαερίων.

Η ταχύτητα εξόδου των καυσαερίων u_e μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της ειδικής ώθησης της πυρίτιδας (I_{sp}) και της σχέσης $v_e = I_{sp} \cdot g$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της I_{sp} κυμαίνεται μεταξύ 80 και 100 s μια μέση εκτίμηση στην ταχύτητα που απελευθερώνονται τα καυσαέρια είναι 880 m/s. Θεωρώντας ότι 10 g πυρίτιδας καίγονται σε 0.1s, ο ρυθμός ροής μάζας υπολογίζεται σε 0.1 Kg/s και η μέση δύναμη (ώση Thrust) σε $F = 90N$. Χρησιμοποιώντας αυτή τη δύναμη και τη συνολική μάζα του πυροτεχνήματος (150g), η αρχική επιτάχυνση μπορεί να βρεθεί από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα είναι περίπου $600m/s^2$.

Το τελευταίο στάδιο του πυροτεχνήματος είναι η εκτόξευση των αστεριών. Ο χρόνος που παίρνει για το πυροτέχνημα να φτάσει στο υψηλότερο σημείο



Εικόνα 42: Διαφορετικά μεταλλικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν τα διάφορα χρώματα στα πυροτεχνήματα

του θα πρέπει να έχει μετρηθεί από πριν και να του έχει τοποθετηθεί εσωτερικά ένα φυτίλι. Αυτό καθυστερεί αρκετά την καύση του δεύτερου κομματιού με πυρίτιδα, πυροδοτώντας και εκτοξεύοντας τα αστερία προς όλες τις κατευθύνσεις ακριβώς την στιγμή που βρίσκεται στο μέγιστο ύψος. Η κατεύθυνσή τους μπορεί να αλλάξει ανάλογα με το σημείο που έχουν τοποθετηθεί εντός του πυροτεχνήματος,

το οποίο καθορίζει και το σχήμα που θα δημιουργηθεί στον ουρανό.

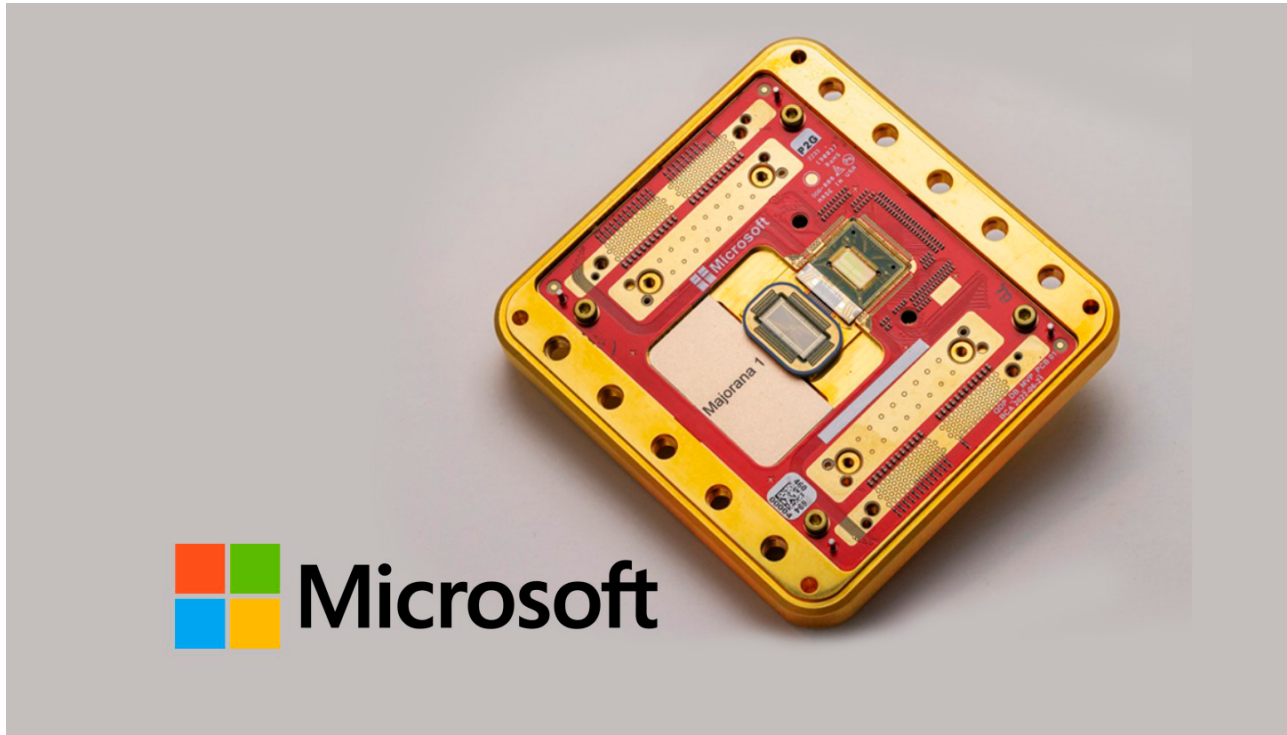
Συμπερασματικά, καταλαβαίνουμε πως τα πυροτεχνήματα δεν αποτελούν απλή υπόθεση και πως είναι όλα μελετημένα και με λεπτομέρεια καθορισμένα από την κατασκευή του. Όσο περίπλοκο και να φαίνεται δεν είναι παρά βασικές αρχές της φυσικής και της χημείας εφαρμοσμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνουν αυτό το μαγικό αποτέλεσμα

Βιβλιογραφία

- Brunning, Andy. "Compound Interest: The Chemistry of Gunpowder." Compound Interest, 3 May 2015, www.compoundchem.com/2014/07/02/the-chemistry-of-gunpowder/. Accessed 9 Mar. 2025.
- Helmenstine, Anne. "How Do Fireworks Get Their Colors? Firework Colors Chemistry." Science Notes and Projects, 4 Jan. 2023, sciencenotes.org/firework-colors-chemistry/. Accessed 11 Mar. 2025.
- Hernandez, Joe. "The Explosive History of Fireworks, from Ancient China to Revolutionary America." NPR, 4 July 2024, www.npr.org/2024/07/04/nx-s1-5027826/fireworks-history-ancient-china-revolutionary-america. Accessed 9 Mar. 2025.
- "Ideal Rocket Equation." Glenn Research Center | NASA, 21 Nov. 2023, www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/ideal-rocket-equation/. Accessed 9 Mar. 2025.
- Munroe, Chas. "Chemical Theory of the Combustion of Gunpowder." U.S. Naval Institute, U.S. Naval Institute, www.usni.org/magazines/proceedings/1879/december/chemical-theory-combustion-gunpowder. Accessed 9 Mar. 2025.
- Theodoropoulou, Dwra. «Η Ιστορία και η Τεχνολογία των Πυροτεχνημάτων.» Pyrotechnimata Guru, 2 Oct. 2024, pyrotechnimata.guru/istoria-kai-texnologia-ton-pyrotechnimaton/. Accessed 9 Mar. 2025.
- "Thrust Equations Summary." Glenn Research Center | NASA, 26 Apr. 2024, www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/thrust-equations-summary/. Accessed 9 Mar. 2025.

Majorana 1:

Επανάσταση στους κβαντικούς υπολογιστές



Εικόνα 43: Ο Υπολογιστής Majorana 1

Παναγιώτης
Τσαβδαρίδης, Β7

Οι μεγαλύτεροι τεχνολογικοί γίγαντες όπως η IBM, η Google και η Microsoft επιχειρούν εδώ και δεκαετίες να κατασκευάσουν τον πρώτο πλήρως λειτουργικό κβαντικό υπολογιστή. Οι προσπάθειες των εταιριών αυτών οδήγησαν σε ορισμένες κεφαλαιώδους σημασίας ανακαλύψεις στον τομέα της κβαντικής πληροφορικής. Η IBM κατασκεύασε τον πρώτο κβαντικό επεξεργαστή με 156 qubits* (δομική μονάδα κβαντικών υπολογιστών), η Google παρουσίασε το Willow, έναν υπερσύγχρονο κβαντικό επεξεργαστή που έχει την ικανότητα να διορθώνει εκθετικά τα σφάλματα και να επεξεργάζεται ορισμένους υπολογισμούς ταχύτερα από τους πιο ισχυρούς υπερυπολογιστές και τώρα, η Microsoft παίρνει τα πρωτεία στη κβαντική πληροφορική με το άρθρο που δημοσίευσε στις 19 Φεβρουαρίου του 2025 για το Majorana 1, έναν κβαντικό επεξεργαστή που υπόσχεται να αλλάξει άρδην τον σύγχρονο κόσμο.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να κατασκευαστεί ένας κβαντικός επεξεργαστής. Οι επιστήμονες στην Microsoft αξιοποιούν αρχές της Τοπολογίας, προκειμένου να κατασκευάσουν τοπολογικούς υπεραγωγούς

(topological superconductors), ανθεκτικούς στις παρεμβολές των διαφόρων ηλεκτρομαγνητικών και ηχητικών κυμάτων. Με αυτό το τρόπο χτίστηκε το Majorana 1.

Πως, όμως, συνδέεται η Τοπολογία με τον συγκεκριμένο επεξεργαστή;

Η Τοπολογία είναι κλάδος των Μαθηματικών και εξετάζει ποιες ιδιότητες ενός αντικειμένου παραμένουν αμετάβλητες αν μεταβάλλουμε το σχήμα του εν λόγω αντικειμένου. Ας πάρουμε μία κούπα και ένα ντόνατ για παράδειγμα. Μία κοινή τοπολογική ιδιότητα των δύο αυτών πραγμάτων είναι το γεγονός ότι έχουν μία τρύπα, και μπορούμε να μετασχηματίσουμε το ένα στο άλλο (π.χ. από την κούπα στο ντόνατ) αρκεί να μην το σπάσουμε ή να φτιάξουμε άλλη μία τρύπα στο σχήμα.



Εικόνα 44: Μία κούπα και ένα ντόνατ

Επομένως, αν και από γεωμετρική άποψη είναι δύο διαφορετικά πράγματα, τοπολογικά είναι ταυτόσημα. Ας πάρουμε το ντόνατ της εικόνας για άλλη μία φορά.

Το ντόνατ έχει φυσικές και τοπολογικές ιδιότητες. Αν το συμπιέσουμε, γίνεται πιο λεπτό και πλατύ. Επιπλέον, αν το μετακινήσουμε αλλάζει η τοποθεσία του. Εν ολίγοις, μεταβάλλονται οι φυσικές του ιδιότητες. Παρόλα αυτά, παραμένει τοπολογικά αμετάβλητο, δηλαδή εξακολουθεί να έχει μία τρύπα.

Με παρόμοιο τρόπο, οι επιστήμονες στη Microsoft εκμεταλλεύονται μόνο τις τοπολογικές ιδιότητες ορισμένων σωματιδίων για να κατασκευάσουν αποτελεσματικούς κβαντικούς υπολογιστές.

Για να επιτευχθεί, ωστόσο, ένα τόσο φιλόδο-

ξο εγχείρημα, η Microsoft χρειάστηκε να εφεύρει ένα καινούριο σωματίδιο, βασισμένο στο φερμιόνιο Majorana. Το φερμιόνιο Majorana διατυπώθηκε θεωρητικά για πρώτη φορά το 1937 από τον Ιταλό φυσικό Ettore Majorana, του οποίου φέρει και το όνομα. Η

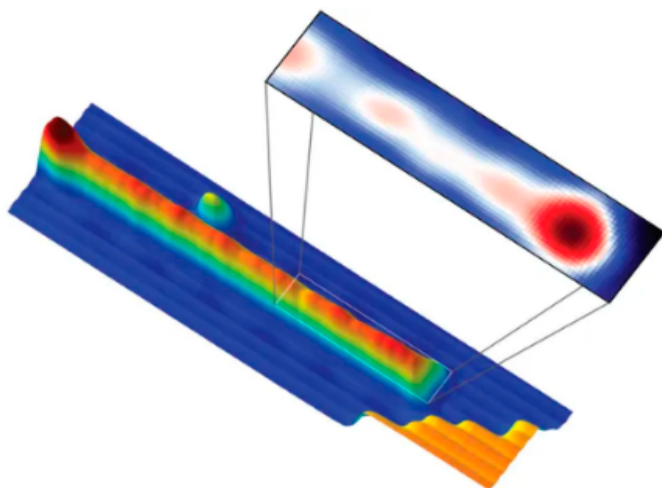


Εικόνα 45: Ettore Majorana

ιδιαιτερότητα του σωματιδίου αυτού είναι το γεγονός ότι ταυτίζεται με το αντισωματίδιό του, δηλαδή αν φέρουμε δύο φερμιόνια Majorana σε μικρή απόσταση, εξαυλώνονται σε μία λάμψη φωτός (με άλλα λόγια εξαφανίζονται), με αποτέλεσμα την έκλυση (απελευθέρωση) τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας.

Στη πραγματικότητα, τα Majorana είναι οιονεί σωματίδια (quasi particles), δηλαδή “εν δυνάμει” σωματίδια. Στο κράμα αρσενιδίου-ινδίου και αλουμινίου (υλικό κατασκευής υπεραγωγών), ενισχυμένου με μαγνητικά πεδία και σε χαμηλή θερμοκρασία (-272°C), τα ηλεκτρόνια των ατόμων συμπεριφέρονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να δημιουργείται η ψευδαίσθηση της ύπαρξης του σωματιδίου Majorana, το οποίο εξαρτάται – ή αναδύεται – από τις συλλογικές ιδιότητες των ατόμων και των δυνάμεων που αναπτύσσονται μέσα στο υπεραγώγιμο υλικό. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σωματίδιο αυτό υφίσταται μόνο τοπολογικά. Άρα, αφενός μεν είναι ανθεκτικό στα διάφορα ηλεκτρομαγνητικά και ηχητικά κύματα, αφετέρου δε αποτελεί το ιδανικό σωματίδιο για την κατασκευή κβαντικού υπολογιστή.

Το Majorana 1 θα προσπορίσει απίστευτα οφέλη στην εξέλιξη της Επιστήμης συνολικά και θα δώσει λύση σε προβλήματα που διαφορετικά παραμένουν άλυτα. Ο επεξεργαστής αυτός ανοίγει νέους ορίζοντες στη κβαντομηχανική, που μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη ακριβών προσομοιώσεων της φύσης, από χημικές αντιδράσεις μέχρι μοριακές αλληλεπιδράσεις. Οι δυνατότητες είναι απεριόριστες. Η ίδια η Microsoft υπόσχεται, ότι το Majorana 1 μπορεί να



Εικόνα 46: Yasdany Lab, Princeton University

ανοίξει νέους δρόμους στη δημιουργία βιοδιασπώμενων πλαστικών, στην ανακάλυψη επαναστατικών θεραπειών και φαρμάκων με ταχύτατους ρυθμούς, καθώς και στην κατασκευή αποδοτικών πυρηνικών αντιδραστήρων που εκμεταλλεύονται τη πυρηνική σύντηξη για τη παραγωγή απεριόριστης ανανεώσιμης ενέργειας, εξασφαλίζοντας έτσι ένα ασφαλές μέλλον για τον άνθρωπο.

Ωστόσο, ο επεξεργαστής βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο πειραματικό στάδιο για να πραγματοποιήσει τις παραπάνω υποσχέσεις. Αν και έχει χωρητικότητα 1.000.000 qubits, περιέχει μέχρι στιγμής μόνο 8. Σίγουρα, εμείς η νέα γενιά θα δούμε την επίτευξη των προαναφερθέντων κατορθωμάτων, άλλα μέχρι τότε πρέπει να διασφαλίσουμε τη βιωσιμότητα του πλανήτη μας.

Βιβλιογραφία

Ελπίδης, Χρήστος. "Κβαντικοί υπολογιστές: Οι βασικές έννοιες που θέλετε να γνωρίσετε". Technology, Techgear, 11 Δεκ. 2024, www.techgear.gr/kvantikoi-ypologistes-oi-vasikes-ennoies-poy-thelete-na-ghorizete-video-40556. Πρόσβαση 25 Φεβ. 2025.

"Παρατηρήθηκε το σωματίδιο του Ettore Majorana". Στοιχειώδη Σωματίδια, physicsgg, 4 Οκτ. 2014, physicsgg.me/2014/10/04-ettore-majorana/. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.

Bolgar, Catherine. "Microsoft's Majorana 1 chip carves new path for quantum computing". Microsoft, Microsoft, 19 Φεβ. 2025, news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/. Πρόσβαση 25 Φεβ. 2025.

1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/. Πρόσβαση 25 Φεβ. 2025.

"Microsoft's Majorana 1: A Quantum Leap". Youtube, uploaded by Interesting Engineering, 20 Φεβ. 2025, www.youtube.com/watch?v=Y_uVpT2M_UM. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.

"Microsoft's new chip looks like science fiction...". Youtube, uploaded by Fireship, 21 Φεβ. 2025, www.youtube.com/watch?v=jwnez8HdN7E. Πρόσβαση 24 Φεβ. 2025.

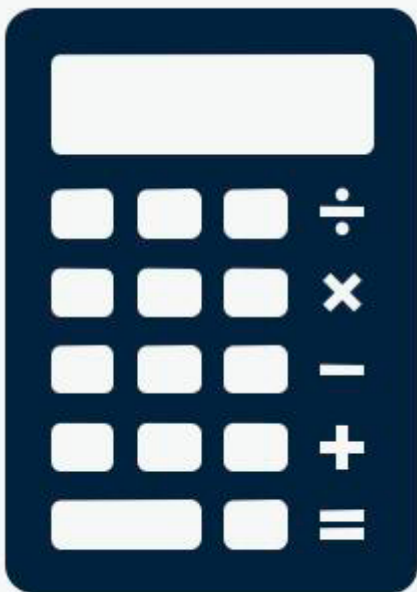
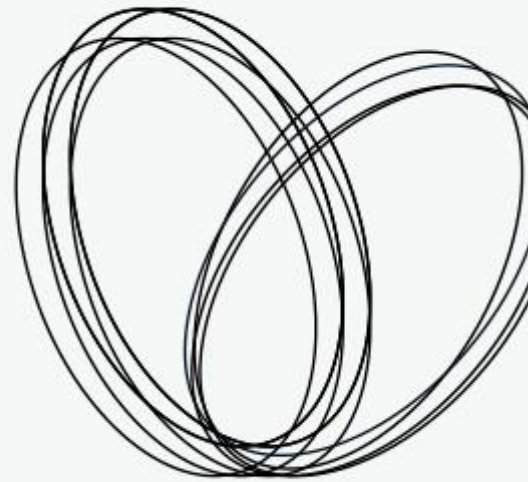
"Microsoft's Topological Quantum Computer Explained". Youtube, uploaded by Domain of Science, 13 May. 2024, www.youtube.com/watch?v=ihZXI33t8So. Πρόσβαση 26 Φεβ. 2025.

Schutz, Steven. "Capping decades of searching, Princeton scientists observe elusive particle that is its own antiparticle". Princeton University, Princeton University, 2 Οκτ. 2014, www.princeton.edu/news/2014/10/02/capping-decades-searching-princeton-scientists-observe-elusive-particle-its-own?section=topstories. Πρόσβαση 9 Μαρ. 2025.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ



$$eip + 1 = 0$$



Η Θεωρία Παιγνίων

Μια Επιστημονική Προσέγγιση

Στρατής
Ράλλης, ΓΣ

Εισαγωγή στη Θεωρία Παιγνίων

Η θεωρία παιγνίων είναι η μαθηματική μελέτη της στρατηγικής αλληλεπίδρασης μεταξύ λογικών και σκεπτόμενων ατόμων που λαμβάνουν αποφάσεις. Μοντελοποιεί καταστάσεις στις οποίες το αποτέλεσμα για κάθε συμμετέχοντα (ή «παίκτη») εξαρτάται όχι μόνο από τις δικές του ατομικές επιλογές, αλλά και από τις επιλογές των άλλων.

Αυτές οι καταστάσεις αναπαρίστανται επίσημα με «παίγνια», τα οποία αποτελούνται από:

- Ένα σύνολο παικτών
- Ένα σύνολο στρατηγικών για κάθε παίκτη
- Μια συνάρτηση απόδοσης που αντιστοιχίζει μια αριθμητική αξία (ωφέλεια) σε κάθε συνδυασμό στρατηγικών

Κεντρική θέση στη θεωρία παιγνίων κατέχει η **Ισορροπία Nash**, δηλαδή ένα σύνολο στρατηγικών όπου κανένας παίκτης δεν μπορεί να βελτιώσει μονομερώς την απόδοσή του αλλάζοντας στρατηγική. Δηλαδή, η στρατηγική κάθε παίκτη αποτελεί τη βέλτιστη απάντηση στις στρατηγικές των άλλων.

Το Δίλημμα του Φυλακισμένου: Ένα Κλασικό Παράδειγμα

Σκεφτείτε δύο παίκτες, Α και Β, οι οποίοι συλλαμβάνονται για ένα έγκλημα και ανακρίνονται ξεχωριστά. Μπορούν είτε να συνεργαστούν (να σιωπήσουν και οι δύο) είτε να προδώσουν τον άλλο (ομολογήσουν). Το παίγνιο αναπαρίσται με τον εξής **πίνακα αποδόσεων**:

	Β Συνεργάζεται	Β Προδίδει
Α Συνεργάζεται	(-1, -1)	(-5, 0)
Α Προδίδει	(0, -5)	(-3, -3)

Κάθε ζεύγος (x, y) δείχνει τα έτη φυλάκισης για τους Α και Β. Από λογική σκοπιά, και οι δύο παίκτες έχουν το κίνητρο να προδώσουν (μειώνοντας τη δική τους ποινή), παρότι η αμοιβαία συνεργασία θα είχε καλύτερο συνολικό αποτέλεσμα. Η προδοσία είναι κυρίαρχη στρατηγική—προσφέρει ίση ή καλύτερη απόδοση ανεξαρτήτως της επιλογής του άλλου. Το αποτέλεσμα $(-3, -3)$ είναι η Ισορροπία Nash, αλλά δεν είναι κατά Pareto βέλτιστο (Pareto-optimal)¹.

Αυτό το κλασικό παράδειγμα δείχνει πώς η ατομική ορθολογικότητα μπορεί να οδηγήσει σε συλλογικά υποδεέστερα αποτελέσματα—ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο σε σύγχρονα σενάρια.

¹ Μία κατανομή είναι αποτελεσματική κατά Pareto ή κατά Pareto βέλτιστη όταν δεν υπάρχει άλλη εφικτή κατανομή πόρων που να βελτιώνει τη θέση ενός ατόμου χωρίς να χειροτερεύει τη θέση κάποιου άλλου ατόμου.

Αλγόριθμοι Κοινωνικών Δικτύων: Ένα Πολυπαραγοντικό Παίγνιο

Στο ψηφιακό τοπίο του σήμερα, πλατφόρμες όπως το YouTube και το Instagram λειτουργούν ως τεράστια στρατηγικά παιχνίδια μεταξύ χρηστών, διαφημιστών και των ιδίων των πλατφορμών. Οι διαφημιστές χρησιμοποιούν τη **θεωρία δημοπρασιών (auction theory)** (υποκλάδο της θεωρίας παιγνίων) για να διεκδικήσουν θέσεις διαφήμισης σε συστήματα δημοπρασιών σε πραγματικό χρόνο.

Η δημοπρασία του Google Ads, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί τη **Γενικευμένη Δημοπρασία Δεύτερης Τιμής**, όπου ο υψηλότερος πλειοδότης κερδίζει, αλλά πληρώνει την τιμή του δεύτερου υψηλότερου. Αν η προσφορά του διαφημιστή i είναι b_i , τότε η ωφέλειά του είναι:

$$U_i = V_i - P_i$$

όπου V_i είναι η αξία της διαφημιστικής θέσης και P_i το τίμημα που καταβλήθηκε.

Η Ισορροπία Nash σε τέτοιες δημοπρασίες διασφαλίζει ότι οι διαφημιστές δηλώνουν την πραγματική αξία που αποδίδουν—μια ιδιότητα γνωστή ως **συμβατότητα κινήτρων**.

Αυτή η στρατηγική αλληλεπίδραση επηρεάζει το περιεχόμενο που βλέπουν οι χρήστες καθημερινά. Το 2024, οι παγκόσμιες δαπάνες για ψηφιακή διαφήμιση ξεπέρασαν τα 250 δισεκατομμύρια δολάρια και αναμένεται να αυξάνονται κατά 11% ετησίως, χάρη σε αλγόριθμους βασισμένους στη θεωρία παιγνίων (Statista, 2024)

Αποφάσεις Εμβολιασμού: Ένα Παίγνιο Δημόσιου Αγαθού

Ο εμβολιασμός θα μπορούσε να θεωρηθεί ένα παιχνίδι μεταξύ στρατηγικών αποφάσεων και συνεπειών. Όταν ένα άτομο αποφασίζει αν θα εμβολιαστεί, σταθμίζει το προσωπικό κόστος (π.χ. χρόνος, αντιληπτός κίνδυνος) έναντι του κοινωνικού οφέλους—της **ανοσίας αγέλης**.

Αυτό μπορεί να μοντελοποιηθεί ως **παιγνίο δημόσιου αγαθού**. Αν αρκετοί παίκτες συμβάλλουν (εμβολιαστούν), όλοι ωφελούνται. Όμως, κάποιοι επι-

λέγουν να επωφεληθούν από τη συμμετοχή των άλλων («επιβάτες χωρίς εισιτήριο») χωρίς τη δική τους συμβολή. Αν δεν επιτευχθεί το **κατώτατο ποσοστό εμβολιασμού** (π.χ. 95% για την ιλαρά), η ασθένεια διασπείρεται.

Η συνάρτηση απόδοσης μπορεί να οριστεί ως:

$$U_i = B(H) - C_i$$

όπου $B(H)$ είναι το όφελος από την ανοσία αγέλης (σε επίπεδο H)

και C_i το ατομικό κόστος του ατόμου i .

Η θεωρία παιγνίων προβλέπει ότι χωρίς κίνητρα, οι άνθρωποι συνεισφέρουν λιγότερο από το κοινωνικά επιθυμητό. Έτσι, οι κυβερνήσεις εφαρμόζουν **μηχανισμούς σχεδίασης**—π.χ. υποχρεωτικός εμβολιασμός, επιδοτήσεις ή κινητές μονάδες εμβολιασμού—για να αλλάξουν τα κίνητρα και να πετύχουν καλύτερες ισορροπίες.

Αστική Κυκλοφορία: Παιγνία Διαδρομής και Χρέωση Κυκλοφοριακής Συμφόρησης

Σε αστικά περιβάλλοντα, η καθοδήγηση της κυκλοφορίας μπορεί να μοντελοποιηθεί ως ένα **μη συνεργατικό παιχνίδι**, όπου κάθε οδηγός επιλέγει μια διαδρομή ώστε να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο μετακίνησής του. Δυστυχώς, αυτό συχνά οδηγεί στο **παράδοξο του Braess**: η προσθήκη ενός δρόμου μπορεί να επιδεινώσει την κυκλοφορία για όλους, λόγω ατομικών αποφάσεων.

Μαθηματικά, η κυκλοφοριακή ισορροπία μοντελοποιείται με βάση τις **Αρχές του Wardrop**, σύμφωνα με τις οποίες κανένας οδηγός δεν μπορεί να μειώσει τον χρόνο μετακίνησής του αλλάζοντας διαδρομή. Πρόκειται για μια Ισορροπία Nash, αλλά όχι απαραίτητα βέλτιστη.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό, οι πόλεις εισάγουν **χρεώσεις για την κυκλοφοριακή συμφόρηση**. Στη Νέα Υόρκη, οι οδηγοί που εισέρχονται στο κάτω Μανχάταν κατά τις ώρες αιχμής θα πληρώνουν ένα τέλος \$9 από τα μέσα του 2025. Αυτή η τιμολόγηση τροποποιεί τη συνάρτηση απόδοσης:

$$U_i = -T_i - C_i$$

όπου T_i είναι ο χρόνος μετακίνησης και C_i είναι το κόστος διοδίου.

Προσομοιώσεις βασισμένες στη θεωρία παιγνίων προβλέπουν μείωση της κυκλοφορίας κατά 15–20% στις ώρες αιχμής, αύξηση της μέσης ταχύτητας μετακίνησης και μείωση των εκπομπών ρύπων (NYCDOT, 2024).

Συμπέρασμα

Η θεωρία παιγνίων αποτελεί ένα μαθηματικό εργαλείο για την κατανόηση και τη βελτίωση πραγματικών συστημάτων. Είτε πρόκειται για αποφάσεις εμβολιασμού, δημοπρασίες διαφημίσεων στα κοινωνικά δίκτυα ή αστικές μετακινήσεις, οι άνθρωποι συμπεριφέρονται με στρατηγική και τα αποτελέσματά των πράξεών τους είναι αλληλεξαρτώμενα.

Κατανοώντας τις ισορροπίες, σχεδιάζοντας καλύτερα τα χορηγούμενα κίνητρα και εφαρμόζοντας κατάλληλα μοντέλα, η κοινωνία μπορεί να κατευθύνει τις ατομικές συμπεριφορές προς τέτοιες αποφάσεις ώστε να επιτυγχάνονται πιο αποδοτικά και δίκαια αποτελέσματα.

Ως νέοι επιστήμονες, η εξοικείωση με αυτές τις έννοιες μας δίνει τη δυνατότητα να κατανοήσουμε βαθύτερα την οικονομία, τη βιολογία, την πολιτική και τη μηχανική. Η θεωρία παιγνίων δεν είναι απλώς ένα αφηρημένο αντικείμενο—είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη λήψη αποφάσεων στον πραγματικό κόσμο.

Βιβλιογραφία

- "Game Theory." Stanford Encyclopedia of Philosophy, Stanford University, 2023, <https://plato.stanford.edu/entries/game-theory/>.
- "Global Digital Advertising Spending." Statista, 2024, www.statista.com/statistics/237974/online-advertising-spending-worldwide/.
- Mayo Clinic Staff. "Herd Immunity and Measles: What You Need to Know." Mayo Clinic, 2023, [www.mayoclinic.org](https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/immunizations/expert-answers/herd-immunity/faq-2023).
- NYCDOT. "Congestion Pricing Final Environmental Assessment." New York City Department of Transportation, 2024.
- Vickrey, William. "Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders." *Journal of Finance*, vol. 16, no. 1, 1961, pp. 8–37.
- Wardrop, J. G. "Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. 1, no. 3, 1952, pp. 325–378.

Εισαγωγή στη Θεωρία του Χάους

Αναστασία
Γαλάνη, Α2

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή επιστήμη που μελετά προβλέψιμα φαινόμενα όπως χημικές αντιδράσεις, ηλεκτρισμός και άλλα, η θεωρία του χάους ασχολείται με τις εκπλήξεις, το μη γραμμικό, και το απρόβλεπτο. Πραγματεύεται ζητήματα όπως αναταραχή, καιρός, χρηματιστική αγορά, κατάσταση της του εγκεφάλου και πολλά άλλα που ο ανθρώπινος νους αδυνατεί να προβλέψει.

Η Θεωρία των Φράκταλ, δηλαδή ο κλάδος που ασχολείται με τη μελέτη γεωμετρικών σχημάτων τα οποία εμφανίζουν αυτοομοιότητα και έχουν κλασματική διάσταση αντί για ολόκληρη διάσταση όπως τα κλασικά γεωμετρικά σχήματα, συνδέεται στενά με την προαναφερθείσα θεωρία και μας βοηθά να κατανοήσουμε και να οπτικοποιήσουμε καλύτερα αυτά τα χαοτικά φαινόμενα. Χρησιμοποιείται γενικά για να χαρακτηρίσει διάφορες πολύπλοκες δομές στη φύση, όπως τα σύννεφα. Η σύνδεση με τη θεωρία του χάους έγκειται στο γεγονός ότι τα φράκταλ συχνά είναι αποτελέσματα επαναληπτικών διαδικασιών (δυναμικά συστήματα) τα οποία εμφανίζουν χαοτική συμπεριφορά. Δηλαδή, παρουσιάζουν ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες και απρόβλεπτες, πολύπλοκες εξελίξεις. Αν παρατηρήσεις τοπία, σύννεφα, δέντρα, όργανα, ποτάμια θα συνειδητοποιήσεις ότι εκδηλώνουν σύνθετη, χαοτική συμπεριφορά και άρα χαρακτηρίζονται εύκολα από φρακταλικά μαθηματικά.

Κατανοώντας τη χαοτική, φρακταλική φύση του κόσμου, μπορούμε να δού-

με πώς όλα συνδέονται. Για παράδειγμα, αν ένας πιλότος αερόστατου κατανοεί τις χαοτικές δυναμικές της ατμόσφαιρας, μπορεί να «οδηγήσει» το αερόστατό του όπου θέλει.

Η θεωρία του χάους, στη μηχανική και τα μαθηματικά, εξετάζει φαινομενικά τυχαίες ή απρόβλεπτες συμπεριφορές σε συστήματα που διέπονται από την τυχαιότητα και την προβλεψιμότητα. Από τη μία, η τυχαιότητα, όπως για παράδειγμα η τροχιά ενός μορίου σε αέριο ή η ψήφος ενός ατόμου, συχνά θεωρείται πολύπλοκο ζήτημα. Από την άλλη, η ντετερμινιστική κίνηση, όπως αυτή ενός εκκρεμούς ή ενός πλανήτη, αποτελεί ιστορικά παράδειγμα της επιστημονικής ικανότητας του ανθρώπου να εξηγεί σύνθετα φαινόμενα με προβλεψιμότητα.

Η θεωρία του χάους, λοιπόν, παίρνει τις αρχικές συνθήκες που υπάρχουν σε μία κατάσταση και προσπαθεί να αποκαλύψει τις ισορροπίες πίσω από εκείνη καθώς και την ευαισθησία της σε αυτές.

Τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει διάφορες έρευνες και πειράματα που έχουν δείξει ότι μια ποικιλία συστημάτων παρουσιάζουν απρόβλεπτη συμπεριφορά,

παρά τη φαινομενική απλότητά τους και την εφαρμογή φυσικών νόμων που είναι απόλυτα κατανοητοί. Όλα τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από εξαιρετική ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες και στον τρόπο εκκίνησής τους. Παράδειγμα τέτοιας ανακάλυψης αποτελεί η ανακάλυψη του μετεωρολόγου Edward Lorenz ότι ένα απλό μοντέλο μεταφοράς θερμότητας μπορεί να έχει εγγενή αστάθεια. Αυτή ονομάστηκε «φαινόμενο της πεταλούδας» και ουσιαστικά υποστηρίζει ότι ένα μικρό χτύπημα φτερού μιας πεταλούδας μπορεί να επηρεάσει τον καιρό.

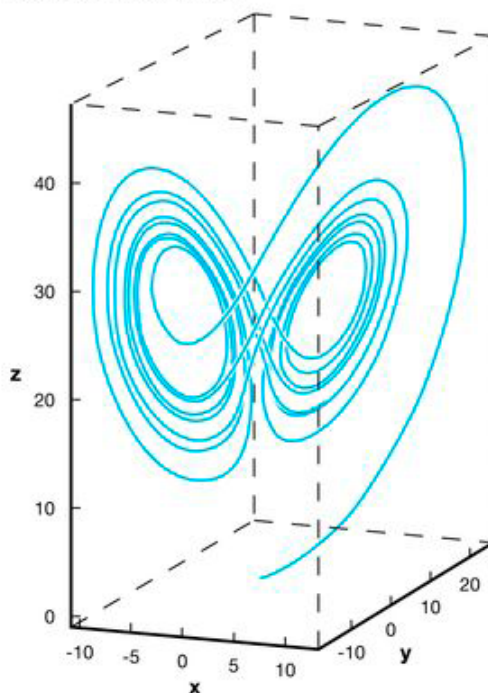
Για να κατανοήσεις καλύτερα το πώς γίνεται κάτι που εξηγείται λογικά να λειτουργεί χαοτικά, σκέψου το παιχνίδι φλιπεράκι, όπου παρόλο που οι κινήσεις της μπάλας καθορίζονται απόλυτα από τη βαρύτητα και τις ελαστικές συγκρούσεις, το τελικό αποτέλεσμα παραμένει αδύνατο να προβλεφθεί.

Τι είναι το φαινόμενο της πεταλούδας;

Είναι ουσιαστικά μια ιδέα που μελετήθηκε από τον Edward Lorenz στις αρχές του 1960 η οποία περιγράφει πώς μικρές αλλαγές στις αρχικές συνθήκες ενός σύνθετου συστήματος μπορούν να οδηγήσουν σε δραματικά διαφορετικά αποτελέσματα.

Ο Lorenz δοκιμάζοντας ένα υπολογιστικό μοντέλο σχεδιασμένο να προσομοιώνει διάφορα καιρικά μοτίβα επανέλαβε μια προσομοίωση, αυτή τη φορά στρογγυλοποιώντας μια τιμή από 0.506127 σε 0.506. Αυτή η μικρή αλλαγή οδήγησε το πρόγραμμα να παράγει μια εντελώς διαφορετική καιρική προσομοίωση με διαφορετικό διάγραμμα (βλ. εικόνα 47) το οποίο θυμίζει φτερά πεταλούδας. Έτσι, διατύπωσε το «φαινόμενο της πεταλούδας» το οποίο αποτέλεσε τη βάση της θεωρίας του χάους παρόλο που αρχικά ήλθε

Lorenz attractor graph



© Encyclopædia Britannica, Inc.

Εικόνα 47: Ο Lorenz δημιούργησε το ομώνυμο γράφημά του με τις λύσεις των εξισώσεων που αντιπροσωπεύουν την κίνηση ενός θερμαινόμενου αερίου. Οι συνδεδεμένες ωοειδείς φιγούρες μοιάζουν με φτερά πεταλούδας.

σε αντίθεση με παλαιότερες επιστημονικές ιδέες, όπως εκείνες των Newton και Laplace, που θεωρούσαν ότι η επιστήμη μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια το μέλλον.

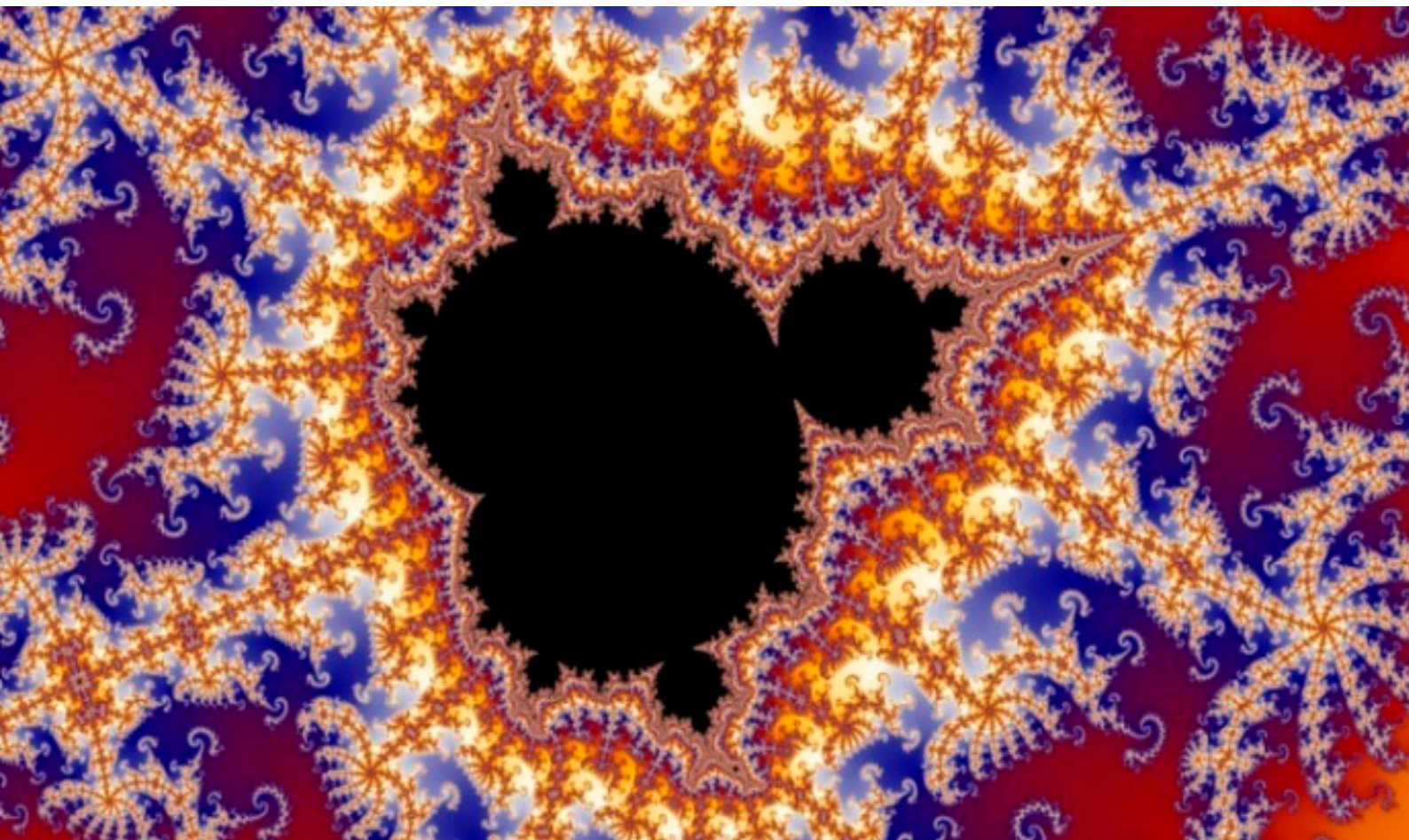
Το φαινόμενο της πεταλούδας έχει εισέλθει στην ποπ κουλτούρα, στη λογοτεχνία, και στον κινηματογράφο. Παράδειγμα αποτελεί η ταινία *Back to the Future* (1985) στην οποία οι μικρές αποφάσεις του Marty McFly στο παρελθόν αλλάζουν δραματικά το μέλλον του.

Συμπερασματικά, η θεωρία του χάους και το φαινόμενο της πεταλούδας μας υπενθυμίζουν την πολυπλοκότητα και την ευθραυστότητα του κόσμου

γύρω μας. Γνωρίζοντας ότι μικρές αλλαγές μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες και απρόβλεπτες συνέπειες, αντιλαμβανόμαστε καλύτερα την σημασία της κατανόησης της αλληλεξάρτησης των συστημάτων και των αλληλεπιδράσεών τους. Όπως σοφά είπε ο Αϊνστάιν «Όσο οι νόμοι των μαθηματικών αναφέρονται στην πραγματικότητα, δεν είναι βέβαιοι, και όσο είναι βέβαιοι, δεν αναφέρονται στην πραγματικότητα».

Βιβλιογραφία

- Fractal Foundation. "What Is Chaos Theory? – Fractal Foundation." [Fractalfoundation.org](https://fractalfoundation.org/resources/what-is-chaos-theory/), 2018, fractalfoundation.org/resources/what-is-chaos-theory/.
- Rauch, Allison. "butterfly effect". *Encyclopedia Britannica*, 14 Feb. 2025, <https://www.britannica.com/science/butterfly-effect>.
- The Editors of Encyclopædia Britannica. "chaos theory". *Encyclopedia Britannica*, 15 Jan. 2025, <https://www.britannica.com/science/chaos-theory>.
- Ισιδωρος Γλαβάς. "Η γεωμετρία των φράκταλς και η θεωρία του χάους. - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ." *ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ*, 17 Jan. 2014, blogs.sch.gr/isiglavas/archives/1541.



Εικόνα 48: Το σύνολο Mandelbrot

Φράκταλ: Η γεωμετρία στη φύση

Γεωργία
Καραστάθη, Β3

Εχεις αναρωτηθεί ποτέ γιατί βλέπεις ορισμένα μοτίβα να επαναλαμβάνονται διαρκώς στη φύση; Πώς σχετίζονται τα κλαδιά ενός δέντρου και τα φύλλα των φυτών με τις διακλαδώσεις των αιμοφόρων αγγείων και τη δομή ενός κουνουπιδιού; Όλα αυτά αποτελούν φράκταλ, ένα ξεχωριστό γεωμετρικό σχήμα με εντυπωσιακές ιδιότητες που εκτός από το να έχει πρακτικές εφαρμογές, συμβάλλει ακόμα και στη ψυχική ηρεμία των ανθρώπων.

Αν κάποιος παρατηρήσει προσεκτικά τις φυσικές ομορφιές γύρω του, τότε θα αντιληφθεί πως πολλά τοπία είναι πανομοιότυπα, καθώς θα συναντά ορισμένα επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Σε πολλά φυσικά φαινόμενα, όπως είναι ο κεραυνός, φαίνεται να υπάρχει μία επανάληψη της βασικής γεωμετρικής δομής, αφού αν κάποιος πάρει ένα

τμήμα ενός κεραυνού και το μεγεθύνει, βρίσκει έναν άλλον μικρότερο κεραυνό (Εικόνα 49). Αυτό το γεωμετρικό σχήμα που επαναλαμβάνεται αυτούσιο σε άπειρο βαθμό μεγέθυνσης ονομάζεται φράκταλ (fractal, στα ελληνικά μορφόκλασμα ή μορφοκλασματικό σύνολο).

Ο διεθνής όρος “fractal” προέρχεται από το ουσιαστικό “fractio” στα λατινι-



Εικόνα 49: Κεραυνοί

κά, που σημαίνει κλάσμα, λόγω της κλασματικής διαίρεσής του και εισήχθη στον χώρο της επιστήμης τη δεκαετία του 1970 από τον Γάλλο, πολωνικής καταγωγής, μαθηματικό Benoît B. Mandelbrot. Ο Mandelbrot, εκτός από το να δημιουργήσει έναν καινούριο κλάδο στη γεωμετρία, κατάφερε να καταγράψει τις ιδιαίτερες ιδιότητες των φράκταλ, μία από τις οποίες είναι η αυτοομοιότητα, δηλαδή η επανάληψη σε άπειρες κλίμακες παρατήρησης και άλλες, όπως η άπειρη σε μήκος περίμετρος. Λόγω της πολυπλοκότητας των σχημάτων αυτών, συχνά χαρακτηρίζονται ως «απείρως περίπλοκα».

Ενα φράκταλ που έχει σαηνέψει τη μαθηματική κοινότητα είναι το σύνολο Mandelbrot (Εικόνα 46), το οποίο πήρε το όνομά του από τον ομώνυμο μαθηματικό, διότι εκείνος κατάφερε να αποκτήσει υψηλής ποιότητας απεικονίσεις του συνόλου για πρώτη φορά, το 1980. Αυτό που κάνει το συ-

πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της γεωμετρίας των φράκταλ στη φύση αποτελεί η δομή του κουνουπιδίου Ρομανέσκο (Εικόνα 48). Ολόκληρο το κουνουπίδι σχηματίζεται από μικρότερα αντίγραφα του ίδιου, παραταγμένα σπειροειδώς και η επανάληψη αυτή συμβαίνει μέχρι το άπειρο.

Ενας λόγος για τον οποίο τόσες πολλές δομές στη φύση είναι φράκταλ είναι ότι αυτά προκύπτουν αυτόματα μέσω επαναλαμβανόμενων εφαρμογών σχετικά απλών κανόνων της φύσης. Για παράδειγμα, στους ζωντανούς οργανισμούς, τα φράκταλ δίνουν μοντέλα για τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται το νευρικό σύστημα, ο εγκέφαλος, ή ακόμα και το σύστημα των αρτηριών και των φλεβών. Επιπροσθέτως, η φύση χρησιμοποιεί φράκταλ για λόγους οικονομίας, επειδή οι συγκεκριμένες δομές είναι συχνά οι πιο αποτελεσματικές για τη διεξαγωγή μιας λειτουργίας, όπως η απορρόφηση ηλιακής ακτι-

γκεκριμένο σύνολο να διαφέρει από τα υπόλοιπα φράκταλ που είναι γενικώς αυτοόμοια είναι ότι καθώς πραγματοποιούνται διαδοχικές μεγεθύνσεις, εμφανίζονται διαρκώς νέες δομές και μοτίβα, τα οποία δημιουργούν μία ανεπαίσθητη διαφορά και περιλαμβάνουν νέα χαρακτηριστικά που δε συναντώνται σε υψηλότερα επίπεδα.

Έτσι, γίνεται αντιληπτό πως το δέλτα ενός ποταμού, τα κλαδιά ενός δέντρου, τα φύλλα των φυτών και οι διακλαδώσεις των αιμοφόρων αγγείων αποτελούν φράκταλ. Ωστόσο, ένα ακόμη

**«Όντας μια γλώσσα, τα Μαθηματικά
μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνον για να πληροφορήσουν,
αλλά μεταξύ άλλων πραγμάτων, για να σαηνεύσουν»**

– Benoît B. Mandelbrot



Εικόνα 50: Κουνουπίδι Ρομανέσκο

νοβολίας από τα φύλλα ενός δέντρου ή η μεταφορά οξυγόνου στο αίμα από τον πνεύμονα.

Τα φράκταλ, εκτός από το να προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθηματικών λόγω των εντυπωσιακών ιδιοτήτων τους, αιτιολογούν τη δύναμη που έχει η φύση να ηρεμεί τους ανθρώπους, γιατί αυτό είναι το μυστικό που διαθέτουν τα φυσικά τοπία και προκαλούν τη χαλάρωση του νευρικού συστήματος του ανθρώπου. Ειδικότερα, μετά από πολυάριθμα πειράματα που εκτέλεσε ο καθηγητής του Oregon University, Richard Taylor, με την ομάδα του, διαπίστωσε ότι τα άτομα που κοιτάζουν εικόνες με φράκταλ της φύσης επηρεάζονται εγκεφαλικά από αυτά τόσο πολύ, ώστε τα επίπεδα άγχους τους μειώνονται έως και 60% γιατί η κορτιζόλη, ορμόνη του στρες, αρχίζει να πέφτει. «Αυτό συμβαίνει λόγω ενός φυσιολογικού συντονισμού που προκύπτει όταν η φράκταλ δομή του οπτικού συστήματος ταιριάζει με τη φράκταλ δομή μιας εικόνας που κοιτάζουμε», εξηγεί ο ίδιος.

Συμπεραίνοντας, τα φράκταλ αποτελούν ένα ιδιαίτερο γεωμετρικό σχήμα το οποίο παρά την πολυπλοκότητά του, έχει την ικανότητα να μαγεύει τον άνθρωπο, δημιουργώντας του ψυχική ηρεμία και γαλήνη. Πρόκειται για ένα συγκεκριμένο είδος σχήματος το οποίο παρατηρείται μόνο στη φύση και αποτελεί απόδειξη για τη στενή σχέση της με τη γεωμετρία, στην οποία οφείλεται και η απaráμιλλη ομορφιά της φύσης.

Βιβλιογραφία

- Linton, Oliver. Φράκταλ: στο χείλος του χάους. Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, 2023, σσ. 2, 40.
- Βάρβογλης, Χάρης. «Η μαγεία των φράκταλ». ΤΟ ΒΗΜΑ, 24 Οκτ. 2010, www.tovima.gr/2010/10/24/science/i-mageia-twn-fraktal. Πρόσβαση 23 Φεβ. 2025.
- Μπαριτάκη, Σοφία. «Fractals: Η μαγεία στη φύση». Πράξη και Πρόοδος, 20 Νοε. 2016, praksi.edu.gr/2016/11/20/20161120_fractals/. Πρόσβαση 23 Φεβ. 2025.
- Μπούλια, Ε. «Πού κρύβεται η δύναμη της φύσης να μας ηρεμεί.» OW.GR, 27 Νοε. 2023, www.ow.gr/wellness/pou-krivetai-i-dinami-tis-fisis-na-mas-iremei/. Πρόσβαση 23 Φεβ. 2025.

Η Εξίσωση του Όιλερ:

Μια Μαθηματική Επανάσταση

Εριέττα
Κουρομιχελάκη, Α4

Η εξίσωση του Όιλερ: $e^{i\pi} + 1 = 0$ είναι ίσως η πιο θεμελιώδης και εμβληματική εξίσωση στην ιστορία των μαθηματικών. Παρά την απλότητά της, ενσωματώνει με μοναδικό τρόπο πέντε από τους πιο βασικούς αριθμούς: τη σταθερά e , τον φανταστικό αριθμό i , τον αριθμό π , το 1 και το 0. Αυτή η εξίσωση όχι μόνο συνδέει διαφορετικούς κλάδους των μαθηματικών, αλλά ανοίγει νέους δρόμους για την κατανόηση των ουσιαστών εννοιών της ανάλυσης, των μιγαδικών αριθμών και της γεωμετρίας. Ο αντίκτυπος αυτής της εξίσωσης είναι τόσο βαθύς, που επηρεάζει το σύνολο των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας.

Ιστορικό Υπόβαθρο και Ανακάλυψη

Η εξίσωση του Όιλερ προέκυψε από τις μελέτες του Ελβετού μαθηματικού Λέοναρντ Όιλερ κατά το πρώτο ήμισυ του 18^{ου} αιώνα. Ο Όιλερ, ένας από τους πιο παραγωγικούς μαθηματικούς της ιστορίας, είχε ήδη κάνει σημαντικές ανακαλύψεις στον τομέα της ανάλυσης, της αριθμητικής, και των μιγαδικών αριθμών. Η πιο σημαντική του πρόοδος σχετικά με την εξίσωση του Όιλερ ήταν η αναγνώριση της σύνδεσης μεταξύ των εκθετικών συναρτήσεων και των τριγωνομετρικών συναρτήσεων.

Συγκεκριμένα, ο Όιλερ διατύπωσε τη γνωστή ταυτότητα:

$$\begin{aligned} e^{ix} &= \cos(x) + i \sin(x) \\ \cos(\pi) &= -1 \text{ και } \sin(\pi) = 0, \\ \text{οπότε η εξίσωση γίνεται:} \\ e^{i\pi} &= -1 + i \cdot 0 = -1 \end{aligned}$$

Αυτή η εξίσωση είναι γνωστή ως η ταυτότητα του Όιλερ και περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο η εκθετική συνάρτηση μπορεί να συνδεθεί με τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις. Η ισχύς αυτής της σχέσης έγκειται στο γεγονός ότι συνδέει τη γεωμετρία των κύκλων και των ημιτο-

νοειδών συναρτήσεων με τη μαθηματική έννοια της εκθετικής ανάπτυξης. Η επαναστατική πτυχή της εξίσωσης του Όιλερ ήρθε όταν ο Όιλερ συνέδεσε την παραπάνω ταυτότητα με τον αριθμό π , που είχε ήδη κατανοηθεί σε γεωμετρικό επίπεδο για αιώνες. Ειδικότερα, όταν $x = \pi$, η εξίσωση παίρνει την εξής μορφή:

$$e^{i\pi} = -1$$

Αυτό οδήγησε στην εξίσωση του Όιλερ:

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

Η Σταθερά e

Η σταθερά e , περίπου 2.718, είναι θεμελιώδης στις μαθηματικές αναλύσεις. Είναι η βάση των φυσικών λογαρίθμων¹ και περιγράφει τη ροή ή αύξηση κάποιου φαινομένου, όπως στην περίπτωση του πληθυσμού ή των επενδύσεων.

Για παράδειγμα, το $e^{i\pi} + 1 = 0$ περιγράφει τη διαδικασία συνεχούς ανάπτυξης, καθώς η εκθετική συνάρτηση e^{ix} συνδέ-

¹ Λογάριθμοι: Ο λογάριθμος είναι ο αριθμός στον οποίο πρέπει να υψώσεις μια βάση (π.χ. 10 ή 2) για να πάρεις έναν συγκεκριμένο αριθμό. Δηλαδή, αν $b^x = y$, τότε $\log_b(y) = x$.

Φυσικοί Λογάριθμοι: Οι φυσικοί λογάριθμοι είναι λογάριθμοι με βάση τον αριθμό e (περίπου 2.718). Δηλαδή, $\ln(x)$ είναι ο αριθμός που πρέπει να υψώσεις το e για να πάρεις το x .

ει την περιστροφή στο μιγαδικό επίπεδο² με τη συνεχόμενη ανάπτυξη κατά μήκος μιας κυκλικής τροχιάς. Όταν $x=\pi$, αυτή η διαδικασία ολοκληρώνει μια πλήρη περιστροφή, επιστρέφοντας στο -1, πράγμα που υποδηλώνει μια συνεχόμενη μετάβαση από το 1 στο -1, αποτυπώνοντας την έννοια της εξέλιξης σε ένα κυκλικό σύστημα.

Ο Φανταστικός Αριθμός i

Ο φανταστικός αριθμός i , ο οποίος ορίζεται ως $i^2=-1$, είναι κρίσιμος για τη δημιουργία των μιγαδικών αριθμών. Οι μιγαδικοί αριθμοί είναι της μορφής $a+bi$, όπου a και b είναι πραγματικοί αριθμοί. Στην εξίσωση του Όιλερ, ο αριθμός i είναι ο συνδετικός κρίκος που επιτρέπει την εφαρμογή της εκθετικής συνάρτησης στις κυματικές διαδικασίες, όπως τα ηχητικά και ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Η Σταθερά π

Η σταθερά π (περίπου 3.14159) είναι ο λόγος της περιφέρειας ενός κύκλου προς τη διάμετρό του. Εμφανίζεται παντού στη γεωμετρία και συνδέεται στενά με τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις. Στην εξίσωση του Όιλερ, το π συνδέει την εκθετική συνάρτηση με τη γεωμετρία των κύκλων.

Η Σημασία της Εξίσωσης του Όιλερ

Η εξίσωση του Όιλερ $e^{i\pi}+1=0$ δεν είναι απλώς μια αριθμητική ταυτότητα, αλλά συνδέει θεμελιώδεις έννοιες των μαθηματικών: την εκθετική συνάρτηση, τους μιγαδικούς αριθμούς και τη γεωμετρία των κύκλων. Όταν συνδυάζουμε αυτές τις έννοιες, δημιουργούμε μια ισχυρή γέφυρα μεταξύ της πραγματικής και της φανταστικής σφαίρας των μαθηματικών, που δεν είχαμε ποτέ φανταστεί πριν.

Η εφαρμογή αυτής της εξίσωσης στην ανάλυση Fourier, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται για να αναλύσουμε και να κατανοήσουμε κυματικά φαινόμενα, όπως τα ηχητικά και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Μέσω της σύνδεσης της εκθετικής συνάρτησης με τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις, η εξίσωση του Όι-

λερ είναι απαραίτητη για την ψηφιακή επεξεργασία σημάτων, επιτρέποντας την κατανόηση και την επεξεργασία κυμάτων που υπάρχουν παντού γύρω μας, από την τηλεόραση και το ραδιόφωνο μέχρι τις επικοινωνίες μέσω του Διαδικτύου. Αξίζει να σημειωθεί πως, η εξίσωση του Όιλερ είχε τέτοιο αντίκτυπο, που υπήρξαν μαθηματικοί που την θεώρησαν κάτι πέρα από την απλή επιστήμη. Ένας από αυτούς ήταν ο μεγάλος μαθηματικός Μάθιου Άρνολντ, ο οποίος, ακούγοντας για την εξίσωση του Όιλερ, ισχυρίστηκε πως ήταν μια «απόδειξη της ύπαρξης του Θεού». Ο Άρνολντ πίστευε ότι η εκπληκτική σύνδεση αυτών των θεμελιωδών αριθμών μέσα σε μία τόσο απλή εξίσωση δεν θα μπορούσε παρά να ήταν έργο θεϊκής παρέμβασης, τονίζοντας την τελειότητα και τη «μεγαλοσύνη» αυτής της μαθηματικής σχέσης. Αυτή η αντίδραση, αν και φαίνεται υπερβολική, δεν είναι μοναδική, καθώς η εξίσωση του Όιλερ, με την ιδιόμορφη και εκπληκτική σύνδεσή φαινομενικά άσχετων μαθηματικών εννοιών, συνεχίζει να εντυπωσιάζει και να προκαλεί σεβασμό σε όσους την μελετούν. Είναι η επιτομή της μαθηματικής αρμονίας, όπου οι απλούστερες σχέσεις κρύβουν ένα βαθύ νόημα.

Βιβλιογραφία

- Leonhard Euler's Contributions to Mathematics, "Leonhard Euler." Encyclopedia Britannica, Encyclopedia Britannica, Inc., 2025, www.britannica.com/biography/Leonhard-Euler.
- Euler's Formula and Fourier Analysis, "Euler's Formula." Khan Academy, 2025, <https://www.khanacademy.org/math/trigonometry/trig-func-other>
- Application in Digital Signal Processing and Physics
- Kahan, W., et al. "Euler's Formula and Its Applications in Physics and Signal Processing." Nature, vol. 417, no. 6884, 2002, pp. 817-818. <https://www.nature.com/articles/417817a>.
- Philosophical Views on Euler's Equation, Arnold, V. I. "The Connection between Mathematics and Divinity: Euler's Identity." Mathematical Intuition, 2020, pp. 213-215.
- Η Εξίσωση του Όιλερ και η Σημασία της στην Ανάλυση, Ευθυμίου, Ελευθέριος Χ. «Η Εξίσωση του Όιλερ: Μια Μαθηματική Επανάσταση.» Μαθηματικά και Εφαρμογές, 29 Φεβρουαρίου 2020, blogs.sch.gr/elefthym/2020/02/29/i-taytotita-toy-euler/.
- Ο Όιλερ και η Σύνδεση Εκθετικών και Τριγωνομετρικών Συναρτήσεων Ευθυμίου, Ελευθέριος Χ. «Ο Όιλερ και η Μαθηματική Σύνθεση.» Σύγχρονα Μαθηματικά Ζητήματα, τεύχος 12, 2021, σ. 34-42.
- Ο Ρόλος της Εξίσωσης του Όιλερ στην Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων Καλατζής, Γιώργος. «Η Σύνδεση Εκθετικών και Τριγωνομετρικών Συναρτήσεων στην Ψηφιακή Επεξεργασία.» Εφαρμογές της Μαθηματικής Ανάλυσης, 2019, σ. 89-101

2 Το μιγαδικό επίπεδο είναι μαθηματικός χώρος όπου ο μιγαδικός αριθμός μπορεί να αναπαρίσταται ως ένα σημείο με δύο συντεταγμένες: μία για το πραγματικό μέρος και μία για το φανταστικό. Όταν λέμε «περιστροφή στο μιγαδικό επίπεδο», εννοούμε ότι ένα σημείο κινείται γύρω από την αρχή του συστήματος συντεταγμένων (το 0) κατά μια γωνία.

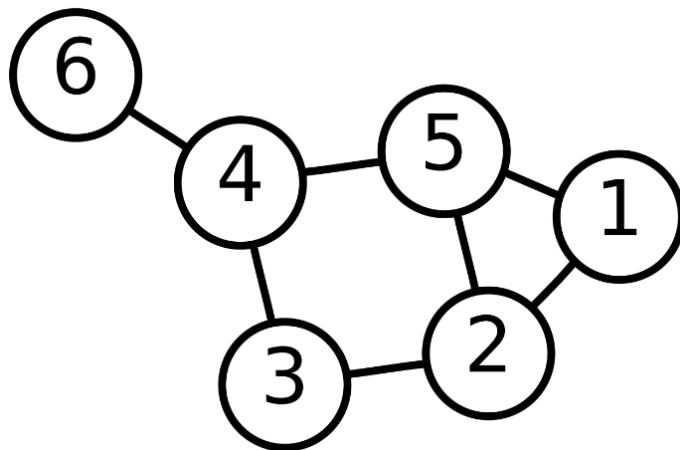
Αποκωδικοποιώντας τον κόσμο με τα Διακριτά Μαθηματικά

Νικολέτα
Κυριακάκη, Β3

Το παρακάτω άρθρο αφορά σε έναν κλάδο των μαθηματικών, τα Διακριτά Μαθηματικά. Συγκεκριμένα, αναφέρεται σε ορισμένα αντικείμενα αυτού του κλάδου αλλά και τις εφαρμογές τους στον σύγχρονο ψηφιακό κόσμο. Πρόκειται για ένα άρθρο που προσεγγίζει με απλό και οικείο τρόπο για τους μαθητές του Λυκείου τα Διακριτά Μαθηματικά, τα οποία διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην καθημερινή ψηφιακή εποχή.

Στον φυσικό κόσμο, όλα φαίνεται να είναι συνεχόμενα: ο χρόνος, η κίνηση, η μορφή των αντικειμένων. Στον ψηφιακό κόσμο, όμως, τα πάντα αναλύονται σε μικρά, διακριτά κομμάτια. Ο διαχωρισμός αυτός είναι, λοιπόν, η καρδιά των Διακριτών Μαθηματικών, τα οποία κρύβονται πίσω από πολλές εντυπωσιακές τεχνολογικές καινοτομίες και αποτελούν τον λόγο που μπορούμε σήμερα να μιλάμε για την ψηφιακή τεχνολογία. Με την έννοια «Διακριτά Μαθηματικά» ονομάζουμε τον κλάδο των μαθηματικών που ασχολείται με αριθμήσιμα σύνολα, δηλα-

δή σύνολα που έχουν την ίδια πληθικότητα με τα υποσύνολα των φυσικών αριθμών, συμπεριλαμβανομένων των ρητών αριθμών αλλά όχι και των πραγματικών αριθμών. Σε αντίθεση με τους πραγματικούς αριθμούς που έχουν την ιδιότητα να «μεταβάλλονται ομαλά», τα αντικείμενα που μελετώνται στα Διακριτά Μαθηματικά δεν μεταβάλλονται κατά αυτόν τον τρόπο, αλλά έχουν ξεχωριστές διακριτές τιμές. Η έρευνα στα Διακριτά Μαθηματικά γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, λόγω κυρίως της ανάπτυξης των ψηφιακών υπολο-



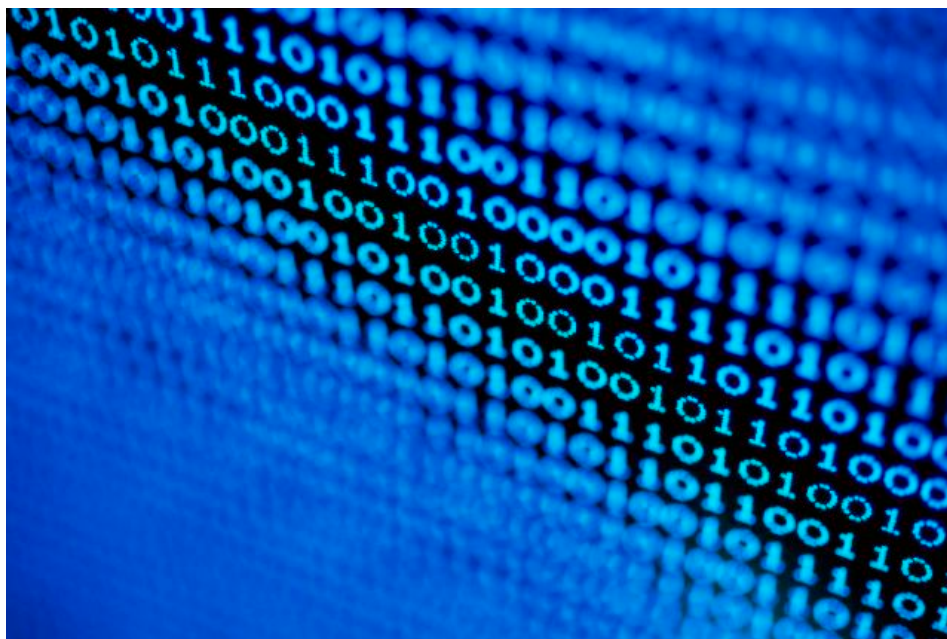
Εικόνα 51: Η Θεωρία των Γράφων ασχολείται με την μελέτη των γράφων και των δικτύων

γιστών, οι οποίοι λειτουργούν σε διακριτά βήματα και αποθηκεύουν τα δεδομένα τους σε διακριτά «bits». Οι έννοιες των Διακριτών Μαθηματικών εφαρμόζονται ποικιλοτρόπως σε διάφορους κλάδους της επιστήμης των υπολογιστών, όπως στους υπολογιστικούς αλγόριθμους, τις γλώσσες προγραμματισμού, την κρυπτογραφία, την ανάπτυξη λογισμικού και άλλα.

Ποια είναι, όμως, ορισμένα από τα θέματα με τα οποία ασχολούνται τα Διακριτά Μαθηματικά; Αρχικά, ένας από τους κλάδους των Διακριτών Μαθηματικών είναι η συνδυαστική, η οποία μελετά με ποιον τρόπο διακριτές δομές μπορούν να συνδυαστούν ή να ταξινομηθούν. Η συνδυαστική βρίσκει εφαρμογές στη μαθηματική βελτιστοποίηση, την πληροφορική και τη στατιστική φυσική, ενώ χρησιμοποιείται συχνά στην πληροφορική, για τη δημιουργία τύπων και εκτιμήσεων στην ανάλυση αλγορίθμων. Επιπλέον, όσον αφορά την συνδυαστική, είναι σημαντικό να αναφέρουμε μια ενδιαφέρουσα και απλή συνδυαστική αρχή, την «αρχή του περιστέρωνα», η οποία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Dirichlet στην Θεωρία Αριθμών και διατυπώνεται ως εξής: «Αν οι φωλιές μας είναι λιγότερες από τα περιστέρια μας και θέλουμε να τα τοποθετήσουμε σε αυτές, τότε τουλάχιστον μία τους θα περιέχει τουλάχιστον δύο περιστέρια». Η αρχή αυτή έχει γενικευτεί ως εξής: «αν τοπο-

θετήσουμε n αντικείμενα σε m δοχεία, με $n > m$, τότε τουλάχιστον ένα δοχείο πρέπει να περιέχει περισσότερα από ένα αντικείμενα». Βέβαια, το κλασικό παράδειγμα είναι εκείνο με τα δέκα περιστέρια και τις εννέα φωλιές, οπότε και μια φωλιά θα έχει τουλάχιστον δύο περιστέρια. Η αρχή αυτή συναντάται στην βιβλιογραφία και ως «Αρχή του Dirichlet» ή «Αρχή των Θυρίδων». Ένας άλλος κλάδος των Διακριτών Μαθηματικών είναι η Θεωρία των Γράφων, η οποία είναι η

μελέτη των γράφων και των δικτύων. Οι γράφοι είναι ένα από τα βασικά αντικείμενα μελέτης στα Διακριτά Μαθηματικά. Αποτελούν δομές που συναντάμε τόσο σε ανθρώπινες κατασκευές όσο και στην ίδια τη φύση. Μπορούν να μοντελοποιήσουν πολλά είδη σχέσεων και τις δυναμικές διεργασίες σε φυσικά, βιολογικά αλλά και κοινωνικά συστήματα. Στην Πληροφορική, μπορούν να αναπαραστήσουν δίκτυα επικοινωνιών, οργάνωση δεδομένων, υπολογιστικές συσκευές, και άλλα. Επίσης, η Θεωρία των Παιγνίων αποτελεί έναν ακόμη κλάδο των Διακριτών Μαθηματικών, η οποία αφορά στην μελέτη των μαθηματικών μοντέλων σύγκρουσης και συνεργασίας ανάμεσα σε ευφυή λογικά άτομα που λαμβάνουν αποφάσεις και χρησιμοποιείται κυρίως στην οικονομία, τις πολιτικές επιστήμες, την ψυχολογία, τη λογική, την επιστήμη των υπολογιστών και στη βιολογία.



Εικόνα 52: Τα διακριτά μαθηματικά βρίσκουν πλήθος εφαρμογών στην πληροφορική

Οπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα Διακριτά Μαθηματικά έχουν ποικίλες εφαρμογές ιδίως στον τομέα της πληροφορικής. Αρχικά, είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε ότι οι υπολογιστές δεν αντιλαμβάνονται τους αριθμούς όπως εμείς. Για εκείνους, τα πάντα είναι είτε 0 είτε 1. Βασίζονται, λοιπόν, στο δυαδικό σύστημα ψηφίων, το οποίο και αποτελεί ένα από τα βασικότερα αντικείμενα των Διακριτών Μαθηματικών. Μία από τις εφαρμογές του

δυναμικού συστήματος στους υπολογιστές είναι η ψηφιοποίηση της εικόνας. Η αναπαράσταση μια εικόνας σε ένα υπολογιστικό σύστημα ξεκινά με την κατάτμησή της σε πολλές μικρές κουκίδες (pixels), με οριζόντιες και κάθετες νοητές γραμμές. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των κουκίδων στις οποίες διαιρείται μια εικόνα, τόσο πιο πιστή θα είναι η αναπαράστασή της στον υπολογιστή. Ακόμα, τα διακριτά μαθηματικά και το δυαδικό σύστημα συμβάλλουν στην ψηφιακή επεξεργασία σημάτων, η οποία ασχολείται με την επεξεργασία σημάτων στο πεδίο του χρόνου, του χώρου ή/και της συχνότητας, τα οποία αναπαρίστανται ως ακολουθίες αριθμών ή συμβόλων. Κάποιες εφαρμογές της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος είναι η επεξεργασία ήχου, η αναγνώριση φωνής, η επεξεργασία σήματος στις τηλεπικοινωνίες, κ.α.

Ειδικότερα, ένα σήμα στον αναλογικό κόσμο είναι συνεχές, αλλά για να το επεξεργαστεί ο υπολογιστής είναι απαραίτητο να μετατραπεί σε διακριτές τιμές. Εκεί εμπλέκονται τα διακριτά μαθηματικά και ιδίως έννοιες όπως η δειγματοληψία (sampling), οι αλγόριθμοι επεξεργασίας, όπως το φιλτράρισμα ήχου και η αναπαράσταση με bits και ακολουθίες. Η δειγματοληψία πρόκειται για την διαδικασία μετατροπής ενός σήματος σε ψηφιακό, δηλαδή σε σειρά από διακριτές τιμές, σε ακολουθίες αριθμών, και βασίζεται σε διακριτές έννοιες όπως τα bits και οι δυαδικοί αριθμοί. Μετά την δειγματοληψία, εφαρμόζονται αλγόριθμοι που προέρχονται από τη συνδυαστική και την ανάλυση ακολουθιών, ώστε να αφαιρεθεί ο θόρυβος από τον ήχο, να βελτιωθεί η ποιότητα της εικόνας ή να αναγνωριστεί η φωνή. Ακόμη και μια απλή τηλεφωνική κλήση βασίζεται σε τέτοιες μαθηματικές έννοιες. Τα Διακριτά Μαθηματικά είναι, λοιπόν, ο «αόρατος μεταφραστής» που επιτρέπει στα σήματα να γίνουν κατανοητά και επεξεργασίμα από τις έξυπνες συσκευές μας. Τέλος, τα Διακριτά Μαθηματικά συμμετέχουν εμφανώς στην δημιουργία αλγορίθμων, στην κωδικοποίηση και στις γλώσσες προγραμματισμού με διαφορετικό τρόπο σε κάθε περίπτωση. Η συνδυαστική και η θεωρία των γράφων που αναφέρθηκαν παραπάνω παρέχουν την θεωρητική βάση για την δημιουργία αλγορίθμων, ενώ η λογική και η θεωρία αριθμών συνδράμουν στην κωδικοποίησή τους με την βοήθεια κάποιων γλωσσών προγραμματισμού.

Κλείνοντας, λοιπόν, συμπεραίνουμε πως τα Διακριτά Μαθηματικά δεν είναι απλώς ένας ακόμη κλάδος των μαθηματικών, αλλά αποτελούν τα θεμέλια στα οποία στηρίζεται ο ψηφιακός μας κόσμος. Οι έννοιες που αναπτύχθηκαν μέσα σε αυτόν τον κλάδο βρίσκονται παντού γύρω μας, από τους αλγορίθμους πίσω από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούμε, μέχρι τα δίκτυα που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ μας. Τελικά, πόσο σημαντικά είναι τα Διακριτά Μαθηματικά στη ζωή μας;

Βιβλιογραφία

- Κιαγιάς, Άγγελος. «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα ΕΚΠΑ | Διακριτά Μαθηματικά.» *Opencourses.uoa.gr*, 2015, opencourses.uoa.gr/courses/D116/. Accessed 11 Mar. 2025.
- Μαρινοπούλου, Ειρήνη. «Εκπόνηση Εκπαιδευτικής Ιστοσελίδας στα Διακριτά Μαθηματικά», *Aristotle University of Thessaloniki, ikee.lib.auth.gr*. Sept. 2014.
- Παυλάκος, Περικλής. «Η Αρχή του Περιστερώνα (Pigeonhole Principle) στα Σεμινάρια Μαθηματικών» *Το φ*, Σεπτέμβριος 2017, to-phi.gr
- Συνεισφέροντες στα εγχειρήματα Wikimedia. «Αρχή του περιστερώνα.» *Wikipedia.org*, Wikimedia Foundation, Inc., 19 June 2023, el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%87%CE%84%CE%BF%CF%85_%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CF%8E%CE%BD%CE%B1. Accessed 11 Mar. 2025.
- Συνεισφέροντες στα εγχειρήματα Wikimedia. «Διακριτά μαθηματικά.» *Wikipedia.org*, Wikimedia Foundation, Inc., 8 July 2011, el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B9%CF%84%CE%AC_%CE%BC%CE%B1%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC. Accessed 11 Mar. 2025.
- Συνεισφέροντες στα εγχειρήματα Wikimedia. «Θεσιακό σύστημα αρίθμησης με βάση το 2.» *Wikipedia.org*, Wikimedia Foundation, Inc., 2 Nov. 2005, el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CF%85%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1. Accessed 11 Mar. 2025.
- Συνεισφέροντες στα εγχειρήματα Wikimedia. «Ψηφιακή επεξεργασία σήματος.» *Wikipedia.org*, Wikimedia Foundation, Inc., 19 Nov. 2011, el.wikipedia.org/wiki/%CE%A8%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE_%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CF%83%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82. Accessed 11 Mar. 2025.
- Τσιρώνη, Ιουλία, and Αναστασία Κουμουτσίδη. «ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟ ΔΥΑΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ ΤΣΙΡΩΝΗ ΙΟΥΛΙΑ ΚΟΥΜΟΥΤΣΙΔΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΚΑΛΑΠΟΔΗ ΑΛΕΚΑ». 2012.
- «Ψηφιακή Επεξεργασία Σημάτων.» *Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο - eClass*, 2014, eclass.hmu.gr/.
- Mayr, Richard. «Discrete Mathematics, Chapter 3: Algorithms.» *homepages.inf.ed.ac.uk*

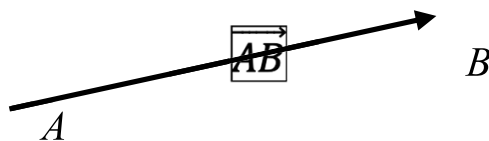
Διανυσματικές πράξεις:

Ενδιαφέροντα στοιχεία και εφαρμογές

Κωνσταντίνος
Μαστέλλος, B4

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

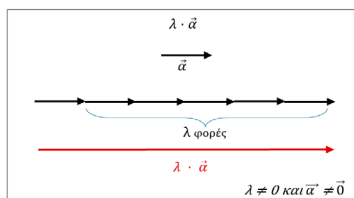
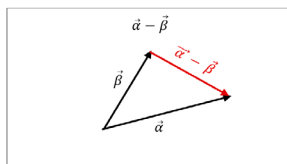
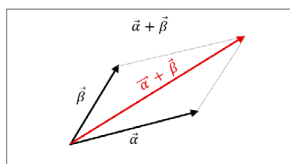
(Ευκλείδειο) Διάνυσμα θεωρείται ένα προσανατολισμένο ευθύγραμμο τμήμα, δηλαδή τα δύο άκρα του θεωρούνται διατεταγμένα και ονομάζονται αντίστοιχα αρχή και πέρας του διανύσματος. Διάνυσμα με αρχή το σημείο A και πέρας το σημείο B συμβολίζεται $\overrightarrow{AB}$. Αν η αρχή και το πέρας ενός διανύσματος ταυτίζονται τότε έχουμε το μηδενικό διάνυσμα.



Κάθε διάνυσμα διαθέτει μέτρο – το μήκος του τμήματος – και κατεύθυνση. Το μέτρο ενός μη-μηδενικού διανύσματος συμβολίζεται $|\overrightarrow{AB}|$. Αν ένα διάνυσμα έχει μέτρο 1, τότε λέγεται μοναδιαίο διάνυσμα.

ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ

Ακολουθούν σχηματικά οι πράξεις της πρόσθεσης/αφαίρεσης διανυσμάτων και πολλαπλασιασμός αριθμού-διανύσματος.



ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΟΣ

Ένα διάνυσμα δύο διαστάσεων μπορεί να χαρακτηριστεί από τις συντεταγμένες του πέρατός του, εάν έχει την αρχή του στο $O(0,0)$ του καρτεσιανού συστήματος αξόνων. Έτσι αν θεωρήσουμε ένα διάνυσμα $\vec{a}$ με την αρχή του στο $O(0,0)$ πέρας στο σημείο $A(x, y)$, γράφουμε $\vec{a} = (x, y)$. Το μέτρο του μπορεί να υπολογιστεί με τον τύπο: $|\vec{a}| = \sqrt{x^2 + y^2}$

Οι προηγούμενες πράξεις μπορούν να πραγματοποιηθούν καθαρά αλγεβρικά αν εκφράσουμε τα εμπλεκόμενα διανύσματα ως συντεταγμένες στο επίπεδο. Προσθέτουμε/αφαιρούμε ομότιμες συντεταγμένες δυο διανυσμάτων και πολλαπλασιάζουμε όλες τις συντεταγμένες ενός διανύσματος με έναν μη-μηδενικό αριθμό λ όταν πρόκειται για πολλαπλασιασμό αριθμού-διανύσματος.

Η παραπάνω λογική αναπαράστασης διανύσματος και πράξεων γενικεύεται και πέρα από τις δύο διαστάσεις: Κάθε διάνυσμα n -διαστάσεων μπορεί να γραφεί ως μια διατεταγμένη n -άδα αριθμών:

$$\vec{a} = (a_1, a_2, a_3 \dots a_n)$$

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΓΙΝΟΜΕΝΟ ΔΥΟ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΩΝ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πράξη του εσωτερικού γινομένου δυο διανυσμάτων αφού είναι μια πράξη μεταξύ δύο διανυσμάτων η οποία δίνει ως αποτέλεσμα έναν πραγματικό αριθμό. Η ερμηνεία και η σημασία του εσωτερικού γινομένου αποτελεί το επίκεντρο του πρώτου μέρους του άρθρου μας.

Συγκεκριμένα:

Εσωτερικό γινόμενο δύο μη-μηδενικών διανυσμάτων ορίζεται ως το γινόμενο των μέτρων των δύο διανυσμάτων επί το συνημίτονο της γωνίας που σχηματίζουν:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos \hat{\phi}$$

, όπου $\hat{\phi}$ η γωνία των δύο διανυσμάτων

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ:

Αν $\vec{a} \perp \vec{b}$, τότε $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$

Αν $\vec{a} \parallel \vec{b}$, τότε $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$

Αν $\vec{a} \uparrow \vec{b}$, τότε $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$

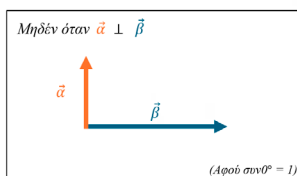
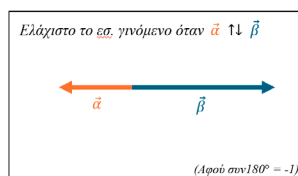
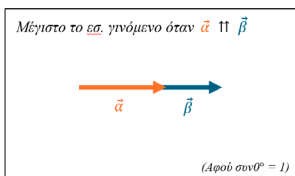
ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΓΙΝΟΜΕΝΟΥ

Εξετάζοντας τον τύπο-ορισμό και τις ιδιότητες του εσωτερικού γινομένου δεν είναι προφανής κάποια συγκεκριμένη ερμηνεία για την μετατροπή διανυσμάτων σε πραγματικό αριθμό. Όμως το εσωτερικό γινόμενο μπορεί να κατανοηθεί ως μια αλγεβρική τιμή με την οποία αξιολογούμε πόσο «μοιάζουν» δυο διανύσματα.

Ας σκεφτούμε την έννοια του έργου δύναμης στη φυσική:

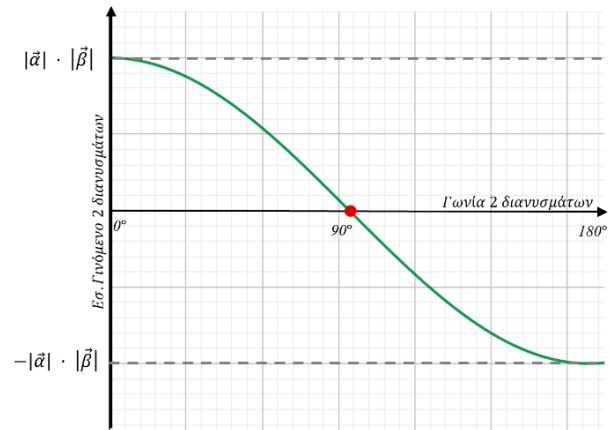
$$WF = |\vec{F}| \cdot |\Delta x| \cdot \cos \theta$$

Όταν τα διανύσματα της δύναμης και της μετατόπισης έχουν μικρή γωνία (οι κατευθύνσεις τους «μοιάζουν») θεωρούμε ότι η δύναμη «βοηθά» την κίνηση ενώ όταν έχουν μεγαλύτερη γωνία η δύναμη φαίνεται να «εμποδίζει» την κίνηση. Στις δύο περιπτώσεις το έργο παίρνει είτε μια θετική αλγεβρική τιμή είτε μια αρνητική τιμή.



Φαίνεται πως αυτή η τιμή «ομοιότητας» των δύο διανυσμάτων δίνει βάση στη κατεύθυνσή τους. Το εσωτερικό γινόμενο γίνεται μέγιστο όταν τα διανύσματα είναι ομόρροπα, ελάχιστο όταν είναι αντίρροπα. Όταν είναι κάθετα μηδενίζεται, δηλαδή οι κατευθύνσεις τους δεν έχουν καμία σχέση.

Ακόμα, αυτή η τιμή «ομοιότητας» παρουσιάζει μορφή ημιτονοειδούς κύματος:



Βλέπουμε ότι τα μέτρα των δύο διανυσμάτων επηρεάζουν την τιμή του εσ. γινομένου γραμμικά.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΑΞΕΩΝ

Όλες οι διανυσματικές πράξεις βρίσκουν εφαρμογή στον κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης στα Large Language Models, όπως το ChatGPT. Με απλά λόγια, αυτά τα μοντέλα παράγουν κείμενο κάνοντας μια σειρά προβλέψεων για την επόμενη λέξη κάθε πρότασης. Για την επεξεργασία και σύγκριση της πληροφορίας χρησιμοποιούνται διανύσματα.

Όλα αρχίζουν με την βάση δεδομένων της Τεχνητής Νοημοσύνης (T.N.), έναν πίνακα δηλαδή με όλες τις λέξεις που μπορεί να χρησιμοποιήσει:

Λέξη 1	Λ2	Λ3	Λ4	Λ5	...	Λn
4.2	4.6	3.1	4.2	7.3		...
5.4	2.8	6.5	...	...		...
9.2	0.9	8.9	...	...		...
9.3	2.3	0.4	...	...		...
0.4	1.5	6.7	...	...		...
8.8	5.2	9.9	...	...		...
...	...	...	...	...		...

Με μια διαδικασία που ονομάζεται *tokenization* η κάθε λέξη «σπάει» σε κομμάτια (*tokens*) και στο κάθε ένα δίνονται αριθμητικές τιμές. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης αυτές οι τιμές είναι τυχαίες. Όμως μετά από προπόνηση, με επιβραβεύσεις και ποινές η T.N. μπορεί να δίνει αυτές τις τιμές με κάποια συνέπεια στο νόημα της κάθε λέξης.

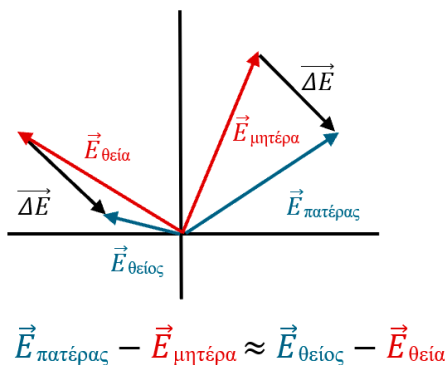
Έτσι κάθε λέξη αντιστοιχεί σε μια διατεταγμένη ν-άδα αριθμών. Άρα μπορεί να παραστεί διάνυσμα *n* διαστάσεων. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *vector embedding*. Αξίζει να σημειώσουμε πως αυτά τα διανύσματα είναι πολύ υψηλών διαστάσεων (12.000+), για τις ανάγκες του άρθρου θα «προβάλουμε» αυτά τα διανύσματα στο επίπεδο.

ΠΩΣ ΑΞΙΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΑΥΤΑ ΤΑ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ

Νοηματικές σχέσεις μεταξύ λέξεων, «μεταφράζονται» σε πράξεις μεταξύ διανυσμάτων:

Παράδειγμα 1:

Το διάνυσμα της διαφοράς του διανύσματος της λέξης «πατέρας» και «μητέρα» είναι σχεδόν ίσο με τη διαφορά του «θείου» και τις «θείας»:



Η παραπάνω σχέση φαίνεται να ισχύει και σε άλλες «παράλληλες» έννοιες: «αδελφός» - «αδελφή», «παππούς» - «γιαγιά», «βασιλιάς» - «βασιλίσσα»

Παράδειγμα 2:

Η T.N. μπορεί να κάνει «διασυνδέσεις» προσθέτοντας και αφαιρώντας διανύσματα λέξεων:

$\vec{E}_{\text{Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος}} + \vec{E}_{\text{Γερμανία}}$

$\vec{E}_{\text{Χίτλερ}} \approx \vec{E}_{\text{Μουσολίνι}}$

$\vec{E}_{\text{Γερμανία}} + \vec{E}_{\text{Σούσι}} - \vec{E}_{\text{Ιαπωνία}} \approx \vec{E}_{\text{Μπράτ-βουρστ}}$

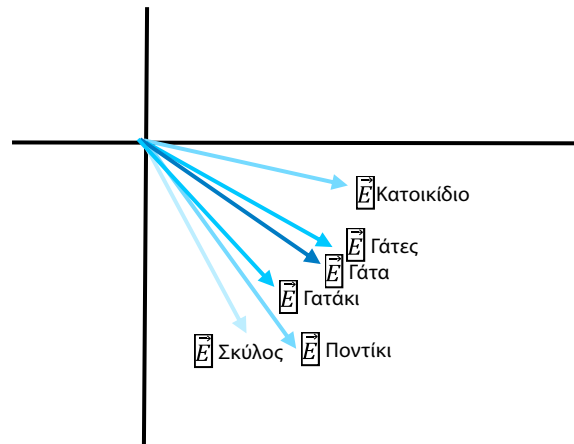
Η παραπάνω διαδικασία είναι βασική για την παραγωγή κειμένου, αφού η T.N. «οδηγείται» σε σχετι-

κές «προβλέψεις» λεκτικών συνόλων

Μπορείτε να σκεφτείτε και άλλα παραδείγματα τέτοιων σχέσεων;

Παράδειγμα 3:

Η T.N. χρησιμοποιεί το εσωτερικό γινόμενο για να αξιολογήσει πόσο «κοντά» είναι δύο έννοιες



Μεγάλο Εσωτερικό Γινόμενο $\Rightarrow$ Μικρή Γωνία

$\Rightarrow$ Παρόμοιες Κατευθύνσεις $\Rightarrow$

«Κοντινές» Έννοιες

Άρα η κατεύθυνση των διανυσμάτων είναι ένα μέγεθος που σχετίζεται με τη σημασία μιας λέξης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Τα διανύσματα αποτελούν μια έννοια των μαθηματικών που ενώ εκ πρώτης όψεως φαίνονται αφηρημένα και χωρίς πρακτικές εφαρμογές αποτελούν εργαλεία με εφαρμογές σε πολλούς τομείς των θετικών επιστημών. Καλύπτουν έτσι την ανάγκη για αναπαράσταση πληροφορίας με αποτελεσματικό τρόπο.

Βιβλιογραφία

Mikolov, Tomas, et al. "Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space." arXiv preprint, 2013, arXiv:1301.3781.

Αδαμόπουλος, Λεωνίδας, Βασίλειος Βισκαδουράκης, Δημήτριος Γαβαλάς, Γεώργιος Πολύζος, και Ανδρέας Σβέρκος. Μαθηματικά Ομάδας Προσανατολισμού Β' Γενικού Λυκείου. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος», 2021. ISBN 9789600624236.

3Blue1Brown. "Transformers (How LLMs Work) Explained Visually | DL5." YouTube, 11 months ago, www.youtube.com/watch?v=wjZofJX0v4M.

Εσύ ακούς χρώματα;

Ματθαίος
Ζαμπίκος Α3

Η συναισθησία ορίζεται ως μια κατάσταση κατά την οποία η παρουσία ενός αισθητηριακού ερεθίσματος επηρεάζει και ενεργοποιεί ένα άλλο αισθητηριακό ερέθισμα. Αυτό σημαίνει ότι όταν λέμε συναισθησία μιλάμε για αντιλήψεις που υπάρχουν ταυτόχρονα στο άτομο. Από την ηλικία των 4 ετών οι συναισθητικοί μπορούν να κοιτάξουν ένα γράμμα και να δουν συγκεκριμένο χρώμα, να αισθανθούν μια γεύση ή να ακούσουν έναν ήχο. Αυτή η κατάσταση κρατάει για όλη τους τη ζωή. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα για την κατάσταση που εκ πρώτης όψεως φαίνεται πολύπλοκη τόσο για τον βιώνοντα όσο και για τους γύρω του.

Η κατάσταση οφείλεται αποκλειστικά σε διαφορές στα συστήματα της μετάδοσης των εγκεφαλικών περιοχών. Εκτός όμως από την αυτοματοποίηση, για να μπορέσει ένα άτομο να αποκαλέσει την τρέχουσα κατάσταση του συναισθησία, θα πρέπει να βιώνει καταστάσεις που η αντίληψη μένει στην μνήμη, είναι ακούσια και πάντα σταθερή. Οι Έλληνες φιλόσοφοι ήταν οι πρώτοι που μίλησαν για αυτό το φαινόμενο τον 17^ο αιώνα αλλά ο πρώτος καταγεγραμμένος συναισθητικός ήταν ο Georg Ludwig Sachs ένας Αυστριακός γιατρός που περιέγραψε δικές του εμπειρίες χρησιμοποιώντας χρώματα για να περιγράψει μουσική το 1812. Όμως το ενδιαφέρον για την συναισθησία εξασθένησε στα επόμενα χρόνια και αναγνωρίστηκε επίσημα την δεκαετία του 1980.

Εκτός από το γεγονός ότι η συναισθησία είναι μια εξατομικευμένη κατάσταση, υπάρχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστι-

κά που παρατηρούνται στα άτομα με συναισθησία. Συγκεκριμένα τα άτομα αυτά έχουν: ισχυρή μνήμη, προχωρημένη φαντασία, ευαίσθητη ιδιοσυγκρασία, συνήθως υψηλό επίπεδο νοημοσύνης, περιστασιακή εξασθένηση συγκέντρωσης και υψηλή συνειρμική ικανότητα.

Η πλειοψηφία των συναισθητικών δεν αντιμετωπίζει προβλήματα νοημοσύνης ή ψυχικής υγείας, μόνο κάποιες δυσκολίες που προκαλούνται από την ταυτόχρονη αντίληψη αισθήσεων. Μετά από μια έρευνα που έγινε με συναισθητικούς που συνδύαζαν ήχους με χρώματα, με τη χρήση ραδιοσυχνότητων παρατηρήθηκε δραστηριότητα σε περιοχές του εγκεφάλου που είχαν να κάνουν με την όραση και την αναπαραγωγή ήχου. Επίσης παρατηρήθηκε πως η λευκή ουσία οργανώνεται με διαφορετικό τρόπο στον εγκέφαλο των συναισθητικών, αφού έχουν περισσότερη φαιά ου-

σία στις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για την αντίληψη.

Αν και η αιτία της συναισθησίας δεν είναι ακόμα εντελώς γνωστή, η γενετική της προέλευση είναι κυρίαρχη. Υπάρχουν όμως βιολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που την προκαλούν όπως: η τύφλωση, ο τραυματισμός στο κρανίο, το εγκεφαλικό επεισόδιο, η αριστερόχειρας, η λήψη ψυχοτρόπων φαρμάκων, η ύπαρξη ασθενειών όπως η μανία, η σχιζοφρένεια, η ψυχοπάθειά και τέλος η επίδραση του φύλου, καθώς το φαινόμενο εμφανίζεται σε ποσοστό μεγαλύτερο στις γυναίκες.

Σήμερα υπάρχουν τουλάχιστον 60 τύποι συναισθησίας. Κάποια παραδείγματα είναι: γραφή-χρώμα, ο ήχος-χρώμα, χρώμα-γεύση, ήχος-αφή, σχήμα-ήχος, σχήμα-αριθμός, γράμμα-χρώμα. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η συναισθησία είναι η αντίληψη μιας αίσθησης μαζί με μια άλλη αίσθηση και ότι ο άνθρωπος διαθέτει 5 αισθητήρια όργανα, δεν αποτελεί έκπληξη ότι η τύποι συναισθησίας είναι τόσοι πολλοί! Οι πιο διαδεδομένες μορφές είναι οι περιπτώσεις γραφής-χρώματος και ήχου-χρώματος. Στην περίπτωση συναισθησίας γραφής-χρώματος τα άτομα μπορούν να αντιληφθούν κάθε γράμμα και αριθμό με ένα χρώμα. Για παράδειγμα βλέπουν το γράμμα Α γραμμένο με μαύρο χρώμα και τον αριθμό 3 ως πράσινο. Στη συναισθησία πάλι ήχου-χρώματος, όλα τα είδη ακουστικών ερεθισμάτων από την καθημερινή ζωή όπως ο θόρυβος της μηχανής, το κουδούνισμα της κόρνας, μπορούν να γίνουν αντιληπτά με διαφορετικό χρώμα για ένα άτομο με αυτόν τον τύπο συναισθητικής αντίληψης. Ακόμα παρουσιάζονται άτομα που έχουν περισσότερο από έναν τύπο συναισθησίας. Οι πιο σπάνιες μορφές είναι αυτές που προκαλούν αίσθηση όσφρησης-γεύσης καθώς και όταν η γεύση παράγει οπτικές και αισθητικές εμπειρίες. Έχει μελετηθεί ότι το 4% των ανθρώπων βιώνουν ένα από τους 3 πιο συνηθισμένους τύπους.

Διάσημοι συναισθητικοί είναι ο μαθηματικός Πυθαγόρας που συσχέτιζε κάθε αριθμό με τη δική του προσωπικότητα, ο συγγραφέας Nabokov συσχέτισε τα γράμματα της αγγλικής αλφαβήτου με την όσφρηση, ενώ μια επιτυχημένη πιανίστας η Rudenki βιώνει μια πολύπλοκη κατάσταση όπου οι ήχοι μετατρέπονται σε εικόνες στον χώρο γύρω της. Τέλος ο καλλιτέχνης Vassily Kandinsky με τα έργα του αντικατοπτρίζει τις εμπειρίες του να βλέπει τη μουσική με χρώματα. Γενικότερα όσοι επιστήμονες και καλλιτέχνες έχουν συναισθητική αντίληψη, την οποία έχουν αναγνωρίσει και ενσωματώσει στη δουλειά και την καθημερινότητα τους, κατάφεραν να την μετατρέψουν σε πολύτιμο πλεονέκτημα, τόσο για τους ίδιους όσο και για τους δέκτες των ποικίλων δημιουργημάτων τους.

Γενικά οι άνθρωποι με συναισθησία απολαμβάνουν δημιουργικές δραστηριότητες καθώς διοχετεύουν τις αισθητηριακές τους εμπειρίες στην τέχνη και τη μουσική. Αντίστοιχα στα παιδιά με συναισθησία παρατηρείται πλουσιότερο λεξιλόγιο και μεγαλύτερη απορρόφηση γνώσεων ενώ άτομα με αριθμό-χρωματική συναισθησία αναφέρουν ότι τα χρώματα τους βοηθούν να θυμούνται αριθμούς και να αποδίδουν καλύτερα σε ασκήσεις μνήμης.

Βιβλιογραφία

- Πεταλωτη, Χριστίνα. "Συναισθησία: Το Χαρακτηριστικό Που Έχουν Ελάχιστοι Άνθρωποι." Ελεύθερο Βήμα Σερρών - Νέα Για Τις Σέρρες Μέσα Από Το e-vima.gr, 30 Apr. 2022, www.e-vima.gr/sinaisthisia-xarakteristikoto-elaxistoi-anthropoi/#google_vignette. Accessed 12 Mar 2025.
- Nelson, Angela. "Synesthesia." WebMD, 17 Dec. 2024, www.webmd.com/brain/what-is-synesthesia. Accessed 12 Mar 2025.
- Watson, Kathryn. "What Is Synesthesia?" Healthline, 24 Oct. 2018, www.healthline.com/health/synesthesia. Accessed 12 Mar 2025.
- Herman, and Laura M. "Synesthesia | Definition, Types, Examples, and Facts." Encyclopedia Britannica, 27 Mar. 2025, www.britannica.com/science/synesthesia. Accessed 12 Mar 2025.

Βιβλιογραφία εικόνων

- Εικόνα 1: PA; Thingholm TE; Rönnstrand L; Rosenberg. "Why and How to Investigate the Role of Protein Phosphorylation in Zip and Znt Zinc Transporter Activity and Regulation." Cellular and Molecular Life Sciences: CMLS, U.S. National Library of Medicine, Aug. 2020, pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32076742/.
- Εικόνα 2: Introduction to Sequencing Methods, www.futurelearn.com/info/courses/making-sense-of-genomic-data-covid-19-web-based-bioinformatics/0/steps/319346. Accessed 22 May 2025.
- Εικόνα 3: Author links open overlay panel Ali Murat Garipcan, et al. "An Efficient 2D Hyper Chaos and DNA Encoding-Based S-Box Generation Method Using Chaotic Evolutionary Improvement Algorithm for Nonlinearity." Chaos, Solitons & Fractals, Pergamon, 28 Dec. 2024, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960077924015042.
- Εικόνα 4: Satish, Swathi, and About Swathi Satish Swathi. Satish is an experienced content writer at ClearIAS specializing in topics such as history. "Chromosome and Chromosomal Disorders in Humans." ClearIAS, 29 Nov. 2022, www.clearias.com/chromosome-chromosomal-disorders/.
- Εικόνα 5: "Genome Editing to Clear Latent Herpesvirus Infection." HHV, 8 Sept. 2016, hhv-6foundation.org/antiviral-treatments/genome-editing-to-clear-latent-herpesvirus-infection.
- Εικόνα 6: Ots. "The Astonishing History, Controversies, and Game-Changing Uses of CRISPR." Oligonucleotide Therapeutics Society, 14 Oct. 2022, www.oligotheapeutics.org/the-astonishing-history-controversies-and-game-changing-uses-of-crispr/.
- Εικόνα 7: "Heart Has Its Own Brain." Scribd, Scribd, www.scribd.com/document/395756971/Heart-has-its-own-brain. Accessed 22 May 2025.
- Εικόνα 8: "Πρότυπα Ιατρείας Μνήμης Για Πρώτη Φορά Στην Ελλάδα." IONIO ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ, ionio.gr/gr/news/20287/. Accessed 22 May 2025.
- Εικόνα 9: Pavlou, Achilleas. "How to Lucid Dream, According to a Psychology Researcher." Newsweek, Newsweek, 25 June 2019, www.newsweek.com/lucid-dream-howto-guide-instructions-1445163.
- Εικόνα 10: "Wallpapercat." WallpaperCat, wallpapercat.com/joy-inside-out-wallpapers. Accessed 22 May 2025.
- Εικόνα 11: News. "AI-Powered Medical Model Promises Faster, Informed Health Care." GV Wire, 12 Mar. 2024, gwire.com/2023/04/14/ai-powered-medical-model-promises-faster-informed-health-care/
- Εικόνα 12: "Artificial Intelligence in Medicine: Advances in Diagnosis, Prevention, Care and the OR." Just-medical! | Topaktuelle Medizinische Plattformen Und Dienstleistungen, www.just-medical.ch/en/blog/medicine-ai.
- Εικόνα 13: Moody, Glyn. "Google's DeepMind AI Group Working with NHS to Develop Patient Care Software." Ars Technica, 1 Dec. 2017, arstechnica.com/information-technology/2016/02/googles-deepmind-ai-group-working-with-nhs-to-develop-patient-care-software/
- Εικόνα 14: "Bot Verification." Research Paper Editing and Writing Services for Scientific Journals, editverse.com/robotic-surgery-enhancing-precision-in-or/
- Εικόνα 15: "Biosensors and AI in Wearable Health Technologies." LinkedIn, 16 Dec. 2024, www.linkedin.com/pulse/biosensors-ai-wearable-health-technologies-vasu-rao-njqbc.
- Εικόνα 16: "Ai Robot Doctor Holding Tablet Clipart." PresenterMedia, www.presentermedia.com/powerpoint-clipart/ai-robot-doctor-pid-29855
- Εικόνα 17: "Prima Gamba Bionica Interamente Guidata Dal Cervello (e Non Da UN Algoritmo) FA Camminare 7 Pazienti Amputati." Corriere Della Sera, 3 July 2024, www.corriere.it/salute/24_luglio_03/gamba-bionica-interamente-guidata-dal-cervello-e-non-da-un-algoritmo-fa-camminare-7-pazienti-amputati-57e1c1a3-7036-4a42-8399-67cf0561axlk.shtml.
- Εικόνα 18: Intagliata, Christopher. "Bringing Sensation to Bionic Limbs." Science Friday, 19 June 2017, www.sciencefriday.com/segments/bringing-sensation-to-bionic-limbs/
- Εικόνα 19: "The Double Amputee Who Designs Better Limbs." NPR, NPR, 10 Aug. 2011, www.npr.org/2011/08/10/137552538/the-double-amputee-who-designs-better-limbs.
- Εικόνα 20: The Editors of Encyclopaedia Britannica. "beta decay." Encyclopedia Britannica, 27 Feb. 2025, https://www.britannica.com/science/beta-decay. Accessed 18 March 2025.
- Εικόνα 21: Wikipedia contributors. "Beta decay." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 18 May. 2025. Web. 22 May. 2025.
- Εικόνα 22: Lal, D, and A J T Jull. "In-Situ Cosmogenic ¹⁴C: Production and Examples of Its Unique Applications in Studies of Terrestrial and Extraterrestrial Processes." Radiocarbon 43.2B (2001): 731–742. Web.

- Εικόνα 23: Bissey, F., et al. "Gluon Flux-Tube Distribution and Linear Confinement in Baryons." *Physical Review D*, vol. 76, no. 11, 27 Dec. 2007, doi:10.1103/physrevd.76.114512.
- Εικόνα 24: 1. Καθημερινή Φυσική. "Πώς πετάνε τα αεροπλάνα"; YouTube, 2 Feb. 2019, www.youtube.com/watch?v=bqAm9-yUBuU. Accessed 28 Feb. 2025.
- Στιγμιότυπο βίντεο (1:11/5:01)
- Εικόνα 25: Thependulumswing. "How Do Birds Fly?" YouTube, 17 Oct. 2012, www.youtube.com/watch?v=3So7OmwnGy8.
- Στιγμιότυπο βίντεο (2:08/2:29)
- Εικόνα 26: Robert. "If Humans Could Fly How Big Would Their Wings Have to Be?"
- Εικόνα 27: Tejasvi, Ravi. *TiO₂-Based Passive Photo-Catalytic Oxidation of Air-Borne VOCs in High Traffic Areas*. 2013. PhD dissertation. DOI: 10.13140/RG.2.2.34855.47523.
- Εικόνα 28: Sipos, Emily. "The Complete Guide to Sapphire Benefits." Photograph. AOV Crystals, 6 Dec. 2023, aovcrystals.com/sapphire-benefits/. Accessed 31 Mar. 2025
- Εικόνα 29: "0.58ct Natural Dark Pink Spinel, Oval, VS." Photograph. Gem Select, www.gemselect.com/spinel/0-58-carat-pink-spinel-oval-loose-natural-gemstone-myanmar-714548.php. Accessed 31 Mar. 2025
- Εικόνα 30: NASA/CXC/Villanova University/J. Neilsen
- Εικόνα 31: [estt/iStock/Getty Images Plus](https://www.gettyimages.com)
- Εικόνα 32: Ιδιωτικό αρχείο της συντάκτριας
- Εικόνα 33: "Kepler's Second Law." Labster Theory Pages, Labster, theory.labster.com/keplers_second_law/. Accessed 22 Mar. 2025.
- Εικόνα 34: Toews, M. W. "File:Ellipse Semi-Major and Minor Axes.Svg." Wikimedia Commons, Wikimedia Foundation, 8 Mar. 2017, commons.wikimedia.org/wiki/File:Ellipse_semi-major_and_minor_axes.svg. Accessed 22 Mar. 2025.
- Εικόνα 35: Cmglee. "File:Solar System Orbital Period vs Semimajor Axis.Svg." Wikipedia, Wikimedia Foundation, 28 Dec. 2021, en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_system_orbital_period_vs_semimajor_axis.svg. Accessed 3 Mar. 2025.
- Εικόνα 36: "Noto Rocket Fireworks Internal - Ishikawa Prefectural Museum of Traditional Arts and Crafts - Kanazawa, Japan." Wikipedia
- Εικόνα 37: allyartist. Fireworks Photograph Exposure Happy. 5 July 2016. Pixabay, <https://pixabay.com/photos/fireworks-photograph-exposure-happy-1494222/>.
- Εικόνα 38: Astronomers Reveal First Image of the Black Hole at the Heart of Our Galaxy: Event Horizon Telescope." Harvard University, eventhorizontelescope.org
- Εικόνα 39: International Energy Agency (IEA). *World Energy Outlook 2023*. International Energy Agency, 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- Εικόνα 40: U.S. Department of Energy, Office of Science. "DOE Explains... Tokamaks." Energy.gov, <https://www.energy.gov/science/doe-explains-tokamaks>.
- Εικόνα 41: Dawson, Chad. "Particle Nature of The Nucleus." SlidePlayer - Upload and Share Your PowerPoint Presentations, slideplayer.com/slide/13373970/. Accessed 11 Mar. 2025.
- Εικόνα 42: "What is a Lithium Blanket and How Does It Work?" EUROfusion, 5 July 2024, euro-fusion.org/faq/what-is-a-lithium-blanket-and-how-does-it-work/. Accessed 11 Mar. 2025
- Εικόνα 43: Bolgar, Catherine. "Microsoft's Majorana 1 chip carves new path for quantum computing". Microsoft, Microsoft, 19 Feb. 2025, news.microsoft.com/source/features/innovation/microsofts-majorana-1-chip-carves-new-path-for-quantum-computing/. Πρόσβαση 25 Feb. 2025.
- Εικόνα 44: OpenAI. AI-generated image of a steaming coffee cup and a pink donut with sprinkles. Created using DALL-E via ChatGPT, version GPT-4-turbo, 2025, <https://chat.openai.com/> Εικόνα 44: "Ettore Majorana". -, Geniuses, -, geniuses.club/genius/ettore-majorana#google_vignette. Πρόσβαση 9 Mar. 2025
- Εικόνα 45: Schutz, Steven. "Capping decades of searching, Princeton scientists observe elusive particle that is its own antiparticle". Princeton University, Princeton University, 2 Oct. 2014, www.princeton.edu/news/2014/10/02/capping-decades-searching-princeton-scientists-observe-elusive-particle-its-own?section=topstories.
- Εικόνα 46: Rauch, Allison. "butterfly effect". Encyclopedia Britannica, 23 Apr. 2025, <https://www.britannica.com/science/butterfly-effect>. Accessed 22 May 2025.
- Εικόνα 47: Wollaston, Sam. "The Secret Life of Chaos and Material Girl." The Guardian, 15 Jan. 2010, <https://www.theguardian.com/tv-and-radio/2010/jan/15/secret-life-of-chaos>.
- Εικόνα 48: DeLaitre, Nicole. "SYMPTOM." SoundCloud, 19 May 2022, <https://soundcloud.com/nicole-delaitre/symptom>.
- Εικόνα 49: Μπαριτάκη, Σοφία. «Fractals: Η μαγεία στη φύση». Πράξη και Πρόσδος, 20 Νοε. 2016, praksi.edu.gr/2016/11/20/20161120_fractals/. Πρόσβαση 23 Feb. 2025.: 59
- Εικόνα 50: Max Planck Institute for Informatics. "Graph Theory." 2011. Web. 22 May 2025. https://resources.mpi-inf.mpg.de/departments/d1/teaching/ss11/graph_theory/.
- Εικόνα 51: Cwelltech. "Megabit (Mb) vs Megabyte (MB): What's the Difference?" Cwelltech, 2025, <https://www.cwelltech.com/megabit-mb-vs-megabyte-mb-whats-the-difference/>. Accessed 22 May 2025.



“Εκείνο που γνωρίζουμε είναι
μηδενικό, εκείνο που
αγνοούμε είναι άπειρο”

-Πιερ Σιμόν Λαπλάς



$$f(x)=ax^2+bx+c$$