



Για ποιόν ΛΟΓΟ αξίζει και είναι γοητευτική η Φυσική;

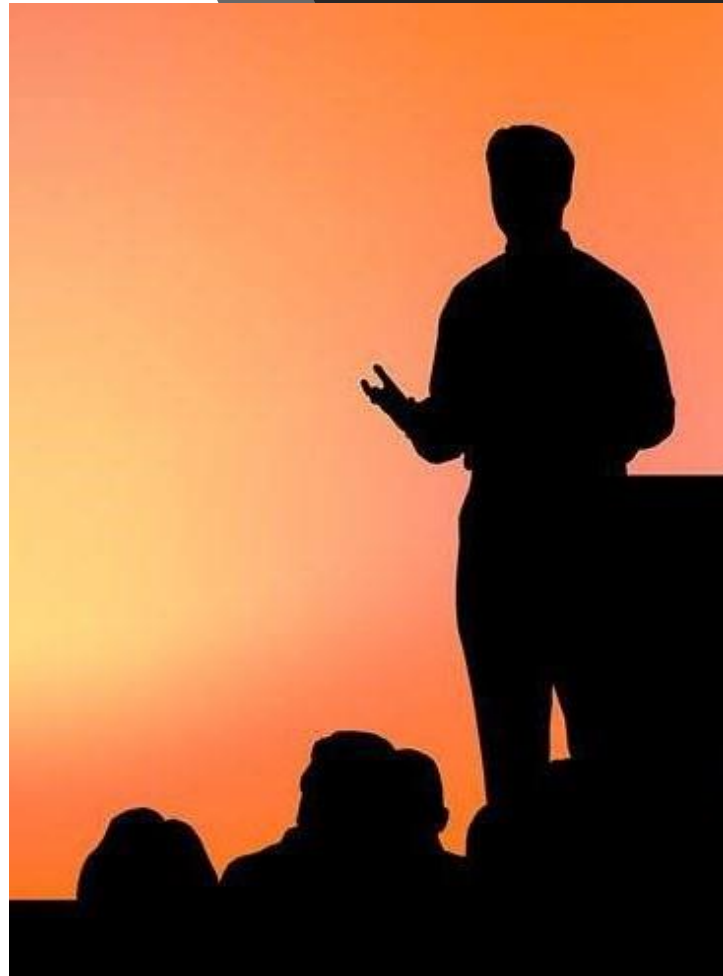


Τάσος Λιόλιος

*Καθηγητής Πυρηνικής και
Αστροσωματιδιακής Φυσικής, ΑΠΘ*

ΠΑΣΑΠΙΑΝ, “Αφιέρωμα στον ΛΟΓΟ” - 11 Φεβρουαρίου 2022

Τί θα πώ



- Λόγος και επιστημονικός λόγος.
- Επιστημονική γνώση και γνώση της **Φυσικής**.
- Φυσικοί νόμοι και η επιστημονική μέθοδος για την ανακάλυψή τους.
- **Η αξία της Φυσικής:**

Η Φυσική ως βασική επιστήμη.

Η Φυσική ως επιστήμη/τεχνολογία με χρησιμότητα και εφαρμογές.

- Ένα **παράδειγμα: Ύλη και αντι-ύλη**.

Περί αντι-σωματιδίων και αντι-ύλης γενικότερα.

Ποζιτρόνια - τα αντι-σωματίδια των ηλεκτρονίων.

Πυρηνική Φυσική για την παραγωγή ποζιτρονίων και χρήση των ποζιτρονίων στην Ιατρική.

Η διαγνωστική-απεικονιστική μέθοδος PET (Positron Emission Tomography) και η συμβολή της στην γνώση της λειτουργίας του εγκεφάλου.

“Λόγος”

Μια ξεχωριστή ελληνική λέξη με πολλές και βαρύνουσες σημασίες.

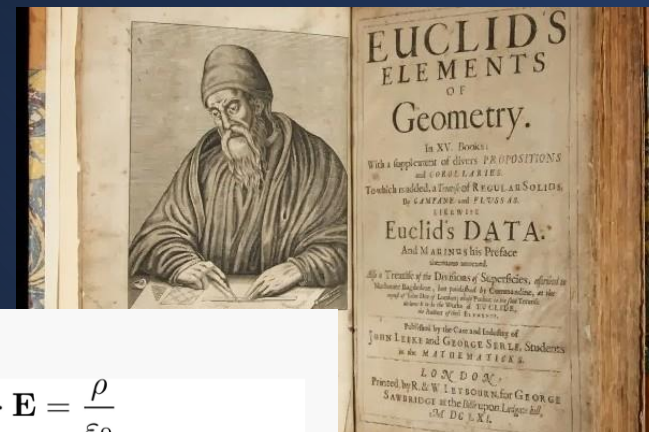
Θα επισημάνω τις εξής:

α) **Λόγος**: η **συνέχουσα αρχή** και η **αρχέγονη αιτία/κατάσταση** του σύμπαντος.

Η αναζήτησή της αρχέγονης αρχής και αιτίας είναι πανάρχαια. Την βλέπουμε στη μυθολογία, στη θρησκεία, στην φιλοσοφία.

β) **Λόγος**: ο **γενικός φυσικός νόμος** που ορίζει την εξέλιξη των πάντων, το “γίγνεσθαι”.

Για την σύγχρονη Φυσική, η ανακάλυψη και η επιστημονική διατύπωσή του γενικού φυσικού νόμου, του “αρχέγονου Λόγου” αποτελεί σήμερα το “ιερό δισκοπότηρο” της επιστήμης, και είναι γνωστή με το όνομα “**Θεωρία των πάντων**”.

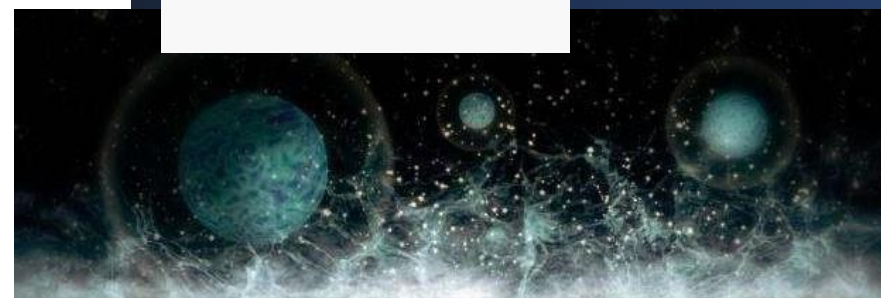


$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$



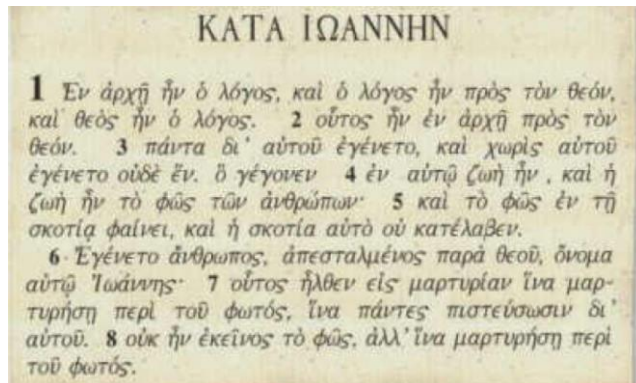
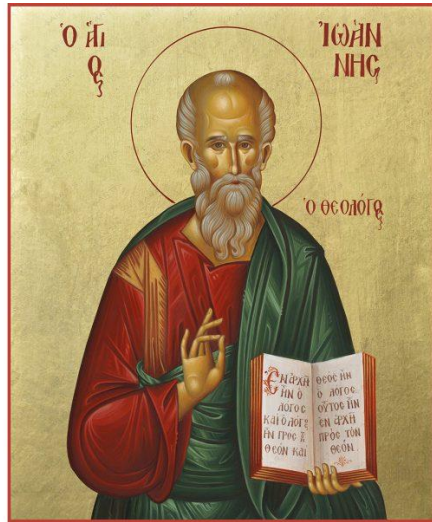
Θρησκευτικός Λόγος

Ο ευαγγελιστής Ιωάννης

έγραψε για τον Λόγο, θεολογώντας:

Ἐν ἀρχῇ ἦν ὁ Λόγος,

καὶ ὁ Λόγος ἦν πρὸς τὸν Θεόν, καὶ Θεὸς ἦν ὁ Λόγος. Οὗτος ἦν ἐν ἀρχῇ πρὸς τὸν Θεόν. Πάντα δι' αὐτοῦ ἐγένετο, καὶ χωρὶς αὐτοῦ ἐγένετο οὐδὲ ἓν ὃ γέγονεν... (Ιω. 1,1-1,5)



Αν αφαιρέσουμε από το εδάφιο την θεολογική συνιστώσα, προκύπτει ένα μάλλον φιλοσοφικό κείμενο:

Εν αρχή ην ο Λόγος... Πάντα δι' αυτού εγένετο, και χωρίς αυτού εγένετο ουδέ ἐν ὃ γέγονεν...

Εν αὐτῷ ζωὴ ην, και η ζωὴ ην το φως των ανθρώπων. Και το φως εν τη σκοτία φαίνει...

που δείχνει κάποια συγγένεια με τις απόψεις των Ιώνων φιλοσόφων.

Φιλοσοφικός “Λόγος”

Η λέξη «λόγος» αρχικά σήμαινε τη λεκτική εκφορά, τα **λόγια**.

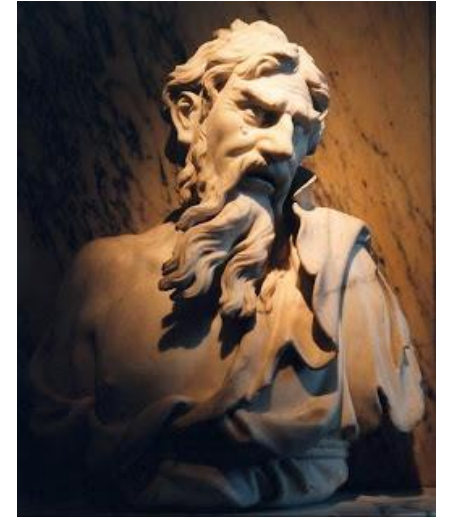
Ο **Ηράκλειτος** (από την Έφεσο, 6^{ος} αιώνας π.Χ.) είναι ο πρώτος που εντάσσει τον Λόγο στη γλώσσα της **φιλοσοφίας**, δίνοντάς του μάλιστα κεντρική σημασία.

*Του δε λόγου τουδ' εόντος αεί,
αζύνετοι γίνονται άνθρωποι
και πρόσθεν ή ακούσαι και ακούσαντες το πρώτον.*

*Ενώ τούτος εδώ ο λόγος υπάρχει αιώνια,
αστόχαστοι γίνονται οι άνθρωποι
και πριν τον ακούσουν και αφού πρώτα τον ακούσουν.*

Ο Λόγος λοιπόν υπάρχει αντικειμενικά, βρίσκεται πίσω από την επιφάνεια των πραγμάτων, στην ίδια τη **δομή του Κόσμου**. Δίνει το **μέτρο**, τη **διάταξη** και την **αρμονία** των πραγμάτων.

Οι άνθρωποι όμως δεν δίνουν την δέουσα προσοχή για να τον ακούσουν ή να τον καταλάβουν.



Ο Ηράκλειτος λέει ότι ο ΚΟΣΜΟΣ, ίδιος για όλους, υπάρχει αιωνίως, με μεταβολές που ελέγχονται από τον ΛΟΓΟ - ΔΙΚΗ.

Κόσμον τόνδε, τον αυτόν πάντων, ούτε τις θεών ούτε ανθρώπων εποίησεν, αλλ' ην αεί και έστιν και έσται πυρ αείζων, απτόμενον μέτρα και αποσβεννύμενον μέτρα.... Ήλιος ουχ υπερβήσεται μέτρα. Ει δε μη, Ερινύες μιν Δίκης επίκουροι εξευρήσουσιν.

Φιλοσοφικός “Λόγος”

Ο Ηράκλειτος υποστήριξε την ιδέα της **συνεχούς αλλαγής** που διέπει ως νόμος το σύμπαν. Δική του είναι η φράση «Κανείς δεν μπορεί να μπει στο ίδιο ποτάμι δύο φορές».

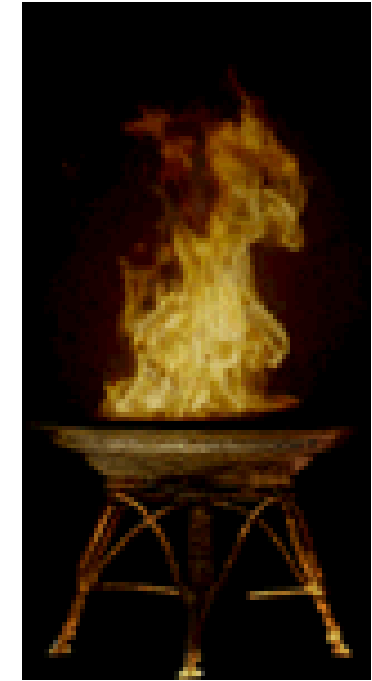
Ο κόσμος για τον Ηράκλειτο δεν είναι αποτέλεσμα δημιουργίας ή γένεσης, αλλά προϋπάρχει προαιώνια ως ζωντανή φωτιά, η οποία εναλλάξ δυναμώνει και εξασθενεί, χωρίς ποτέ να σβήνει.

Το αείζων πυρ.

Πίστευε στο ότι ο κόσμος δημιουργείται από τη «φωτιά», την αντίθεση (έρις) και τον πόλεμο μεταξύ των αντιθέτων.

Ο κόσμος του Ηράκλειτου, παρά την επιφανειακή του αστάθεια, διέπεται από **ενότητα**, από κρυφή **αρμονία**, από **Λόγο**.

Λίγο μετά τον Ηράκλειτο, η πολυσήμαντη λέξη “**λόγος**” σηματοδοτεί, στα συμφραζόμενα της φιλοσοφίας, άλλοτε την **αναλογία** και το **μέτρο**, άλλοτε τον **συλλογισμό** και άλλοτε την **ορθή σκέψη**.



Η φράση που χαρακτηρίζει τη φιλοσοφία του Ηρακλείτου είναι:

**Πάντα ρει, πάντα χωρεί και
ουδέν μένει.**

Τα πάντα ρέουν, τα πάντα
προχωρούν, και τίποτα δεν μένει
ακίνητο!

Η αναζήτηση της επιστημονικής μεθόδου

Το θέμα της επιστημονικής μεθόδου συνδέθηκε αρχικά με το όνομα του **Francis Bacon**.

Ο Βάκων συνιστούσε αυτό που σήμερα ονομάζουμε **επαγωγισμό**, δηλαδή την προσεκτική παρατήρηση της φύσης, τη συλλογή και ταξινόμηση παρατηρήσεων, τη συναγωγή εξ αυτών γενικεύσεων, που είναι οι φυσικοί νόμοι.

Εμπειρισμός ονομάζεται η θεωρία που υποστηρίζει πως οτιδήποτε γνωρίζουμε για τον κόσμο, προέρχεται από την **εμπειρία που αποκτάται μέσω των αισθήσεων**. Η εμπειριστική θεώρηση συνδέεται κυρίως με τον **Τζων Λοκ**.

Οι θέσεις του εμπειρισμού, εξελίχθηκαν υπό μια συνεχή διαμάχη με τον **σκεπτικισμό** και τον **David Hume**. Η διαμάχη αυτή οδήγησε στην κριτική θεώρηση των θέσεων του εμπειρισμού από τον **Κάντ** και μετέπειτα, κατά τον 20ο αιώνα, κυρίως από τον **Βιτγκενστάιν**.

Ιστορικά, ο εμπειρισμός αντιπαραβάλλεται με τον **ρασιοναλισμό ή ορθολογισμό**, κατά τον οποίο ο νους είναι η πηγή της γνώσης και όχι οι αισθήσεις που μπορεί να μας εξαπατούν. Στις μέρες μας αυτός ο διαχωρισμός θεωρείται απλουστευτικός εξαιτίας της αποδοχής των κλασικών ορθολογιστών (**Ντεκάρτ, Σπινόζα, Λάιμπνιτς**) της εμπειρικής απόδειξης, όπως επίσης και της διαισθητικής γνώσης και χρήσης της λογικής των εμπειριστών για διάφορες έννοιες (πχ. η ύπαρξη του Θεού).



Φράνσις Μπέικον



Ντέιβιντ Χιούμ

Επιστημονικός “Λόγος” και θεμέλια της γνώσης

Σύμφωνα με τον **Λογικό Θετικισμό** (το κύριο ρεύμα της επιστημολογίας μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα), θεμέλιο της γνώσης είναι η **εμπειρία**, ενώ η ίδια η γνώση οργανώνεται αποκλειστικά και μόνον από τη **Λογική**, όπως αυτή αναπτυσσόταν τότε σε ισχυρότατο εργαλείο (Φρέγκε, Ράσελ,...).

Η **Λογική** θεωρείται ικανή να αντιμετωπίσει και να οργανώσει ολόκληρη τη γνώση όπως μας την παρέχει η εμπειρία, ενώ αυτή η **σύζευξη εμπειρίας και λογικής** φαίνεται ικανή να νομιμοποιήσει φιλοσοφικά όλες τις νέες και καινοτόμες θεωρίες τόσο της Φυσικής όσο και των Μαθηματικών.

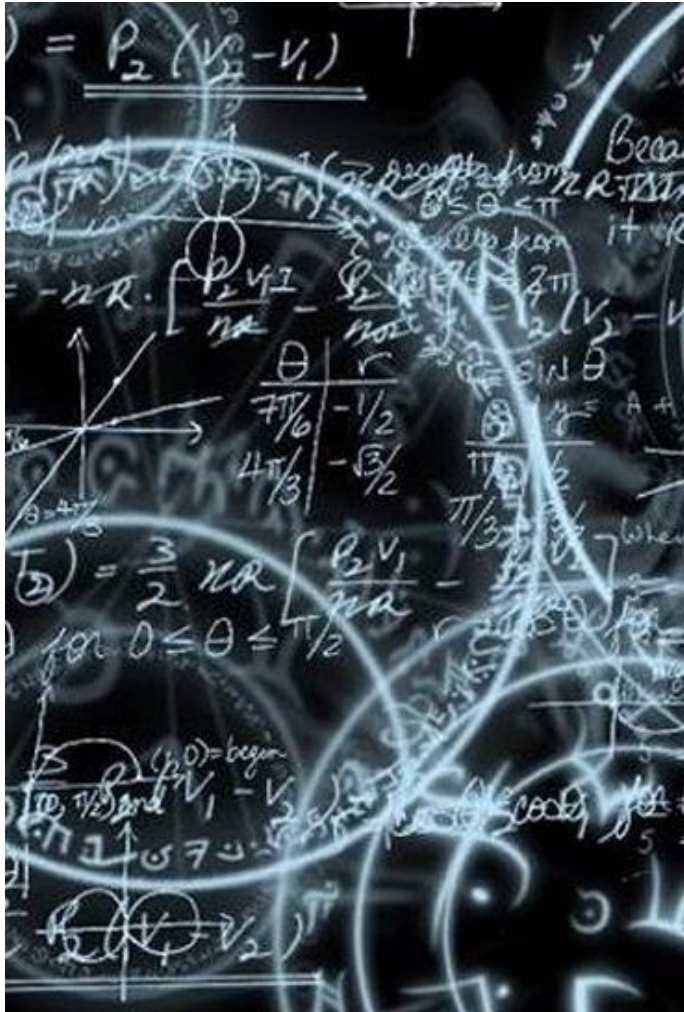
Για την περίπτωση της **Φυσικής**, είχαμε δεχθεί επί αιώνες τη **θεωρία του Νεύτωνα**, αφού δεν υπήρχαν εμπειρικά δεδομένα ούτε των πολύ μεγάλων ταχυτήτων (όπως μας δείχνει η **Θεωρία της Σχετικότητας**) ούτε των πολύ μικρών αποστάσεων (όπως μας δείχνει η **Κβαντική Μηχανική**).

Άρα, από τη στιγμή που η εμπειρία μας διευρύνεται έτσι ώστε να έρθει σε επαφή με τις μεγάλες ταχύτητες ή να αγγίζει το πολύ μικρό, ευλόγως δημιουργούνται **νέες θεωρίες που δεν τις περιμέναμε**, νέες θεωρίες που εμπεριέχουν ως ειδικές περιπτώσεις τις προηγούμενες θεωρίες.



Κύκλος της Βιέννης και
Λογικός Θετικισμός

Επιστημονικός “Λόγος” και θεωρία της γνώσης



Οι λογικοί θετικιστές ήθελαν να αξιοποιήσουν τα τελευταία συμπεράσματα και τις προόδους στις επιστήμες (κυρίως στη **λογική**, τα μαθηματικά και τη φυσική) για να διατυπώσουν **μία επιστημονικά αξιόπιστη θεωρία γνώσης** που θα αντικαθιστούσε την αντίστοιχη παραδοσιακή φιλοσοφία. Οπότε, υπό μία έννοια, δεν ήταν γι' αυτούς τόσο η φιλοσοφία που θεμελίωνε τις επιστήμες, όσο **οι επιστήμες που θεμελίωναν τη φιλοσοφία**.

Αυτή η στήριξη στα πιο σύγχρονα επιτεύγματα της επιστήμης καθιστούσε τη **νέα φιλοσοφία δύσκολη και δυσπρόσιτη** για τους πολλούς φιλοσόφους που δεν είχαν υπόβαθρο θετικών επιστημών.

Παλιά η φιλοσοφία απαιτούσε γνώσεις ιστορικές και γνώσεις λογοτεχνίας. **Σήμερα απαιτεί εξοικείωση με τις μαθηματικές επιστήμες και τις σύγχρονες πειραματικές τεχνικές της φυσικής**. Πώς θα μπορεί κανείς να κρίνει μια θεωρία γνώσης, εάν δεν έχει δει ποτέ του γνώση στην πιο εξέχουσα μορφή της;

Λίγα για την μεθοδολογία της επιστήμης

Η μέθοδος του επαγωγισμού είναι αυτή που επιβιώνει ως σήμερα στις αντιλήψεις των ανθρώπων ως η κατ' εξοχήν επιστημονική μέθοδος. Ωστόσο, παρ' ότι εύλογη, έχει επικριθεί από πολλούς. Έχει υποστηριχθεί, π.χ., ότι δεν είναι δυνατόν να παρατηρούμε τη φύση γενικώς, αν δεν έχουμε προηγουμένως κατά νου **μία υπόθεση εργασίας να καθοδηγεί την έρευνά μας**. Αν δεν διαθέτουμε ένα τέτοιο οδηγητικό νήμα είναι σαν να προχωρούμε στα τυφλά μες στο σκοτάδι.

Η επιστήμη λοιπόν δεν μπορεί να κινείται μόνο **επαγωγικά**, αλλά και **απαγωγικά**. Ο ερευνητής χρειάζεται να έχει μια καθοδηγητική ιδέα, μια υπόθεση εργασίας, για να ξεκινήσει τη μελέτη των φαινομένων. Αυτή η υπόθεση εργασίας δεν είναι μια αυθαίρετη σκέψη και φαντασίωση του ερευνητή, αλλά προκύπτει από υπάρχουσες θεωρίες και πειραματικά θεμελιωμένων εξηγήσεων. Άρα, η απαγωγική δομή των θεωριών είναι σημαντικό προαπαιτούμενο για την πειραματική διαδικασία. Η προβληματική αυτή, η οποία εκφράζεται ως το **υποθετικό-απαγωγικό μοντέλο**, αναγνωρίζει μια σχετική αυτονομία στη θεωρία και με την έννοια αυτή θέτει φραγμούς στον αυστηρό επαγωγισμό του Μπέικον.

Η ανάλυση του Hume έδειξε ότι η συναγωγή μιας ενικής πρόβλεψης, μιας πρόβλεψης δηλαδή που αφορά ένα μεμονωμένο συμβάν, ή ενός καθολικού νόμου από ένα πεπερασμένο σύνολο παρατηρήσεων δεν είναι δυνατόν να γίνει με βεβαιότητα. Δηλαδή, στηριζόμενοι σ' ένα **αναγκαστικά πεπερασμένο σύνολο παρατηρήσεων** που έχουμε συγκεντρώσει, δεν μπορούμε να συμπεράνουμε και να είμαστε έτσι απολύτως βέβαιοι, ότι η όποια πρόβλεψή μας, είτε αυτή αφορά ένα μεμονωμένο γεγονός ή περίπτωση είτε το σύνολο γεγονότων ή περιπτώσεων, είναι αληθής. Π.χ., δεν μπορούμε να ισχυρισθούμε με απόλυτη βεβαιότητα ότι ο ήλιος θα ανατείλει αύριο επειδή ανέτειλε όλες τις προηγούμενες ημέρες. Ούτε μπορούμε να ισχυρισθούμε κατηγορηματικά ότι “Όλοι οι κύκνοι είναι λευκοί” επειδή όλοι οι κύκνοι που παρατηρήσαμε έως τώρα ήταν λευκοί. **Ένα πεπερασμένο σύνολο παρατηρήσεων, μας αφήνει πάντα με αμφιβολία για την αλήθεια του συμπεράσματος.**

Επιστημονική ανάπτυξη και πρόοδος

Η επιστήμη αναπτύσσεται με την **εγκαθίδρυση επικυρωμένων θεωριών**.

Η μετάβαση από τη μια επιστημονική θεωρία στην άλλη δεν αποτελεί πρόβλημα για τούς Λογικούς Θετικιστές. Το φαινόμενο περιγράφεται από τη Θεωρία της Αναγωγής (Reduction), σύμφωνα με την οποία η ακολουθία των επικυρωμένων θεωριών **επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση της παλιότερης θεωρίας στο ευρύτερο φάσμα μιας νέας θεωρίας**, της οποίας έκτοτε αποτελεί ειδική περίπτωση.

Η αναγωγή οδηγεί στην **εικόνα της επιστημονικής προόδου**.

Η **πρόοδος** της επιστήμης είναι μια **συνεχής, συσσωρευτική διαδικασία**. Οι θεωρίες επεκτείνονται και καλύπτουν ευρύτερα φάσματα ή ενσωματώνονται σε σφαιρικότερες θεωρίες, που ενοποιούν διακριτούς μέχρι τότε επιστημονικούς τομείς. Οι παλιότερες επιτυχίες των θεωριών δεν απορρίπτονται, αλλά διατηρούνται και επεκτείνονται. Υπάρχει πάντοτε δυνατότητα αντικειμενικής σύγκρισης των διαδοχικών θεωριών, με καθαρά λογικές μεθόδους - συμβιβασιμότητα, εγκλεισμός, σύνθεση κτλ. Η αντίληψη αυτή στηρίζεται στην παραδοχή ότι οι διαδοχικές (ή και αντιμαχόμενες) θεωρίες **εκφράζονται στο ίδιο περιγραφικό λεξιλόγιο** ή σε λεξιλόγια δυνάμενα να «μεταφραστούν» στο ίδιο ιδίωμα. Το κοινό αυτό έδαφος σύγκρισης (λεξιλόγιο ή ιδίωμα) είναι για τούς Λογικούς Θετικιστές ή **παρατηρησιακή γλώσσα**.



Οι επιστημονικές θεωρίες έχουν ιστορική υπόσταση

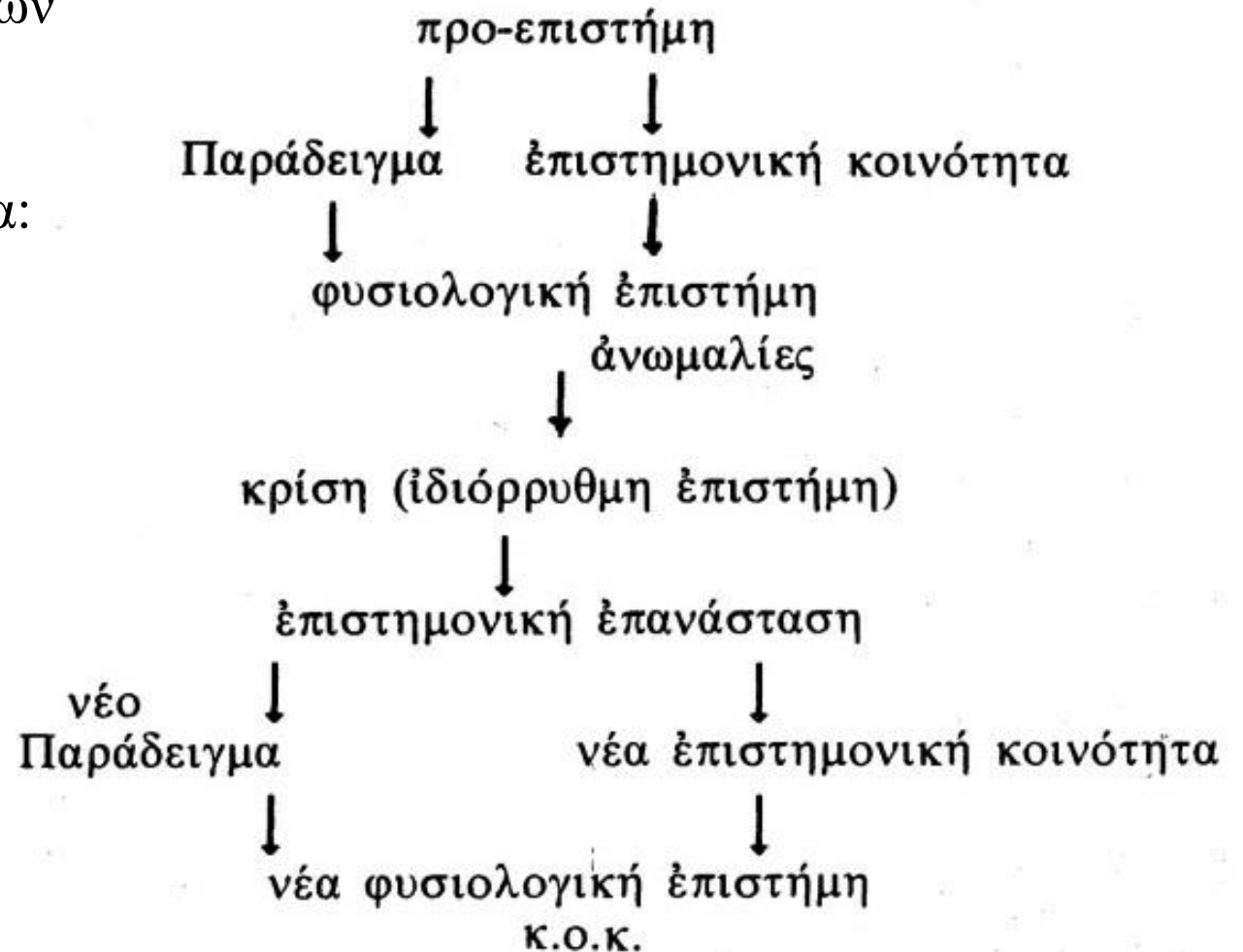
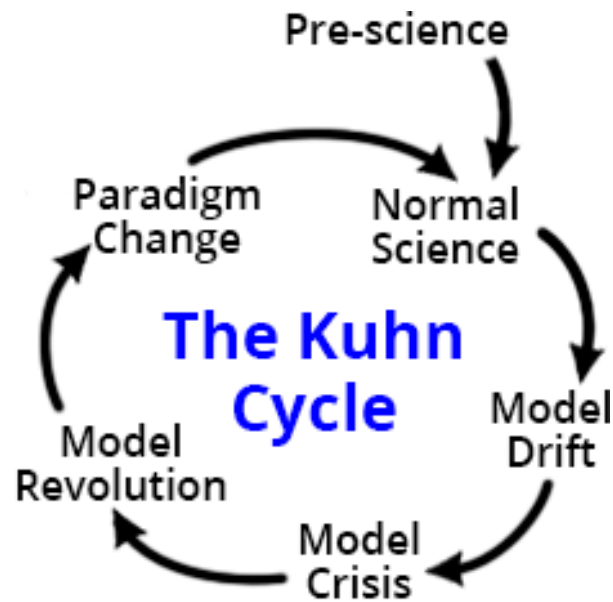
Η στροφή αυτή στην αγγλοσαξονική επιστημολογία είναι πρώτα απ' όλα **αντίδραση** στο ασφυκτικό πλαίσιο της **Μαθηματικής Λογικής** και του **ακραίου Εμπειρισμού**. Το κεντρικό σημείο της διαμάχης είναι **η φύση και η εξέλιξη των επιστημονικών θεωριών**.

Οι εκπρόσωποι του νέου ρεύματος θεωρούν ότι η θετικιστική εικόνα τής επιστήμης είναι διαστρεβλωτική, επειδή αγνοεί την αληθινή πρακτική των επιστημόνων και τα πορίσματα τής ιστορικής έρευνας και θυσιάζει στο βωμό ενός απλοϊκού εμπειρισμού τον κυριότερο παράγοντα επιστημονικής προόδου: **την δημιουργικότητα και την φαντασία του ερευνητή**.

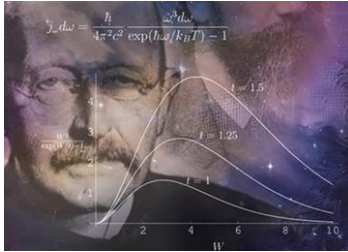
Η ιστορία της επιστήμης δείχνει ότι οι σημαντικότερες ανακαλύψεις δεν ήταν απλές ερμηνείες νέων εμπειρικών δεδομένων, αλλά ότι, αντίθετα, η δημιουργική θεωρία «ξεπερνά» πάντοτε τα διαθέσιμα στοιχεία. Η επιστήμη και η ορθολογικότητα δεν αποτελούν ένα θαύμα. Στην πραγματικότητα συγγενεύουν με τα άλλα **πολιτιστικά φαινόμενα** πολύ πιο στενά απ' όσο άφηναν να εννοηθεί οι θετικιστές. Έτσι, **οι επιστημονικές θεωρίες, όπως κάθε άλλο ανθρώπινο κατασκεύασμα, είναι ιστορικές οντότητες, με γέννηση, ακμή και τέλος, με συμμετοχή όχι μόνο στήν αλήθεια, αλλά και στο λάθος**. Η εξέλιξη τής επιστήμης δεν είναι μιά ομαλή, γραμμική συσσωρευτική διαδικασία, αλλά ένα πολύ πιο σύνθετο φαινόμενο, με **περιόδους συνέχειας και ασυνέχειας**, με ριζικές αναθεωρήσεις και βαθιά ρήγματα.

Πώς αναπτύσσεται η επιστήμη

Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων εισάγει ένα νέο μοντέλο ανάπτυξης της επιστήμης, πού μπορεί να περιγραφεί σχηματικά με την εξής χρονική ακολουθία:



*Η ανάδυση της νεώτερης Φυσικής τον 20^ο αιώνα είναι ένα συγκλονιστικό παράδειγμα (example)
“αλλαγής παραδείγματος” (paradigm change)*



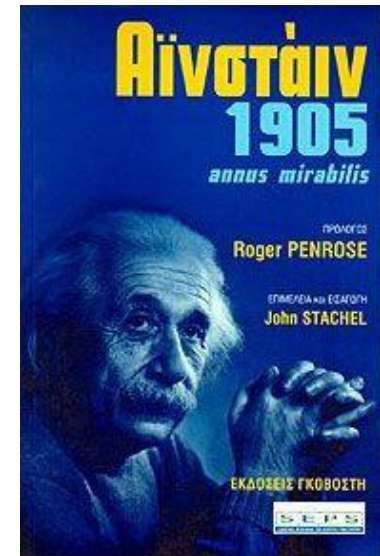
Το 1900 ο **Πλανκ** εισάγει την έννοια του **quantum** που ανοίγει τη θυελλώδη πορεία ανάπτυξης της **Κβαντικής Μηχανικής**.

Το 1905 ο **Αϊνστάιν** δημοσιεύει την εργασία του για την **Θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας**.

Τόσο η Θεωρία της Σχετικότητας όσο και η Κβαντική Μηχανική, όπως αναπτύσσονται παράλληλα κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, αμφισβητούν κατά τρόπο καίριο τους όρους κατανόησης του κόσμου και της σχέσης μας μαζί του.

Η αντίληψή μας για τον κόσμο δεν θα είναι ποτέ πια ίδια!

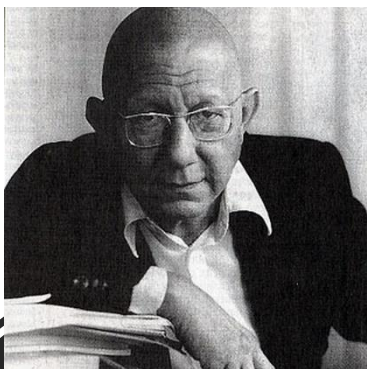
Η νεώτερη Φυσική, μέσα από την εμπειρία του πειράματος και της παρατήρησης, ανέπτυξε τον δικό της επιστημονικό λόγο.



Η χρησιμότητα της Επιστήμης

Πολλοί και ποικίλοι είναι **οι καρποί της επιστήμης**. Όταν στις συζητήσεις γίνεται λόγος περί επιστήμης, οι περισσότεροι φέρνουν αμέσως στο νου τους την **υψηλή τεχνολογία**, δηλαδή επιτεύγματα όπως οι υπολογιστές, η πυρηνική ενέργεια, η γενετική μηχανική, οι υπεραγωγοί υψηλών θερμοκρασιών, η τεχνητή νοημοσύνη. Αυτοί είναι οι καρποί της εφαρμοσμένης επιστήμης. Η αποτίμηση των ωφελειών, των κινδύνων και του κόστους αυτών και άλλων παρόμοιων τεχνολογικών εξελίξεων οδηγεί συχνά σε ζωνιές και παθιασμένες αντιπαραθέσεις.

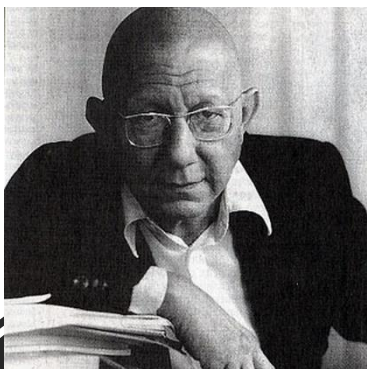
Όπως και να έχει, **η επιστημονική γνώση θεωρείται το ανώτατο πνευματικό επίτευγμα της κοινωνίας μας**. Διεθνή ιδρύματα, κρατικοί φορείς, ιδιωτικές εταιρείες και επιχειρήσεις υποστηρίζουν την επιστημονική έρευνα παγκοσμίως, παρά το ότι είναι δαπανηρή και δεν αποφέρει πάντοτε άμεσα πρακτικά οφέλη.



*Για τον
απελευθερωτικό
ρόλο της
επιστήμης*

Υπάρχει ένας τεράστιος **απελευθερωτικός ρόλος της επιστήμης**, τόσο στο κοινότοπο πεδίο των σχέσεών μας με τις θρησκείες, τις προλήψεις, όσο και στο κεντρικό, αν μπορώ να πω, υπαρξιακό σημείο. Είναι αυτό που έλεγε ο Αριστοτέλης για το «θαυμάζειν». Δηλαδή **η επιστήμη μας βγάζει από την ζωική μας διάσταση**, ακριβώς διότι μας κάνει να θαυμάζουμε και να *θέλουμε ταυτόχρονα να εξηγήσουμε*, λόγου χάριν τον έναστρο ουρανό κτλ.

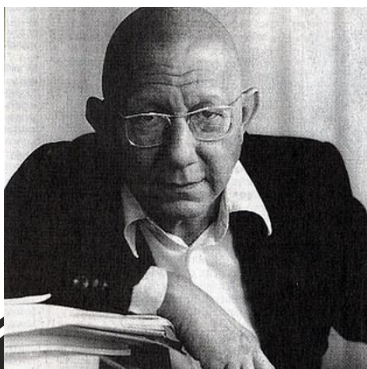
Από συνέντευξη του Κορνήλιου Καστοριάδη (1922-1997) στο περιοδικό QUANTUM



*Για τον
απελευθερωτικό
ρόλο της
επιστήμης*

Έπειτα, όλες αυτές οι καταπληκτικές αλληλουχίες που υπάρχουν στο όν, δηλαδή το ότι έχει την όψη του **κόσμου**, με την αρχαία ελληνική έννοια, μιας σχετικής τάξης και διάταξης την οποία ανεξάντλητα **προσπαθούμε να κατανοήσουμε με την επιστήμη**. Πέρα από αυτόν τον κόσμο, υπάρχει το χάος. Από αυτή την άποψη, μας δείχνει την θνητότητά μας και παράλληλα μας ξεχωρίζει. Έτσι, **η επιστήμη είναι κάτι το αμέτρητα πολύτιμο**.

Από συνέντευξη του Κορνήλιου Καστοριάδη (1922-1997) στο περιοδικό QUANTUM



*Για τον
απελευθερωτικό
ρόλο της
επιστήμης*

Τώρα, σε μια ελεύθερη και προικισμένη με φρόνηση κοινωνία, αυτή η διάσταση της επιστήμης δεν μπορεί παρά να αξιοποιηθεί ακόμη περισσότερο με τη **διάδοση των γνώσεων** και την **κατανόηση** του τι είναι επιστήμη, ότι δεν είναι ο σκοπός της να μπορεί να κατασκευάσει καλύτερα αυτοκίνητα...

*Η επιστήμη μπορεί να μας βοηθήσει να προσεγγίσουμε εκ νέου την **πραγματική** και **ποιητική** διάσταση της ανθρώπινης ύπαρξης.*

Από συνέντευξη του Κορνήλιου Καστοριάδη (1922-1997) στο περιοδικό QUANTUM

Βασική Επιστήμη και σε τι χρησιμεύει

Ζούμε σε μια εποχή κατά την οποία ακούμε συνεχώς για τα **επιτεύγματα της βασικής φυσικής**, δηλαδή της φυσικής που τα επιτεύγματά της, χωρίς να φαίνεται ότι έχουν κάποια άμεση εφαρμογή, εντυπωσιάζουν με την **εμβάθυνση της ανθρώπινης γνώσης** που επιφέρουν.

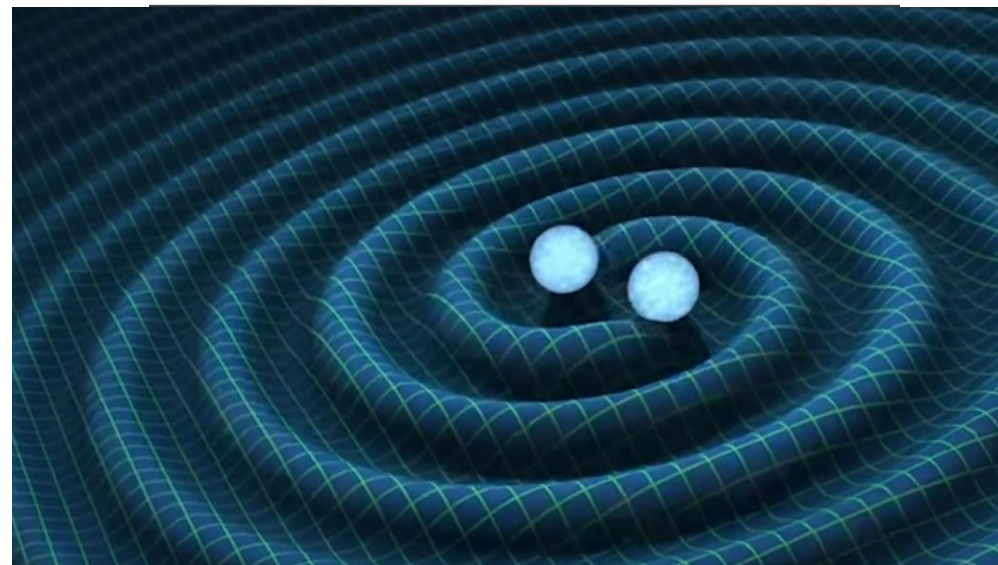
Για παράδειγμα, τεράστια απήχηση είχαν πρόσφατα, όχι μόνο στην επιστημονική κοινότητα αλλά και στο ευρύ κοινό, οι εξής δυο «διάσημες» ανακαλύψεις:

Η ανίχνευση του σωματιδίου Higgs.

Η ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων.

STANDARD MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES

QUARKS	UP mass 2,3 MeV/c ² charge 2/3 spin 1/2 u	CHARM 1,275 GeV/c ² 2/3 1/2 c	TOP 173,07 GeV/c ² 2/3 1/2 t	GLUON 0 0 1 g	HIGGS BOSON 126 GeV/c ² 0 0 0 H
	DOWN 4,8 MeV/c ² -1/3 1/2 d	STRANGE 95 MeV/c ² -1/3 1/2 s	BOTTOM 4,18 GeV/c ² -1/3 1/2 b	PHOTON 0 0 1 γ	
	ELECTRON 0,511 MeV/c ² -1 1/2 e	MUON 105,7 MeV/c ² -1 1/2 μ	TAU 1,777 GeV/c ² -1 1/2 τ	Z BOSON 91,2 GeV/c ² 0 1 Z	
	ELECTRON NEUTRINO <2,2 eV/c ² 0 1/2 ν _e	MUON NEUTRINO <0,17 MeV/c ² 0 1/2 ν _μ	TAU NEUTRINO <15,5 MeV/c ² 0 1/2 ν _τ	W BOSON 80,4 GeV/c ² ±1 1 W	

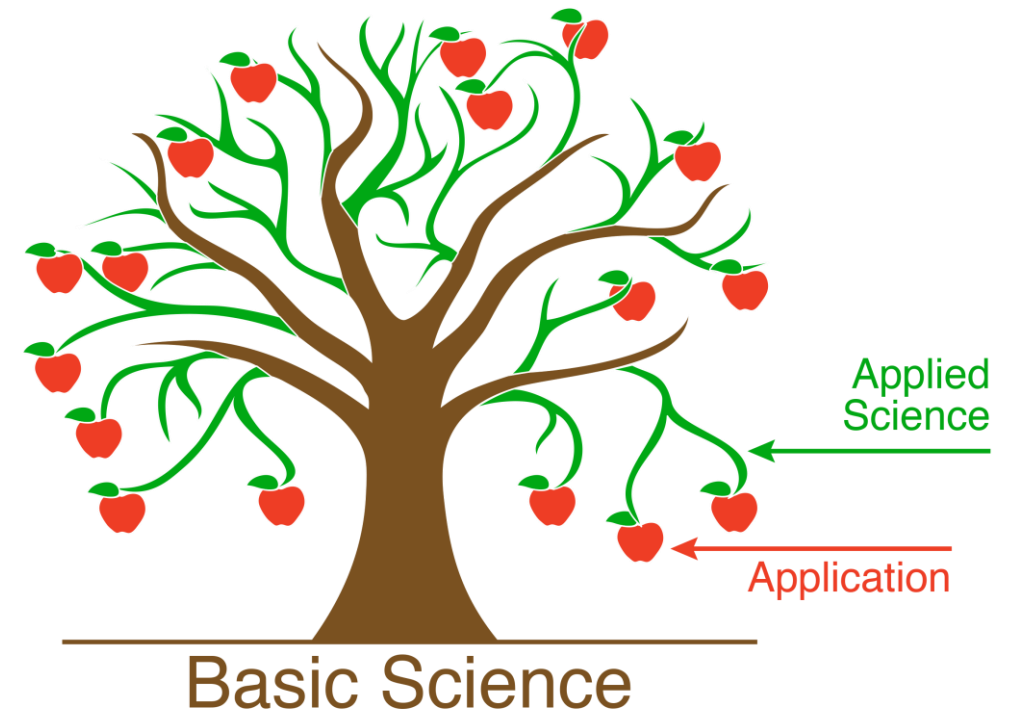


Βασική Επιστήμη και σε τι χρησιμεύει

Πολλοί όμως αναρωτιούνται και ρωτούν τους επιστήμονες, ποια είναι η χρησιμότητα αυτών των ανακαλύψεων και πώς μπορούν ενδεχομένως να επηρεάσουν την καθημερινή ζωή.

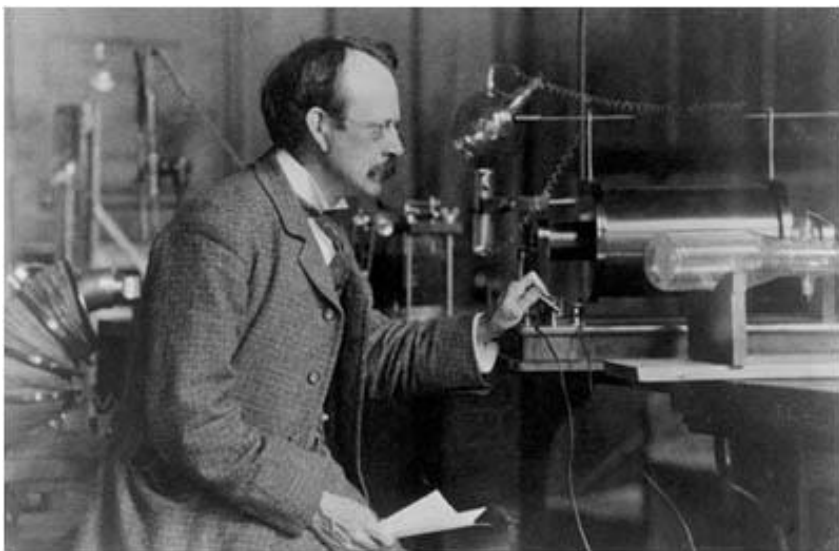
Από την άλλη πλευρά, δεν είναι λίγοι αυτοί που αμφισβητούν την αξία της χρηματοδότησης των πειραμάτων παρομοίου μεγέθους και δαπάνης, αφού θεωρούν πως τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη βασική έρευνα, αφορούν μόνο στους ειδικούς επιστήμονες και όχι στο κοινωνικό σύνολο.

Και όμως **τα επιτεύγματα της βασικής επιστήμης έχουν οδηγήσει σε έναν μακρύ κατάλογο από ανακαλύψεις τεράστιας οικονομικής και πρακτικής σημασίας, ένας κατάλογος που συμπληρώνεται καθημερινά.**



Βασική Επιστήμη και σε τι χρησιμεύει

Ο Άγγλος φυσικός **J.J. Thomson** (Νόμπελ φυσικής, 1906), ο οποίος ανακάλυψε το **ηλεκτρόνιο**, περιγράφει σε μια ομιλία του ως εξής τη διαφορά μεταξύ της βασικής και της εφαρμοσμένης επιστήμης:



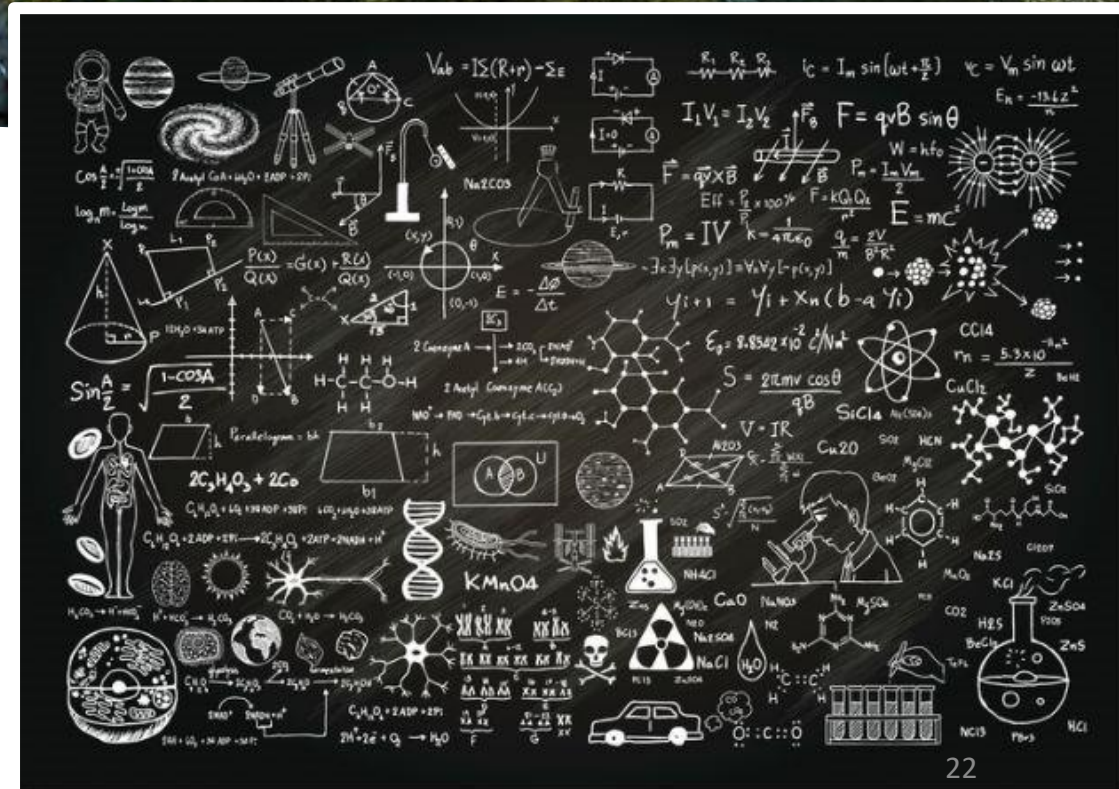
«Με τον όρο **έρευνα στην καθαρή επιστήμη** εννοώ την έρευνα που γίνεται χωρίς να έχουμε ιδέα για την εφαρμογή της στο βιομηχανικό τομέα αλλά που έχει αποκλειστικό στόχο τη **διεύρυνση της γνώσης μας** για τους νόμους της Φύσης.

Θα δώσω μόνο ένα **παράδειγμα** της «χρησιμότητας» τέτοιου είδους έρευνας, μια περίπτωση που έχει τονιστεί ιδιαίτερα από τον πόλεμο-εννοώ τη **χρήση των ακτίνων-Χ στη χειρουργική**. Η ανακάλυψη των ακτίνων-Χ δεν ήταν το αποτέλεσμα της έρευνας στην εφαρμοσμένη επιστήμη που προσπαθούσε να βρει μία καλύτερη μέθοδο εντοπισμού των τραυμάτων από σφαίρες. Όχι, **αυτή η μέθοδος ανακαλύφθηκε εξαιτίας της έρευνας στην καθαρή επιστήμη, που γινόταν με στόχο να ανακαλυφθεί ποια είναι η φύση του ηλεκτρισμού.**»



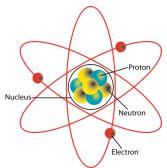
Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ

Έρευνα βασικής φυσικής
διεξάγεται και στο Τμήμα Φυσικής
του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου
Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)



Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ

Μερικά παραδείγματα της
ερευνητικής δραστηριότητας
στη βασική φυσική (από τον
τομέα Πυρηνικής Φυσικής και
Φυσικής Στοιχειωδών
Σωματιδίων)



- 1) Φυσική εξαΰλωσης ποζιτρονίων
- 2) Πείραμα CPLEAR για τη μελέτη παραβίασης της συμμετρίας CP
- 3) Πείραμα ATLAS στο Large Hadron Collider του CERN
- 4) Πείραμα CAST για την άμεση ανίχνευση ηλιακών αξιονίων
- 5) Αναζήτηση σωματιδίων σκοτεινής ύλης
- 6) Ανίχνευση κοσμικών ακτίνων και κοσμικής ακτινοβολίας γάμμα

Η εκπαίδευση των φοιτητών/τριών Φυσικής στο ΑΠΘ

Η εκπαίδευση των φοιτητών και φοιτητριών της Φυσικής στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ περιλαμβάνει, εκτός από τα **μαθήματα** και τα **εργαστήρια** που παρακολουθούν, και την συμμετοχή όσων ενδιαφέρονται για την **εμπειρία της επιστημονικής έρευνας**, και σε πειράματα και ερευνητικές διαδικασίες, τόσο στο πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης, όσο και σε ξένα πανεπιστήμια και διεθνή επιστημονικά κέντρα, όπως είναι το CERN.

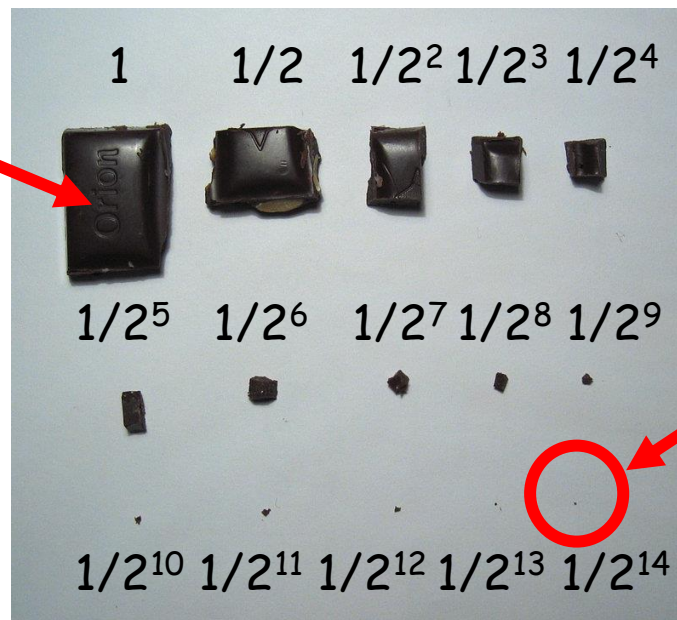


Μια ...γλυκιά προσέγγιση τον μικρόκοσμο

$$100 \text{ g} = 10^{-1} \text{ kg}$$



$$100/15 \text{ g}$$



$$\begin{aligned} 100/15 \cdot 1/2^{14} \text{ g} &= \\ &= 4 \cdot 10^{-4} \text{ g} = \\ &= 0.4 \text{ mg} \end{aligned}$$

Σε πόσο μικρό κομμάτι σοκολάτας μπορούμε να φτάσουμε;

Η πορεία συνεχίζεται προς τα μόρια – **άτομα** – πυρήνες – σωματίδια & δυνάμεις

Άτομα και υπο-ατομικές δομές

Η ύλη που βλέπουμε γύρω μας είναι φτιαγμένη από **σωματίδια**

- Ηλεκτρόνια
- Πρωτόνια (Κουάρκ uud)
- Νετρόνια (Κουάρκ udd)

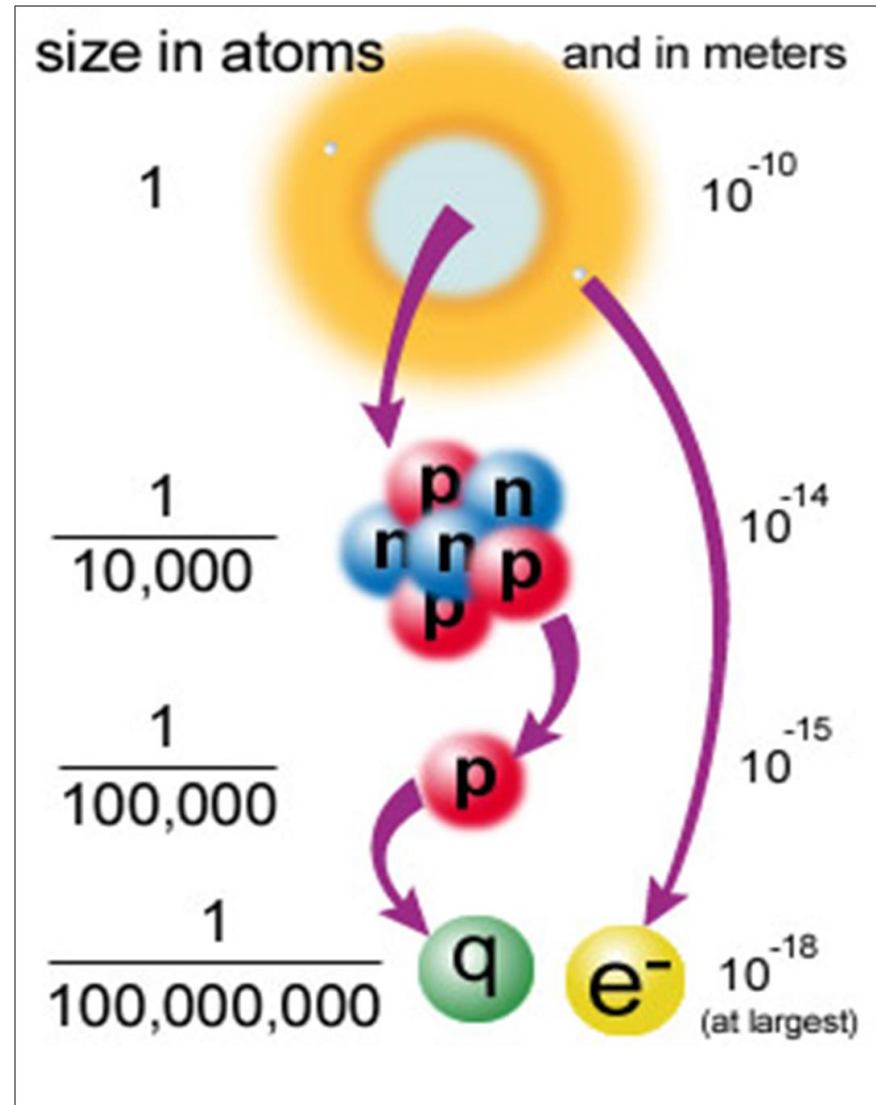
Τα σωματίδια συνδεόμενα σχηματίζουν **άτομα** και τα άτομα συνδεόμενα σχηματίζουν όλα τα υλικά του κόσμου.

Άτομο

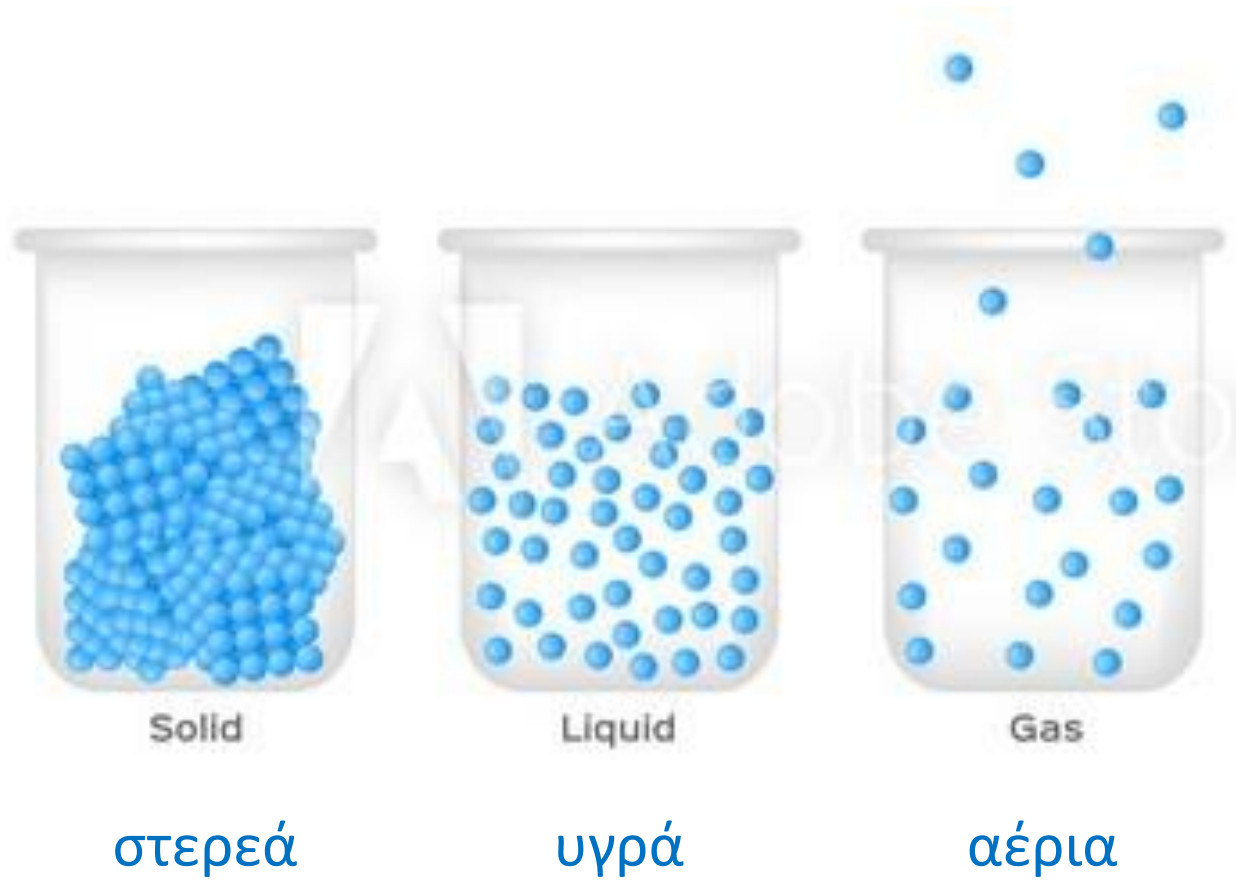
Πυρήνας

Νουκλεόνια

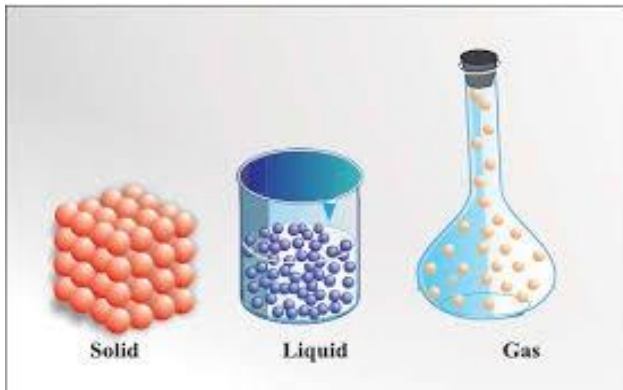
Κουάρκ και ηλεκτρόνια



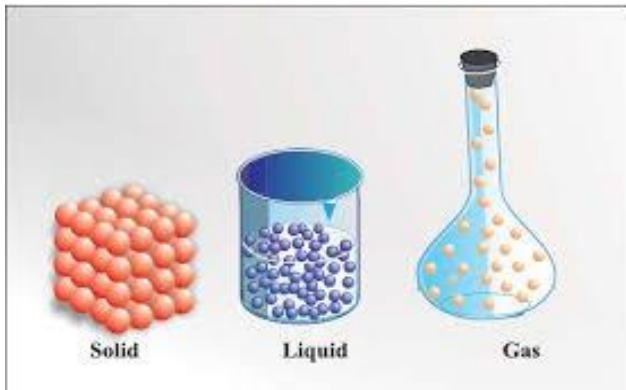
Οι τρεις καταστάσεις της ύλης
που συναντούμε καθημερινά



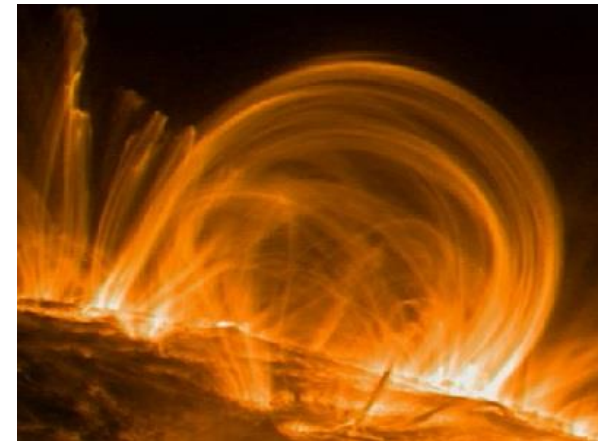
Οι καταστάσεις της ύλης
που συναντούμε καθημερινά
(στερεά, υγρά, αέρια),
δεν είναι οι μόνες
καταστάσεις που υπάρχουν.



Οι καταστάσεις της ύλης
που συναντούμε καθημερινά
(στερεά, υγρά, αέρια),
δεν είναι οι μόνες
καταστάσεις που υπάρχουν.

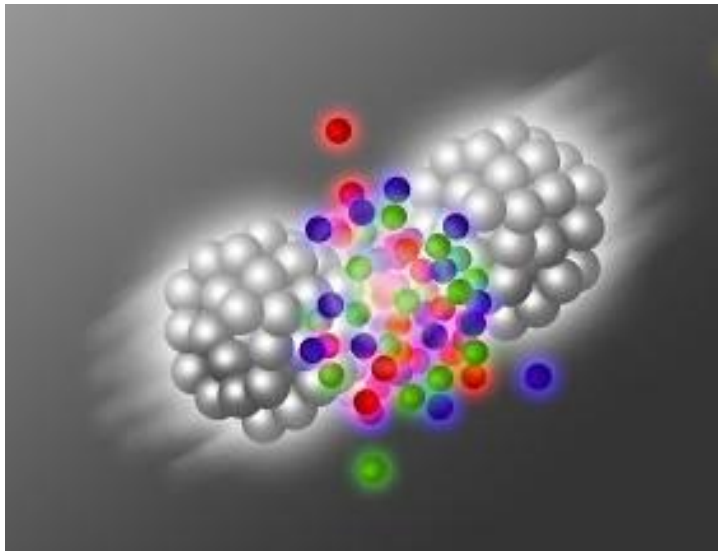


Σε διαφορετικές συνθήκες, η κατάσταση της ύλης μπορεί
να είναι πολύ διαφορετική.
Για παράδειγμα, υπάρχει η κατάσταση που τη λέμε
“πλάσμα”.

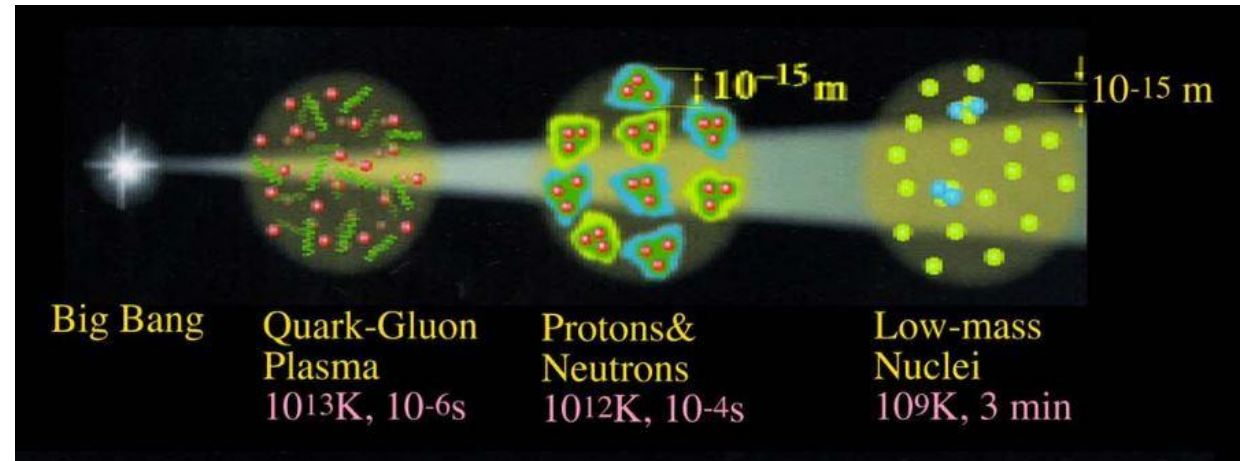


plasma (φορτίων)
στη φωτιά και στην ηλιακή επιφάνεια

Σε διαφορετικές συνθήκες, η κατάσταση της ύλης μπορεί να είναι πολύ διαφορετική. Για παράδειγμα, υπάρχει η κατάσταση που τη λέμε **“πλάσμα κουάρκ-γκλουονίων”** (quark-gluon plasma). Η κατάσταση αυτή μετασχηματίζεται αμέσως σε ένα σύνολο αδρονίων (π.χ. πρωτόνια, νετρόνια, πιόνια, καόνια, κλπ).

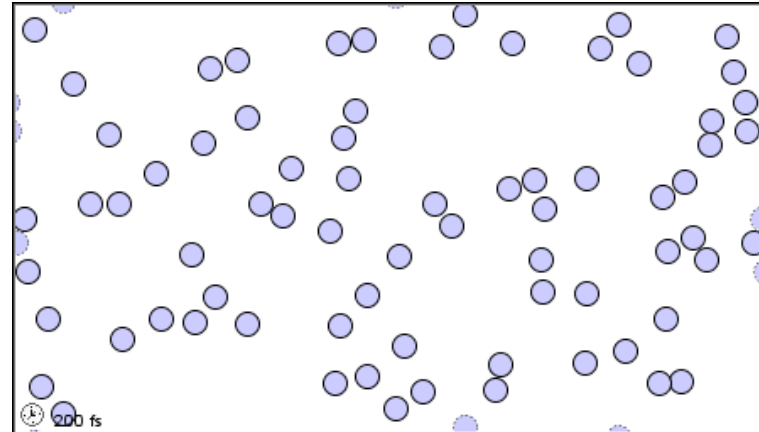
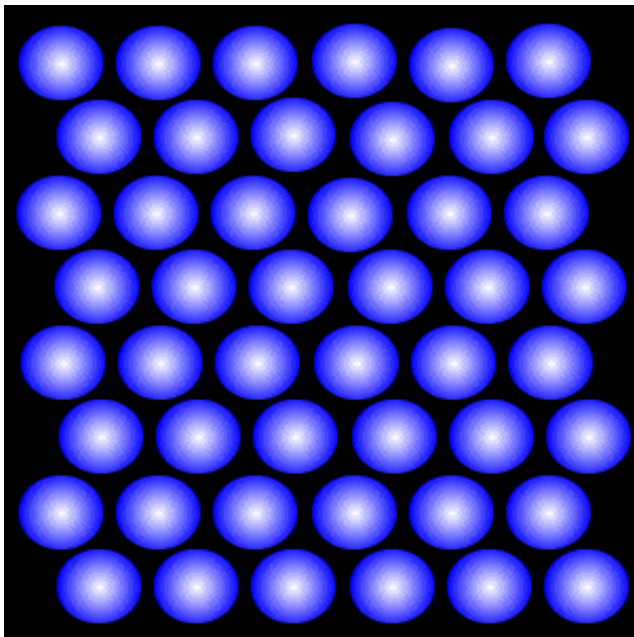


Σχηματισμός πλάσματος κουάρκ-γκλουονίων κατά τη σύγκρουση δύο πυρήνων μεγάλης ενέργειας (π.χ. στο πείραμα ALICE του CERN).

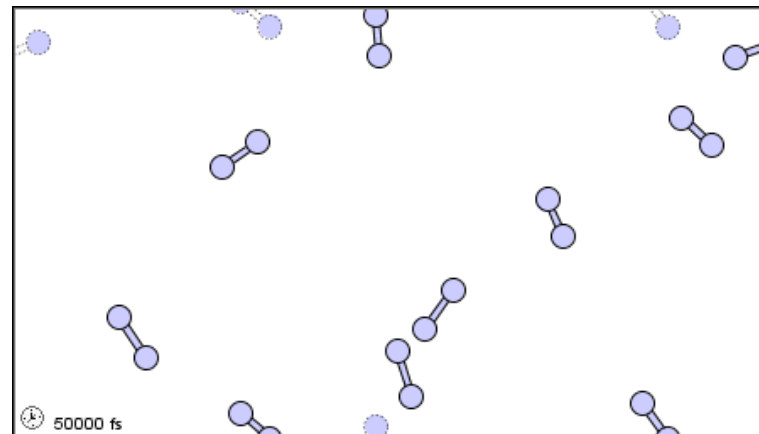


Σχηματισμός πλάσματος κουάρκ-γκλουονίων κατά τα πρώτα μικροδευτερόλεπτα του σύμπαντος, από την αρχέγονη «σούπα» σωματιδίων.

Τα άτομα βρίσκονται πάντα σε κίνηση

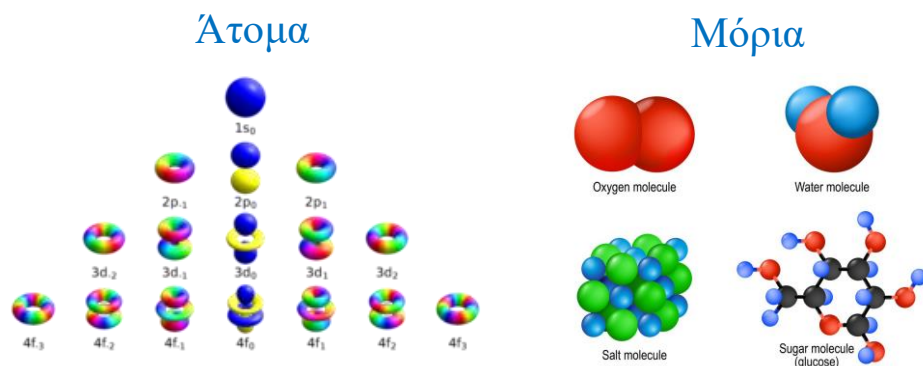
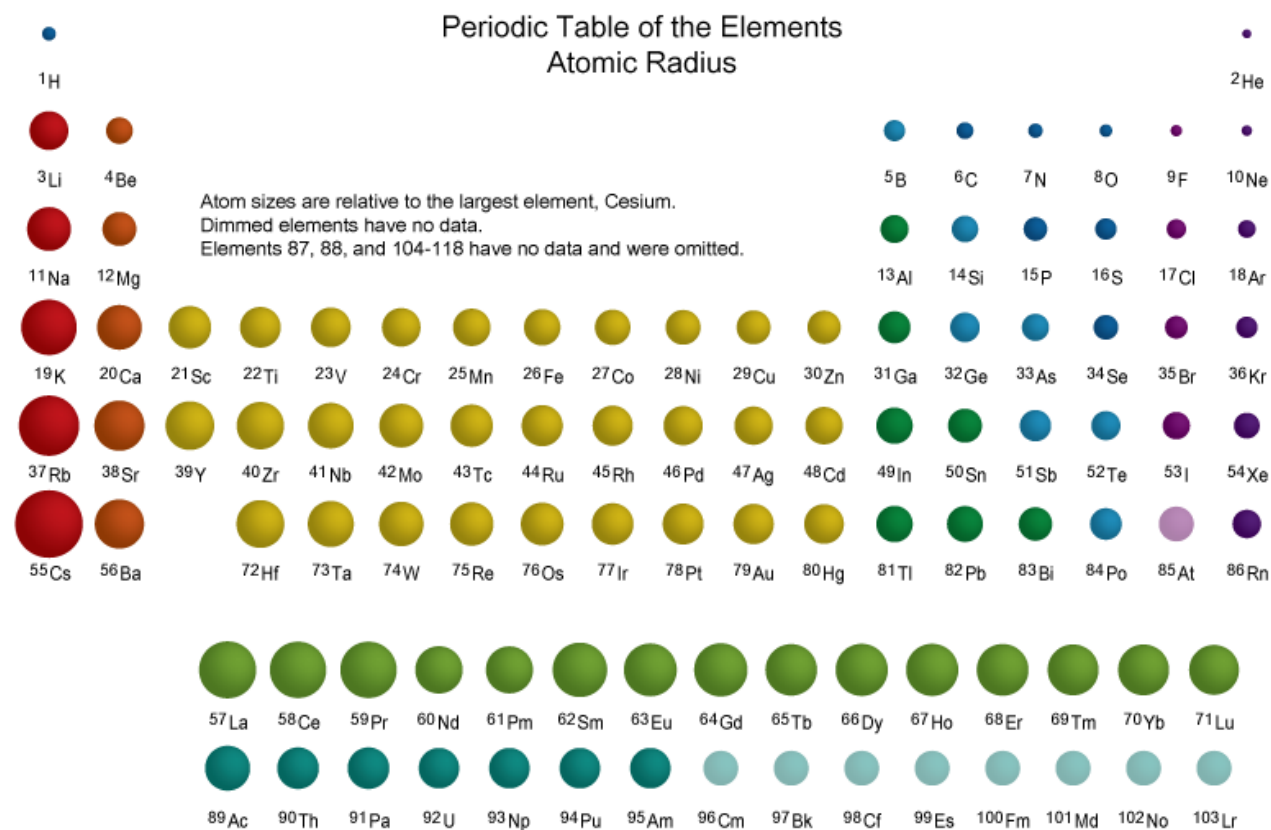


Θερμική κίνηση
ατόμων
μονοατομικού
αερίου

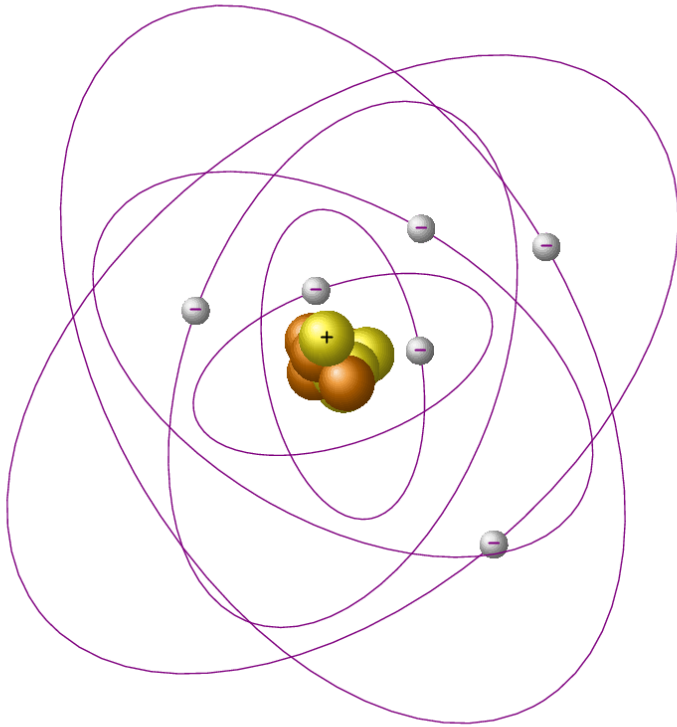


Θερμική κίνηση
μορίων
διατομικού
αερίου

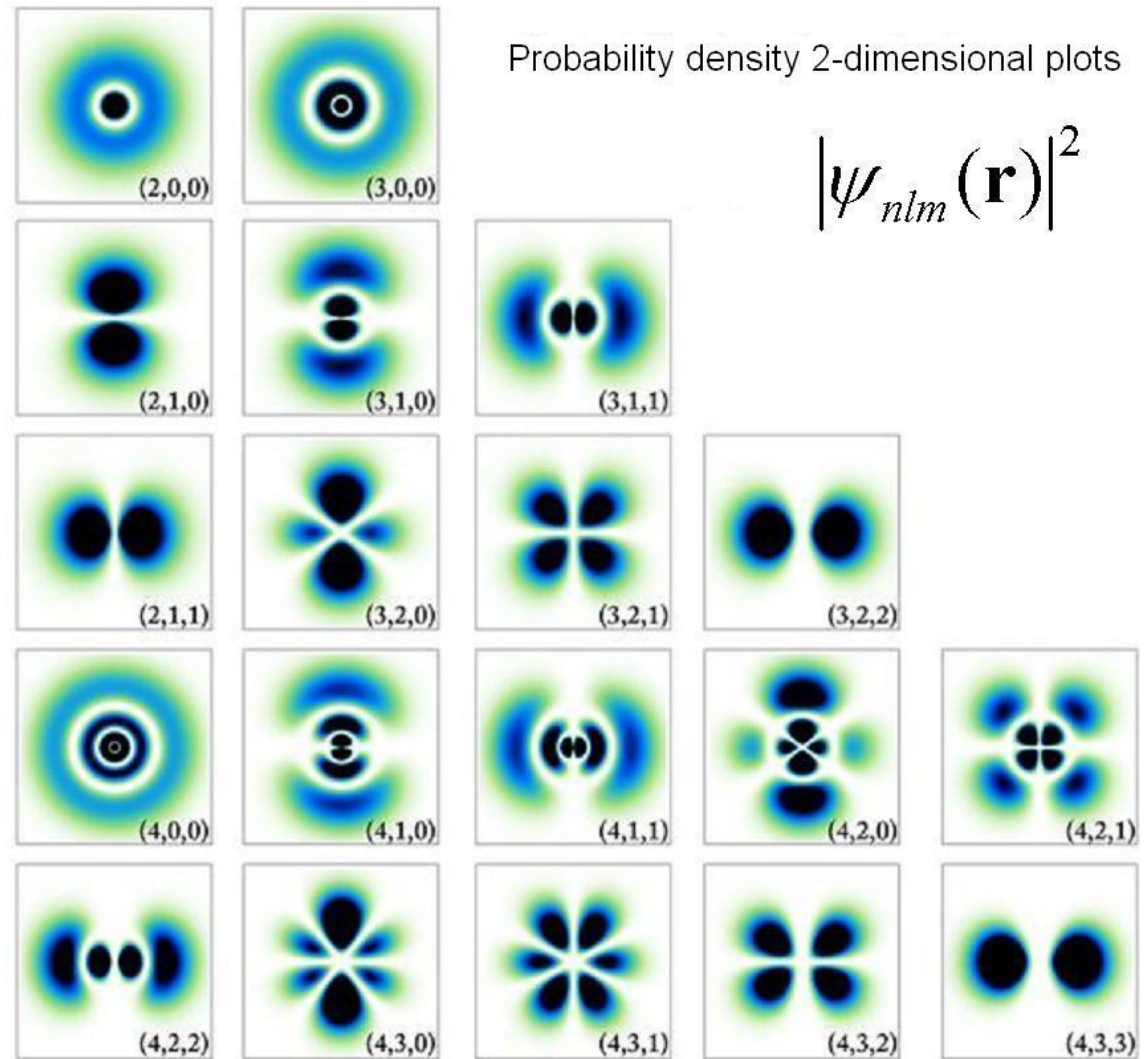
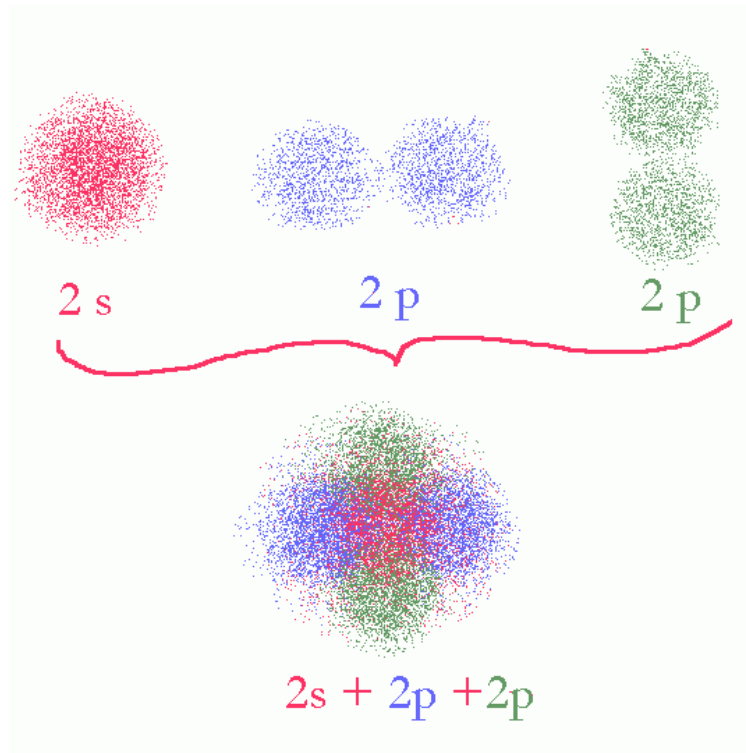
- Η ύλη έχει ως δομικά στοιχεία τα άτομα (αυτό ισχύει για την ύλη στο «κλαστικό όριο», δηλαδή στις πολύ χαμηλές ενέργειες και πυκνότητες).
- Υπάρχουν πολλά είδη ατόμων, που διαφέρουν κατά το σχήμα και το μέγεθος.
- Τα άτομα συνενώνονται και δημιουργούν, από απλές ενώσεις - τα μόρια - μέχρι μεγάλα μακροσκοπικά σώματα (π.χ. ένα κομμάτι μετάλλου). Η συνένωση των ατόμων είναι το αντικείμενο της χημείας.



Τα άτομα της κβαντικής φυσικής
δεν μοιάζουν με αυτό που νομίζουμε



Τα άτομα της κβαντικής φυσικής



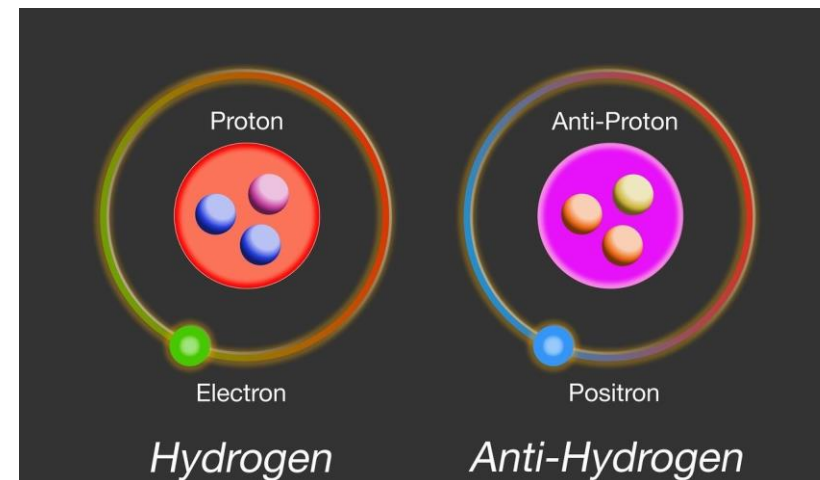
Υλη και αντι-ύλη

Τα σωματίδια έχουν συγκεκριμένες μάζες (μόνο θετικές) και ηλεκτρικά φορτία (θετικά ή αρνητικά).

Ο Dirac ανακάλυψε θεωρητικά, το 1928, ότι πρέπει να υπάρχουν και σωματίδια που μοιάζουν πολύ με τα παραπάνω συνήθη σωματίδια της ύλης, αλλά έχουν και πολύ σημαντικές διαφορές. Π.χ. έχουν ίδιες ακριβώς μάζες, αλλά αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Αυτά τα άλλα σωματίδια που προέβλεψε ο Dirac, τα λέμε **αντι-σωματίδια** των παραπάνω σωματιδίων.

Τα αντι-σωματίδια συνδεόμενα σχηματίζουν **αντι-άτομα** και αυτά συνδεόμενα, αν υπάρχουν σε αφθονία, θα μπορούσαν να σχηματίζουν όλα τα υλικά του ενός κόσμου **αντι-ύλης!**

Μέχρι τώρα, αυτό που ξέρουμε πειραματικά για αντι-άτομα, είναι μόνο τα άτομα αντι-υδρογόνου. Κι αυτό επειδή μπορέσαμε να τα φτιάξαμε στο CERN.



Ποζιτρόνια: τα αντι-σωματίδια των ηλεκτρονίων

Αντι-άτομα πιο σύνθετα από το αντι-Η δεν μπορούμε να φτιάξουμε, επειδή δεν μπορούμε να φτιάξουμε τους αντίστοιχους αντι-πυρήνες.

Αντι-σωματίδια όμως μπορούμε να φτιάξουμε εύκολα, ιδιαίτερα τα πιο ελαφρά από αυτά, τα **αντι-ηλεκτρόνια**, που τα λέμε συνήθως “**ποζιτρόνια**”.

Τα ποζιτρόνια **παράγονται**:

- Ως προϊόν διάσπασης βαρύτερων σωματιδίων
- Από φωτόνια γάμμα με το φαινόμενο που λέγεται δίδυμη γένεση (ή παραγωγή ζεύγους)
- Από την ραδιενεργό αποσύνθεση ασταθών πυρήνων.

Αφού μπορούμε να έχουμε εύκολα τα ποζιτρόνια, έχουμε τη δυνατότητα να τα μελετήσουμε λεπτομερώς και βέβαια να μηχανευτούμε **πολλές χρήσιμες εφαρμογές τους**.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΕΤΗΡΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΡΙΘΜ. 9

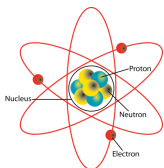
ΛΙΟΛΙΟΥ Κ. ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗ ΤΟΥ
ΤΟΜΕΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ
ΤΟΥ Α.Π.Θ.

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ
ΕΞΑΨΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ
ΣΤΑ ΑΜΟΡΦΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

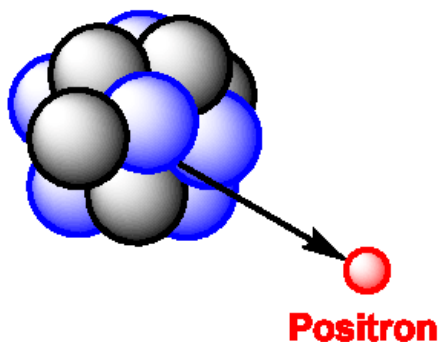
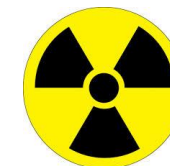
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1989

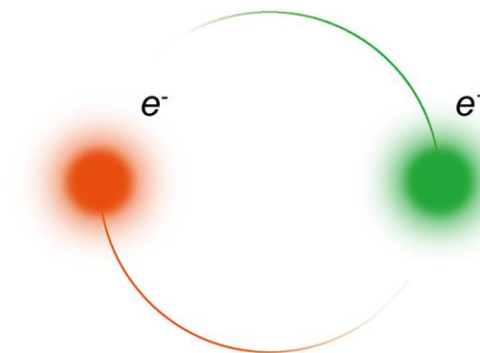
Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ



1. Εξαϋλωση ποζιτρονίων στην ύλη



Τα **ποζιτρόνια** παράγονται από κάποιους ραδιενεργούς πυρήνες (που συνήθως έχουν περίσσεια πρωτονίων)

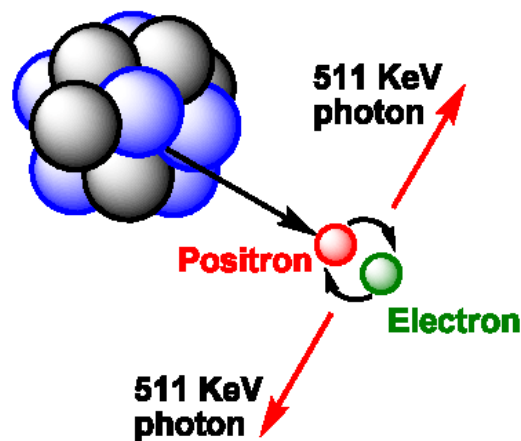


Τα **ποζιτρόνια** είναι τα αντι-σωματίδια των ηλεκτρονίων, δηλαδή είναι **αντι-ύλη!**
Όταν λοιπόν τα ποζιτρόνια συναντηθούν με ηλεκτρόνια, τότε τα δύο σωματίδια, μετά από ένα σύντομο «χορό» **εξαϋλώνονται!**

Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ

1. Εξαϋλωση ποζιτρονίων στην ύλη

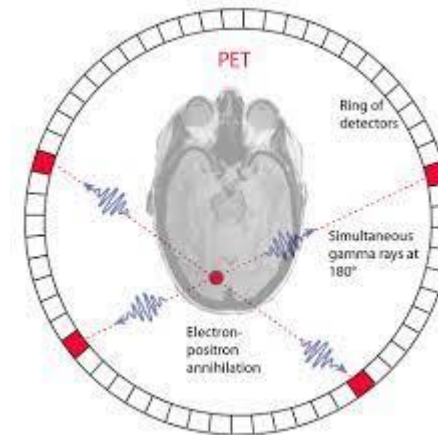
Η εξαϋλωση των ποζιτρονίων με ηλεκτρόνια, σημαίνει την εξαφάνιση των δύο σωματιδίων και τη μετατροπή της μάζας τους σε ισοδύναμη ενέργεια, σύμφωνα με τη σχέση $E = mc^2$.



Αυτή η ισοδύναμη ενέργεια δίνεται με τη μορφή δυο (συνήθως) φωτονίων, καθορισμένης ενέργειας, ίσης με 511 keV το καθένα.

*Χρήση των ποζιτρονίων στην Ιατρική.
Η διαγνωστική-απεικονιστική μέθοδος PET και η
συμβολή της στην γνώση της λειτουργίας του εγκεφάλου.*

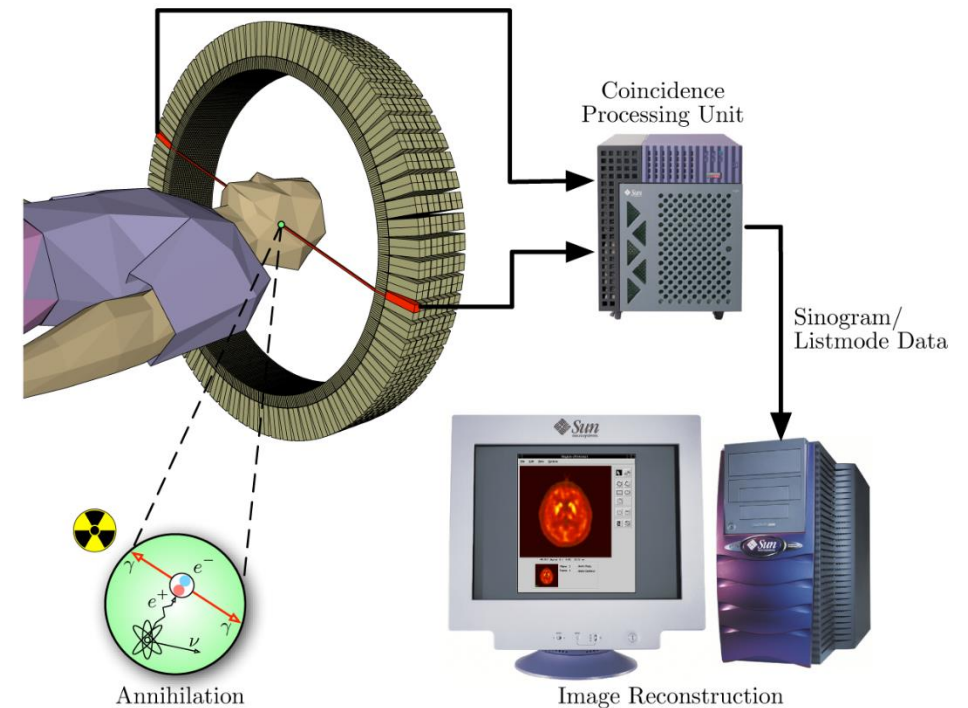
Η διαγνωστική-απεικονιστική μέθοδος
Positron Emission Tomography, ελληνικά,
λέγεται ***Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων***



Η τομογραφία PET (Positron Emission Tomography)

Ως εφαρμογή όλης αυτής της γνώσης που έχει αποκτηθεί με την έρευνα βασικής φυσικής, έχουμε την τομογραφία PET. Η διαγνωστική αυτή μέθοδος εφαρμόζεται στα μεγάλα **νοσοκομεία** της Ελλάδας, π.χ. στο «Παπαγεωργίου» και στο «Θεαγένειο» της Θεσσαλονίκης.

Πρόκειται για διαγνωστική μέθοδο της **πυρηνικής ιατρικής** που χρησιμοποιείται για την παρατήρηση μεταβολικών διαδικασιών στο σώμα και συνεισφέρει στη διάγνωση ασθενειών. Χρησιμοποιείται ένας **ραδιενεργός ιχνηθέτης** που εκπέμπει **ποζιτρόνια** (π.χ. το ραδιοφάρμακο ^{18}F -FDG, που είναι γλυκερίνη με ^{18}F), ο οποίος εισάγεται στο σώμα του εξεταζόμενου, συνήθως με ενδοφλέβια ένεση. Τα όργανα και οι ιστοί απορροφούν τον ιχνηθέτη με διαφορετικούς ρυθμούς, ανάλογα με το όργανο και την πάθηση.

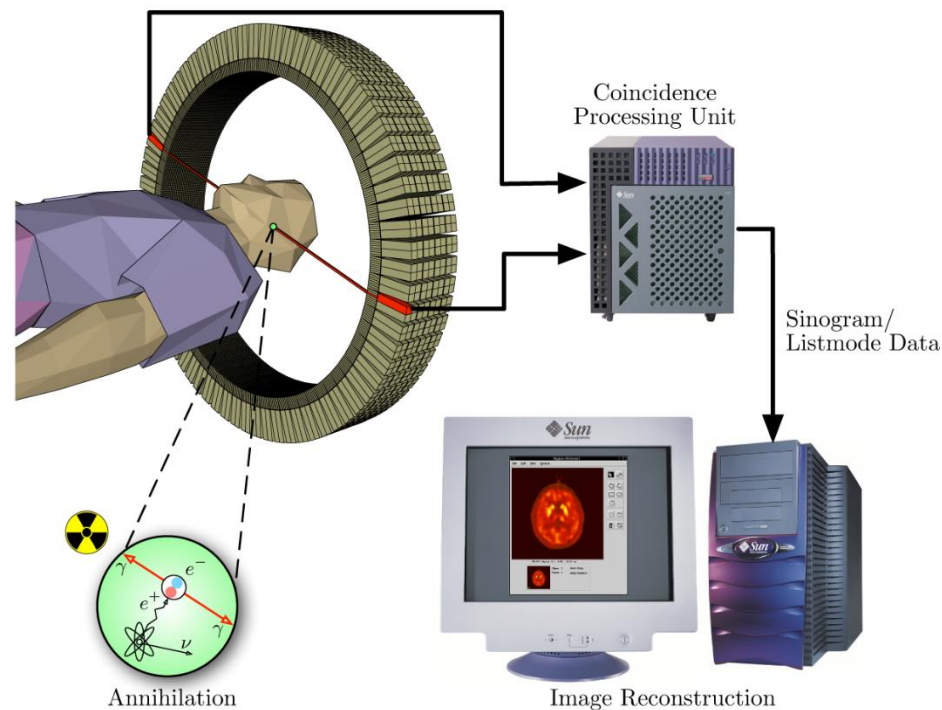


Πώς λειτουργεί η τομογραφία PET

Το ραδιενεργό ισότοπο εκπέμπει **ποζιτρόνια** (δηλ. τα απλούστερα σωματίδια αντι-ύλης), τα οποία εξαϋλώνονται τοπικά και δίνουν ως σήμα της εξαύλωσής τους, **δύο φωτόνια γάμμα** συγκεκριμένης ενέργειας (511 keV) που εκπέμπονται αντιδιαμετρικά.

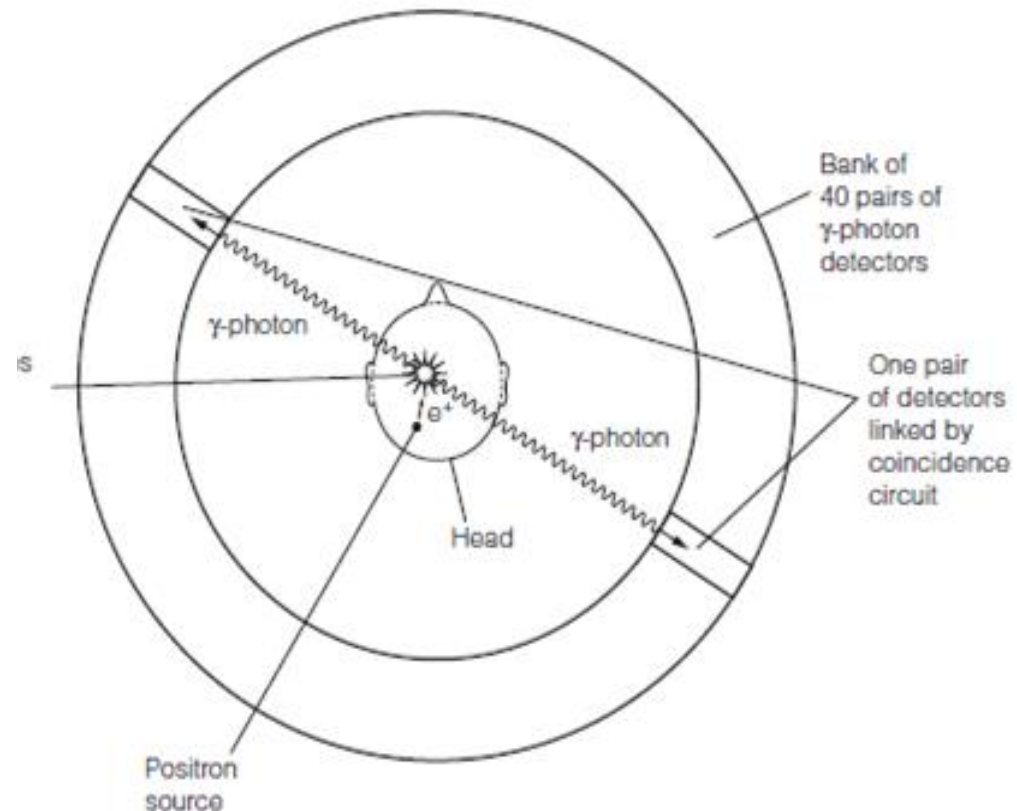
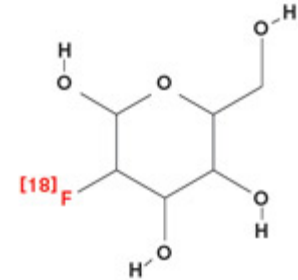
Το σύστημα των σπινθηριστών που περιβάλλει τον εξεταζόμενο, **ανιχνεύει τα ζεύγη ακτίνων γάμμα** που εκπέμπονται από το σώμα του και σύντομα εντοπίζει ένα μεγάλο αριθμό ευθειών, το σημείο τομής των οποίων δείχνει που έχει συγκεντρωθεί κυρίως ο ιχνηθέτης. Ακολουθώντας δημιουργούνται **τρισδιάστατες εικόνες** συγκέντρωσης του ιχνηθέτη με ανάλυση σε υπολογιστή.

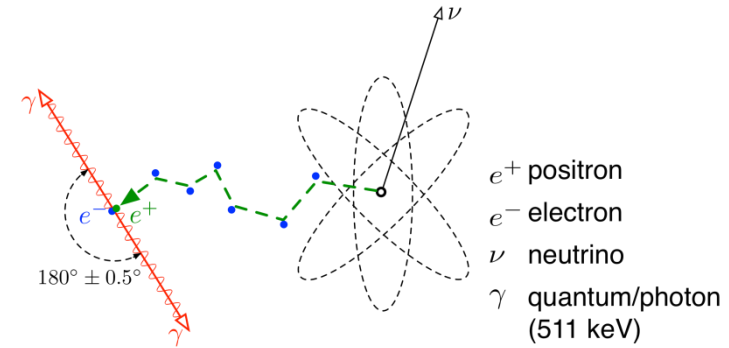
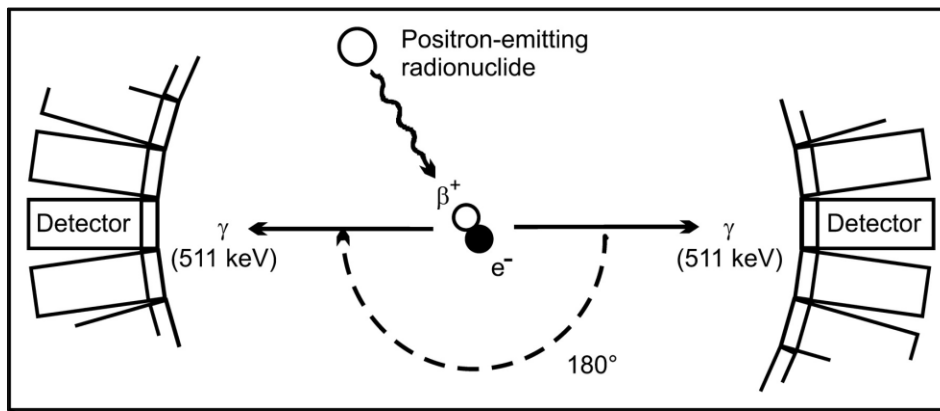
Στους σύγχρονους σαρωτές **PET-CT**, η τρισδιάστατη απεικόνιση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια παράλληλης και ταυτόχρονης **αξονικής τομογραφίας (CT)** που διενεργείται στον εξεταζόμενο, στην ίδια επίσκεψη, στην ίδια διάταξη.



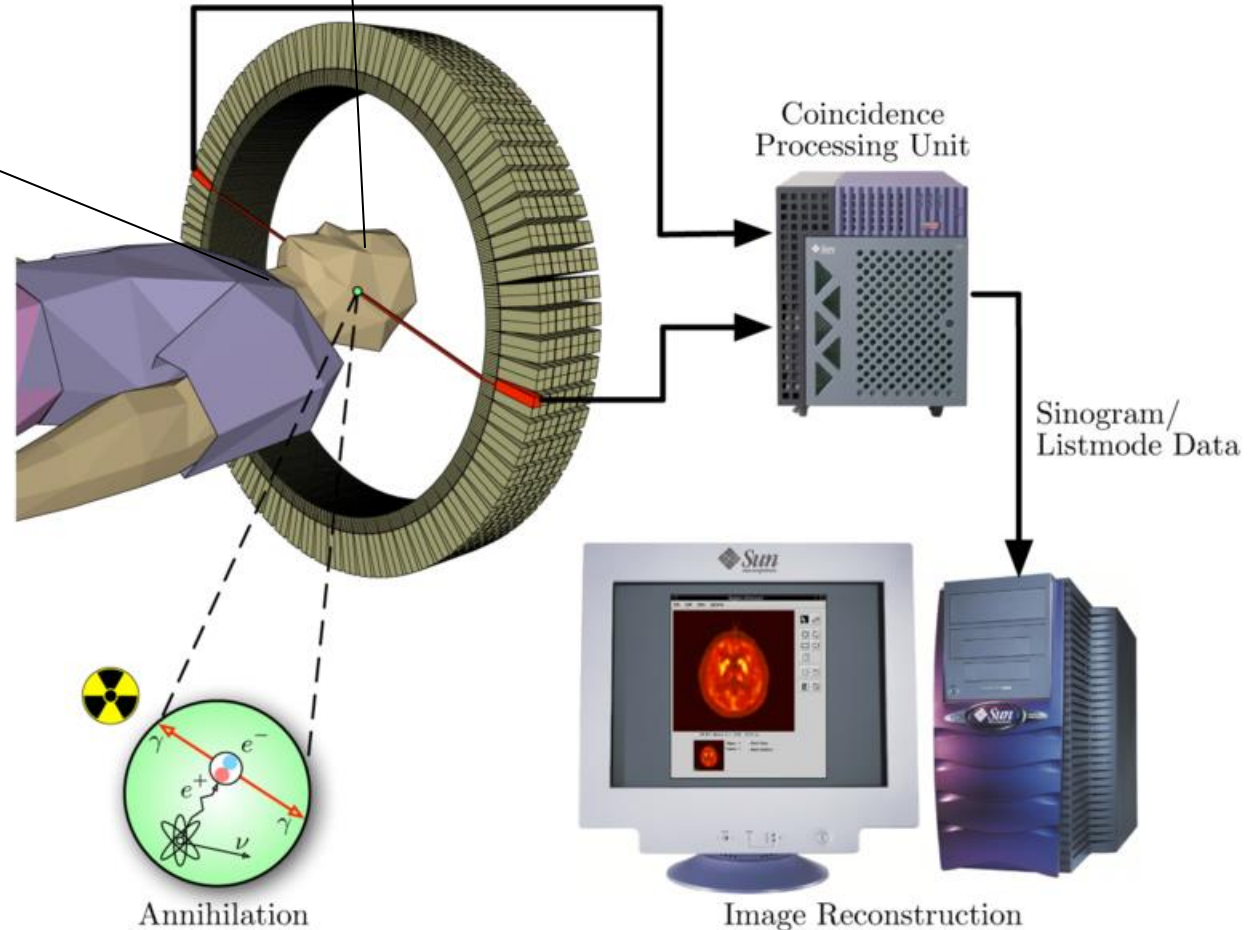
PET: Positron Emission Tomography

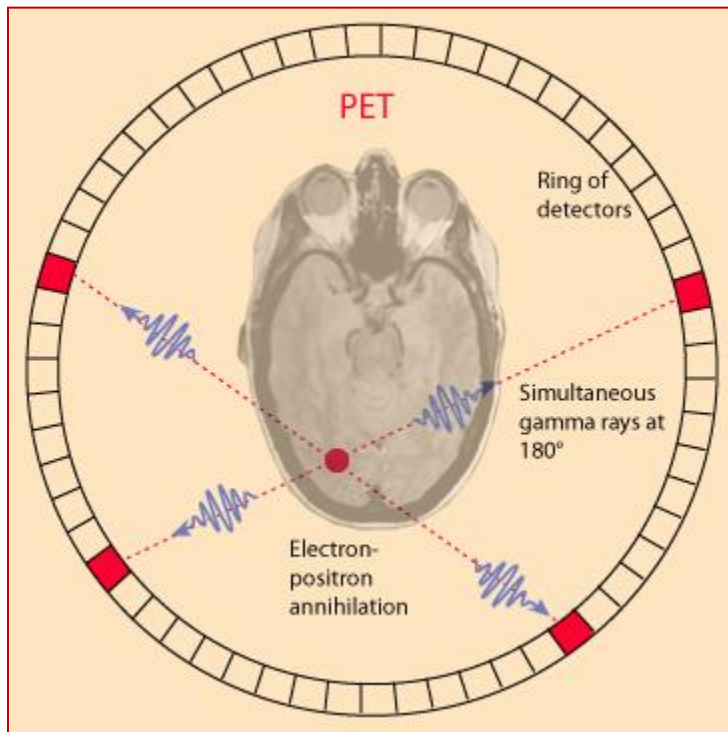
Η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων γίνεται με τη χρήση κατάλληλων **ραδιοφαρμάκων** που εκπέμπουν ποζιτρόνια, δηλαδή ουσιών που φέρουν ραδιενεργό β^+ ισότοπο (π.χ. φθοριωμένη γλυκόζη ^{18}F FDG για την εξέταση λεμφωμάτων). Πρόκειται για τεχνολογία αιχμής της μεταβολικής απεικόνισης. Η αυξημένη κατανάλωση γλυκόζης από τα καρκινικά κύτταρα είναι η βάση για την αυξημένη πρόσληψη FDG στους όγκους. Συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου παρατηρείται επίσης σε φυσιολογικούς ιστούς με αυξημένο μεταβολισμό γλυκόζης, όπως ο εγκέφαλος και το μυοκάρδιο.



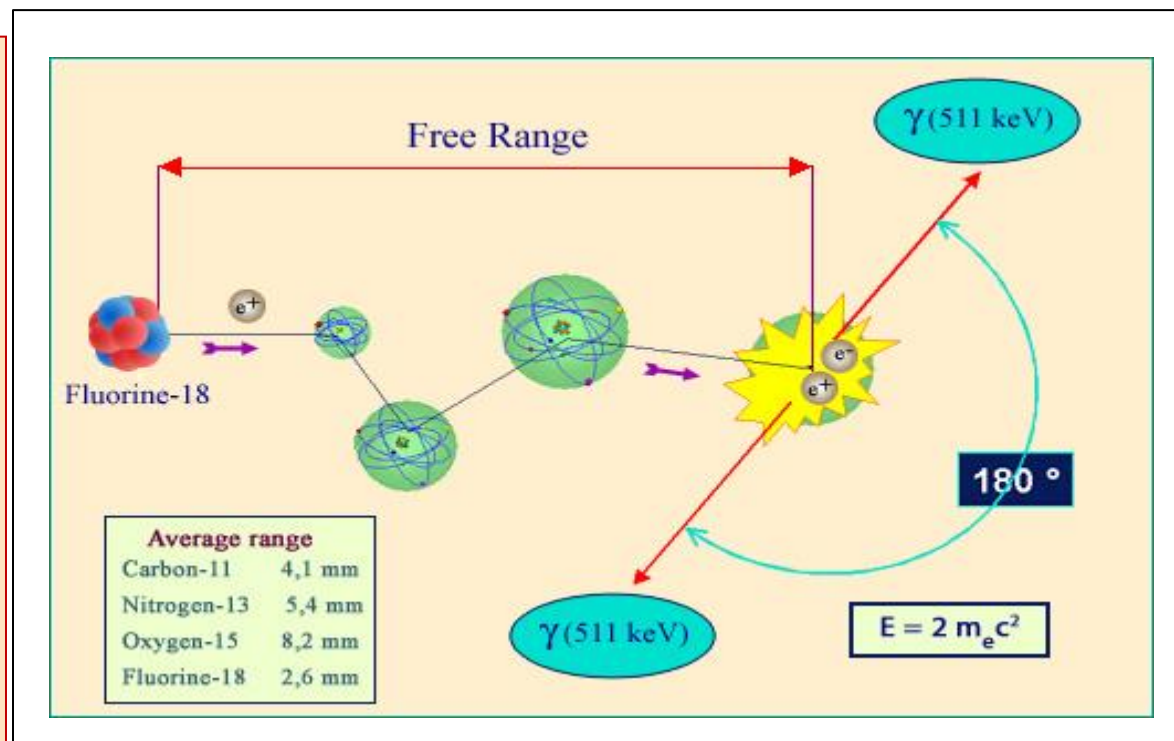


Τα 2 φωτόνια εξαΰλωσης εκπέμπονται **αντιδιαμετρικά** και επομένως το ζεύγος σπινθηριστών που τα ανιχνεύει, **δείχνει μια ευθεία** πάνω στην οποία βρίσκεται η εναποτεθείσα γλυκόζη.



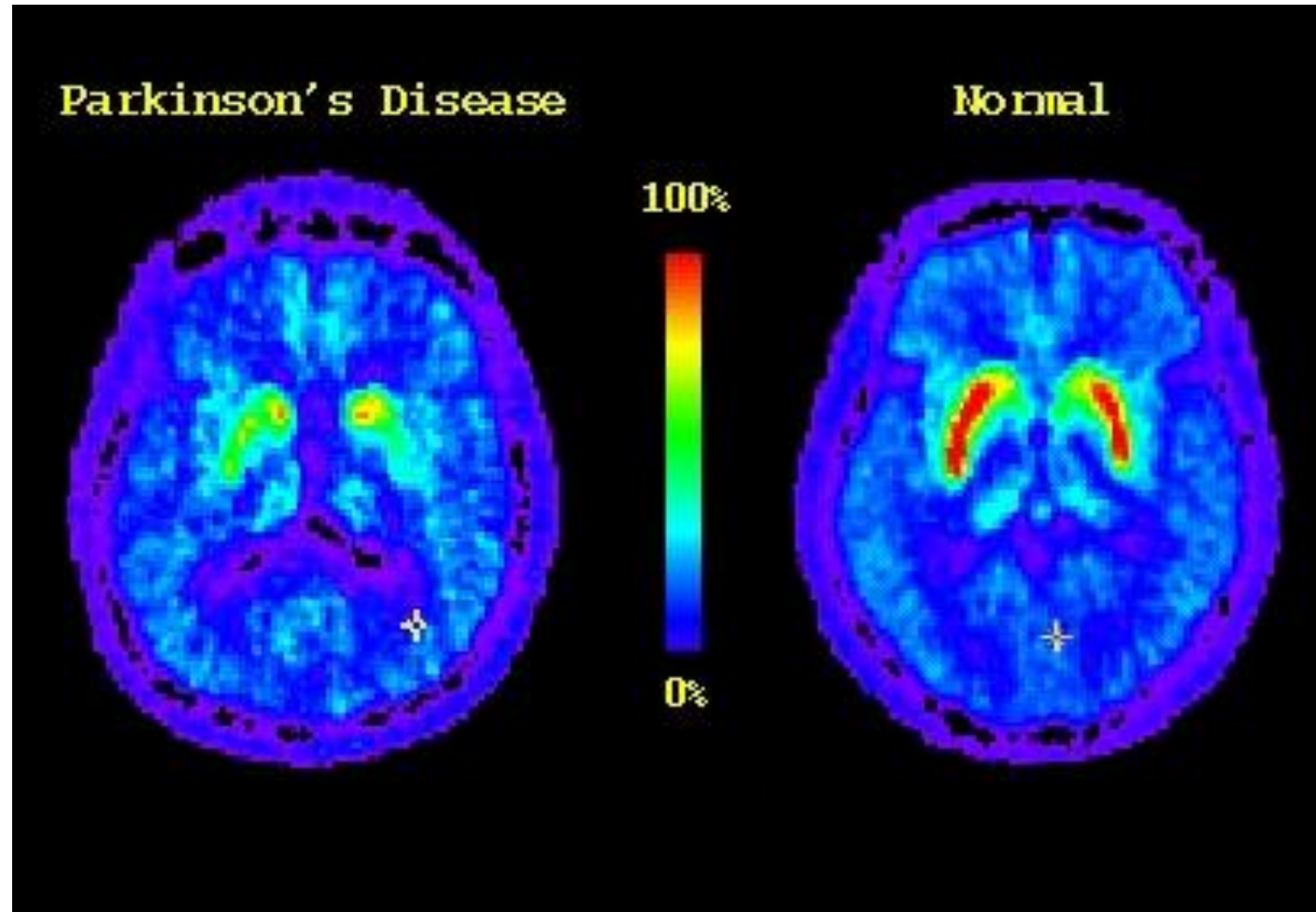


Η τομή πολλών τέτοιων ευθειών προσδιορίζει τα σημεία εξαϋλωσης άρα συγκέντρωσης του ραδιοφαρμάκου που εκπέμπει τα ποζιτρόνια και επομένως τους όγκους ή τους ιστούς που έχουν αυξημένο μεταβολισμό γλυκόζης.

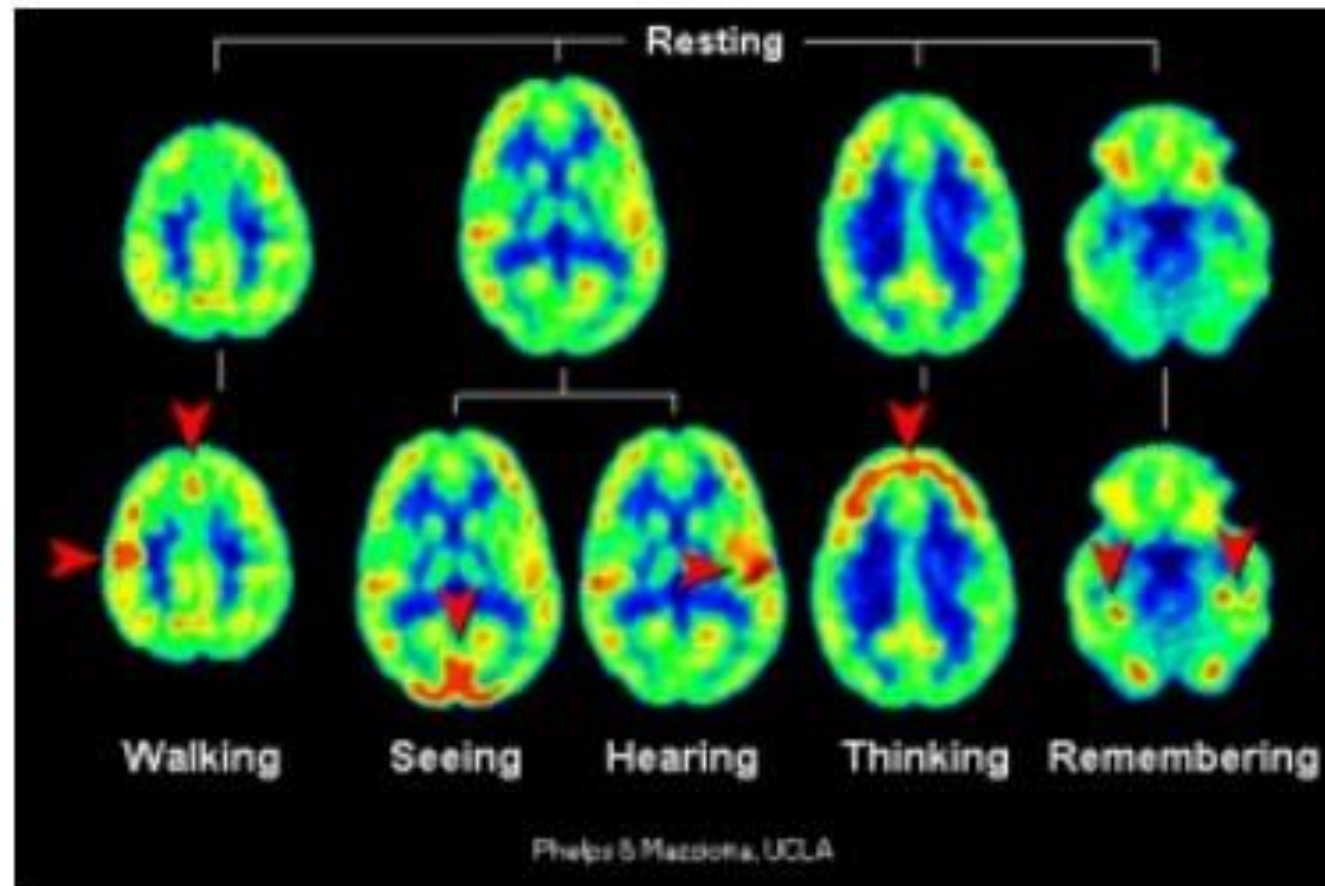


Η χωρική διακριτική ικανότητα της μεθόδου είναι περιορισμένη λόγω της διάχυσης των ποζιτρονίων μέσα στον ιστό σε απόσταση λίγων mm από το σημείο που βρισκόταν ο πυρήνας που το εξέμπεμψε, δηλαδή από το σημείο στο οποίο είχε αποτεθεί το ραδιοφάρμακο

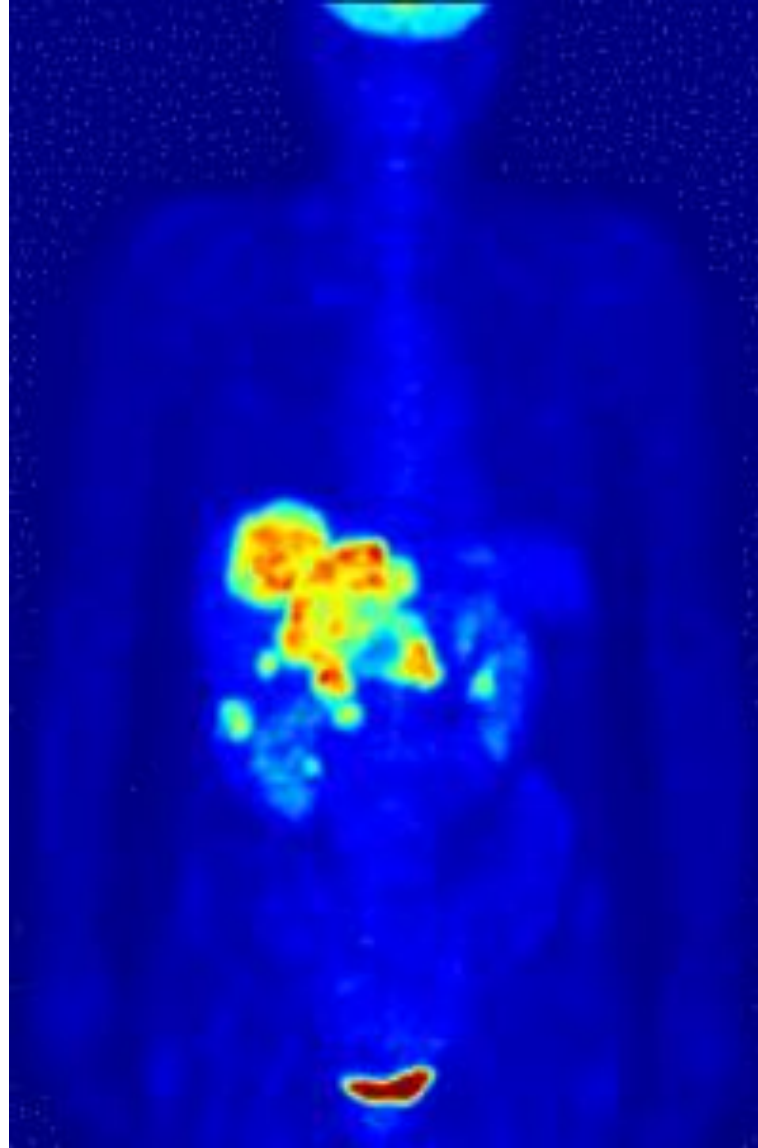
Εικόνες PET



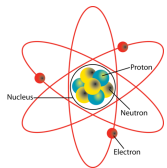
PET scan για μελέτη λειτουργιών του εγκεφάλου



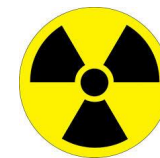
Εικόνες PET και διάγνωση καρκίνου



Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ



2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές

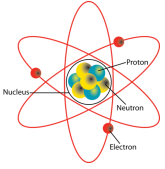


Για θεραπευτικούς και διαγνωστικούς σκοπούς είναι αναγκαία η παραγωγή σκευασμάτων που φέρουν στη δομή τους έναν ραδιενεργό ισότοπο ως ιχνηθέτη. Τα σκευάσματα αυτά λέγονται **ραδιοφάρμακα**.

Τα ραδιοφάρμακα χορηγούμενα στον ανθρώπινο οργανισμό, συγκεντρώνονται εκλεκτικά, σε ένα όργανο ή ιστό του σώματος, όπου παραμένουν για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Στην ερευνητική αυτή δραστηριότητα **μελετήθηκε η παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε γραμμικούς επιταχυντές**, μελέτη που αποτέλεσε την πτυχιακή εργασία του κ. **Άρη Μαμάρα**, τώρα αποφοίτου του τμήματος φυσικής και μεταπτυχιακού φοιτητή, ο οποίος συνεχίζει την έρευνά του επί του θέματος στο CERN.



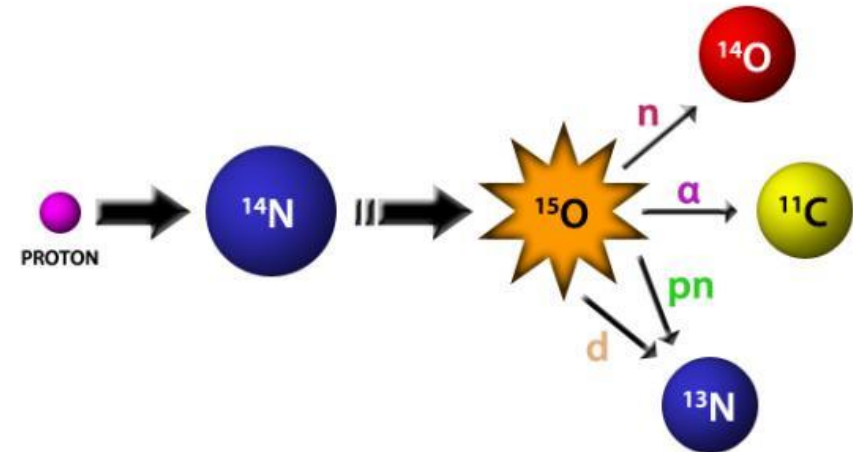


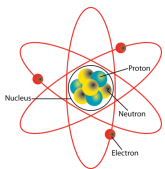
Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ

2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές

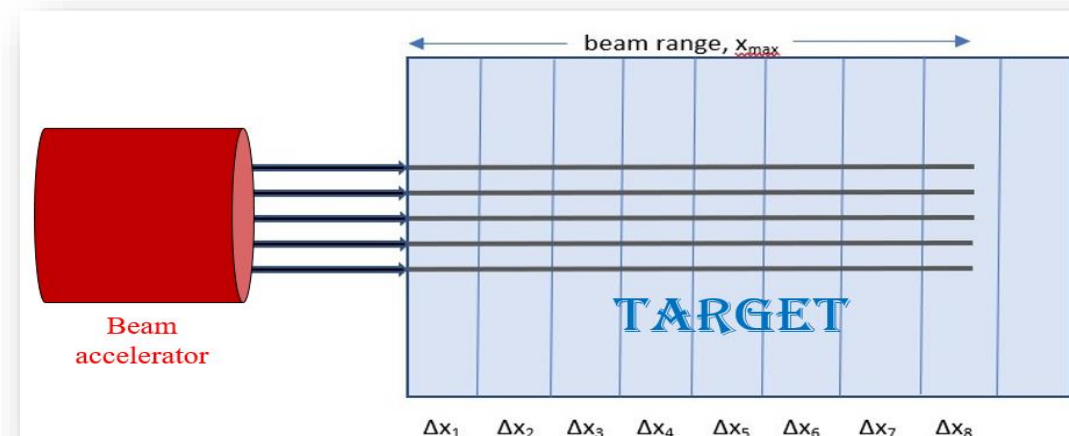
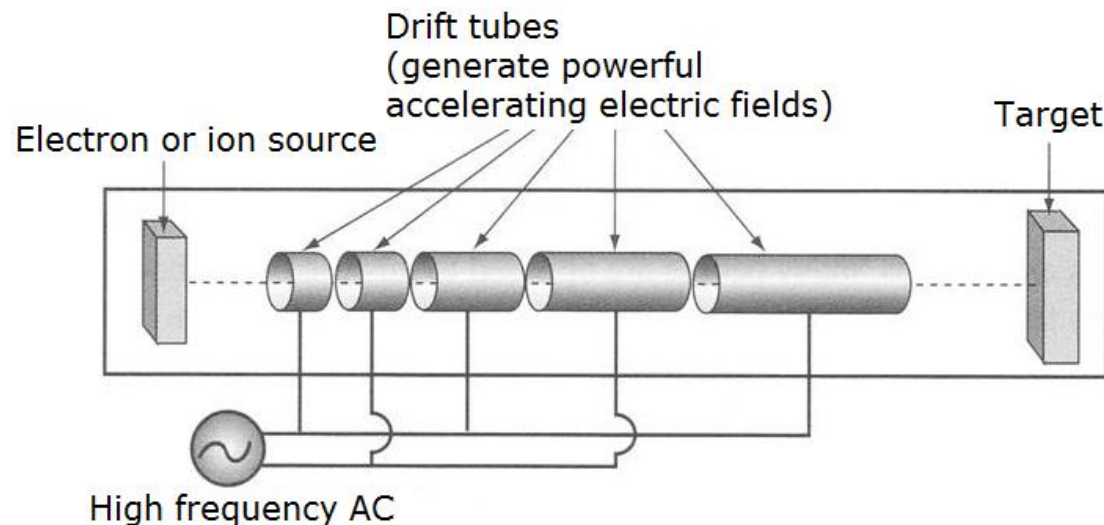
Πυρηνικές αντιδράσεις για την παραγωγή ραδιοφαρμάκων

Με τις πυρηνικές αντιδράσεις επιτυγχάνεται η μετατροπή των πυρήνων του στόχου σε διαφορετικούς πυρήνες, μέσω του βομβαρδισμού τους με ενεργειακά σωματίδια, όπως π.χ. πρωτόνια ή σωματία άλφα.





2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές



Τα δεδομένα που παρήχθησαν από τη αυτή τη μελέτη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής για την υλοποίηση ενός RFQ-γραμμικού επιταχυντή χαμηλών ενεργειών (έως 10 MeV) μικρού μεγέθους, με σκοπό την τοπική παραγωγή ραδιοϊσοτόπων.

Το έργο αυτό θα μπορέσει να εξυπηρετήσει τις ανάγκες νοσοκομειακών μονάδων αποδοτικότερα και άμεσα, με όσο το δυνατόν λιγότερες απώλειες.

Η επιστήμη των φυσικών νόμων...

...διαμορφώνει τον άνθρωπο, τη σκέψη του, τον πολιτισμό του

Η επιστήμη είναι ένα ανθρώπινο δημιούργημα, ένα **πολιτιστικό φαινόμενο** όπως όλα τα άλλα (τέχνη, θρησκεία, πολιτική κτλ.), και έχει πολύ περισσότερα κοινά σημεία μ' αυτά, απ' όσο αφήνεται να εννοηθεί. Βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με όλους τους τομείς της κοινωνικής ζωής και η εξέλιξή της επηρεάζεται σημαντικά από παράγοντες, θεωρητικά, ξένους προς αυτή (μεταφυσικές πεποιθήσεις, κοινός νους, πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες).

Οι επιστημονικές θεωρίες, όπως κάθε άλλο ανθρώπινο κατασκεύασμα, είναι ιστορικές οντότητες, με γέννηση, ακμή και τέλος.

Κατά τον 20^ο αιώνα αμφισβητήθηκαν έντονα οι ισχυρισμοί **των Φυσικών Επιστημών** ότι κάνουν προσέγγιση της **αντικειμενικής αλήθειας**.

Τα φιλοσοφικά ρεύματα που αναπτύχθηκαν συνέβαλαν ουσιαστικά και στη διαμόρφωση των αντιλήψεων για τις φυσικές επιστήμες. 'όλα αυτά επηρέασαν και τη Φυσική που διδασκόμαστε σήμερα, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα.

Η επιστημονική έρευνα συνεχίζεται,
ο επιστημονικός λόγος γίνεται βαθύτερος, πληρέστερος
και πολύ πιο ενδιαφέρων!

Ο λόγος λοιπόν στην Επιστήμη!

