



Στοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και παραδείγματα εφαρμογών της σε θέματα υγείας

Τάσος Λιόλιος
Καθηγητής Φυσικής ΑΠΘ

Διαδικτυακό Masterclass

Βιβλιοθήκη Βέροιας

6 Μαρτίου 2021

Βασική Επιστήμη και σε τι χρησιμεύει

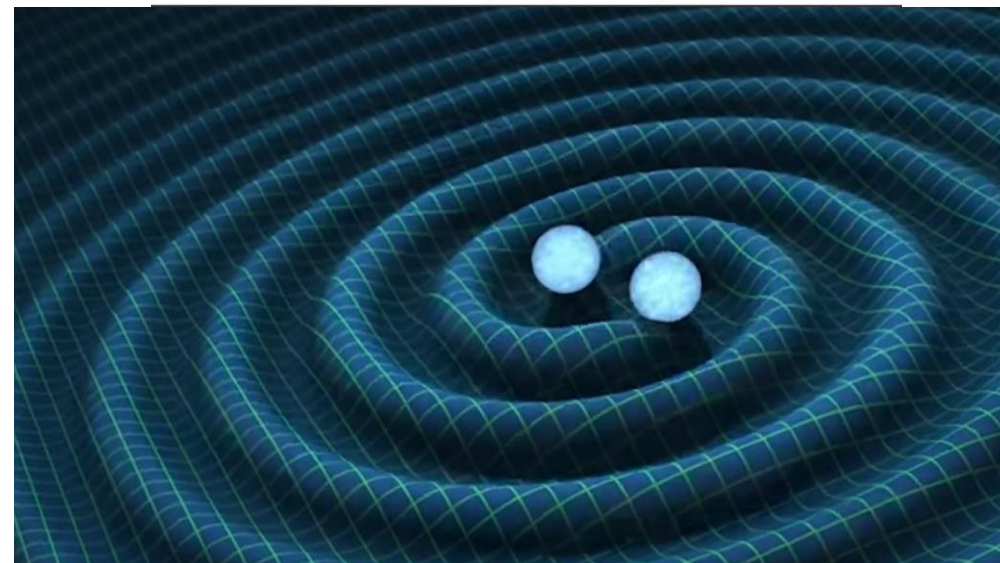
Ζούμε σε μια εποχή κατά την οποία ακούμε συνεχώς για τα επιτεύγματα της βασικής φυσικής, δηλαδή της φυσικής που τα επιτεύγματά της, χωρίς να φαίνεται ότι έχουν κάποια άμεση εφαρμογή, εντυπωσιάζουν με την εμβάθυνση της ανθρώπινης γνώσης που επιφέρουν. Για παράδειγμα, τεράστια απήχηση είχαν πρόσφατα, όχι 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	CHARM	TOP	GLUON	HIGGS BOSON
	mass $2,3 \text{ MeV}/c^2$ charge $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$	$1,275 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$	$173,07 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$	g	$126 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0
LEPTONS	DOWN	STRANGE	BOTTOM	PHOTON	Z BOSON
	$4,8 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	$95 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	$4,18 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	γ	$91,2 \text{ GeV}/c^2$ 0 1
LEPTONS	ELECTRON	MUON	TAU	Z BOSON	W BOSON
	$0,511 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$105,7 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$1,777 \text{ GeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	Z	$80,4 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1
	ELECTRON NEUTRINO	MUON NEUTRINO	TAU NEUTRINO	W	
$<2,2 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$<0,17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$<15,5 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$			

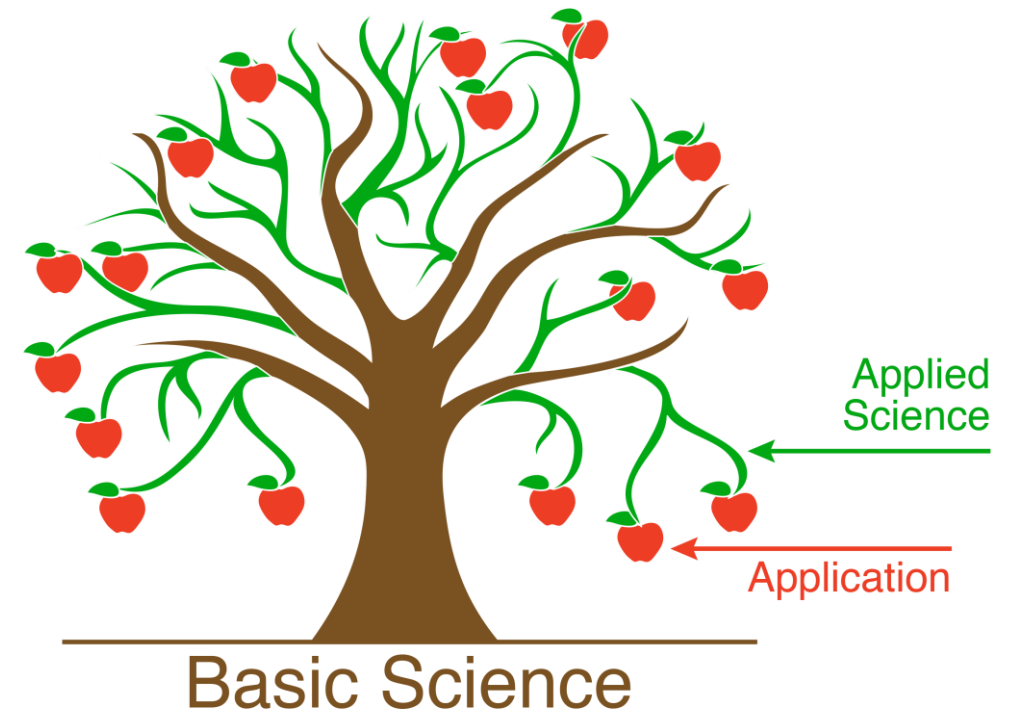


Βασική Επιστήμη και σε τι χρησιμεύει

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

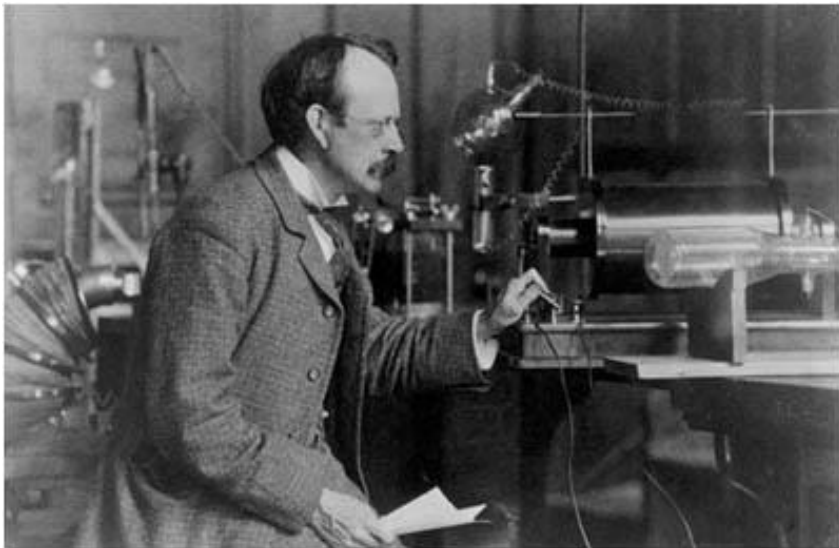
Από την άλλη πλευρά, δεν είναι λίγοι αυτοί που αμφισβητούν την αξία της χρηματοδότησης των πειραμάτων παρομοίου μεγέθους και δαπάνης, αφού θεωρούν πως τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη βασική έρευνα, αφορούν μόνο στους ειδικούς επιστήμονες και όχι στο κοινωνικό σύνολο.

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:



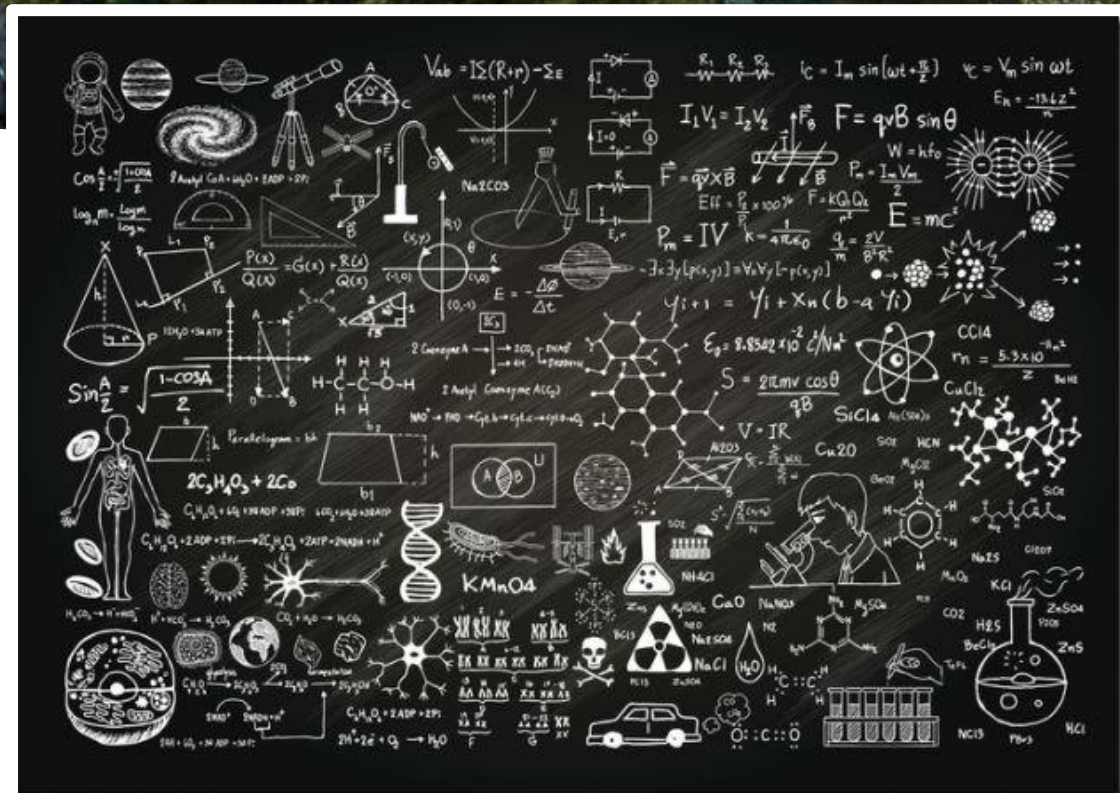
«Με τον όρο **έρευνα στην καθαρή επιστήμη** εννοώ την έρευνα που γίνεται χωρίς να έχουμε ιδέα για την εφαρμογή της στο βιομηχανικό τομέα αλλά που έχει αποκλειστικό στόχο τη διεύρυνση της γνώσης μας για τους νόμους της Φύσης.

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

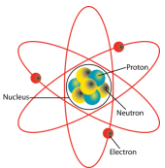
Έρευνα βασικής φυσικής διεξάγεται και στο Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ)



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

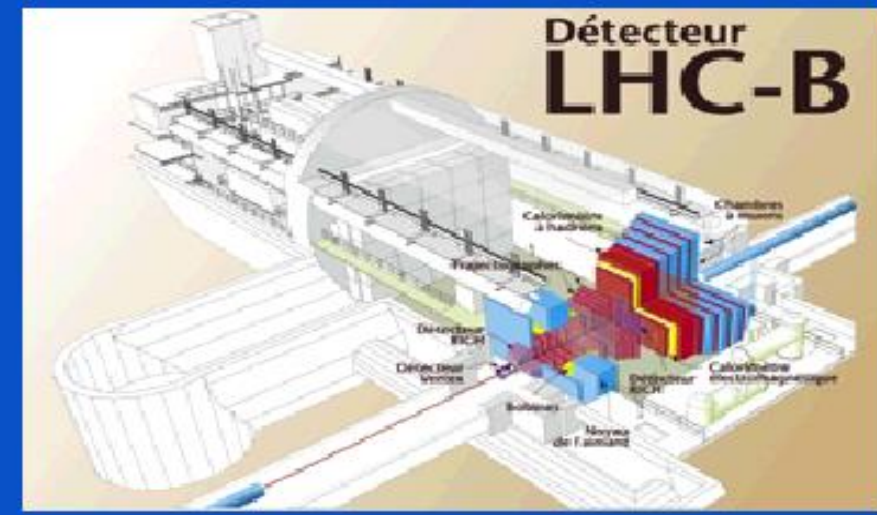
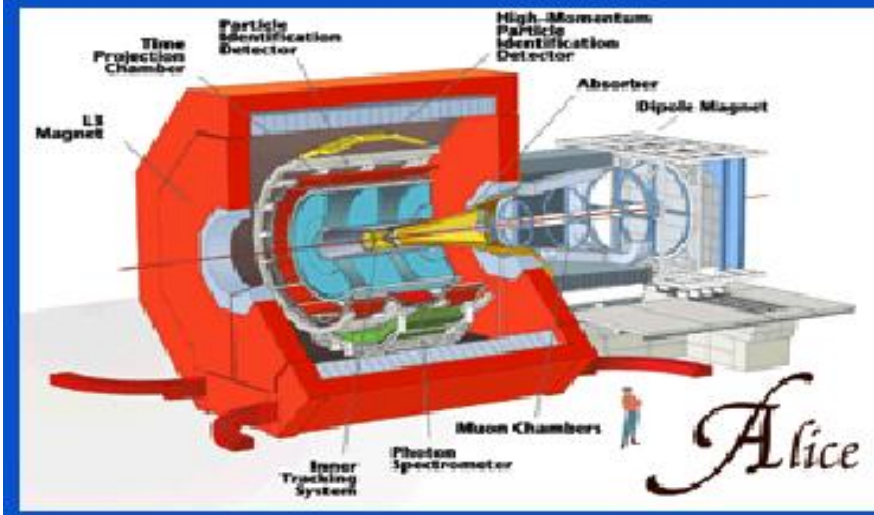
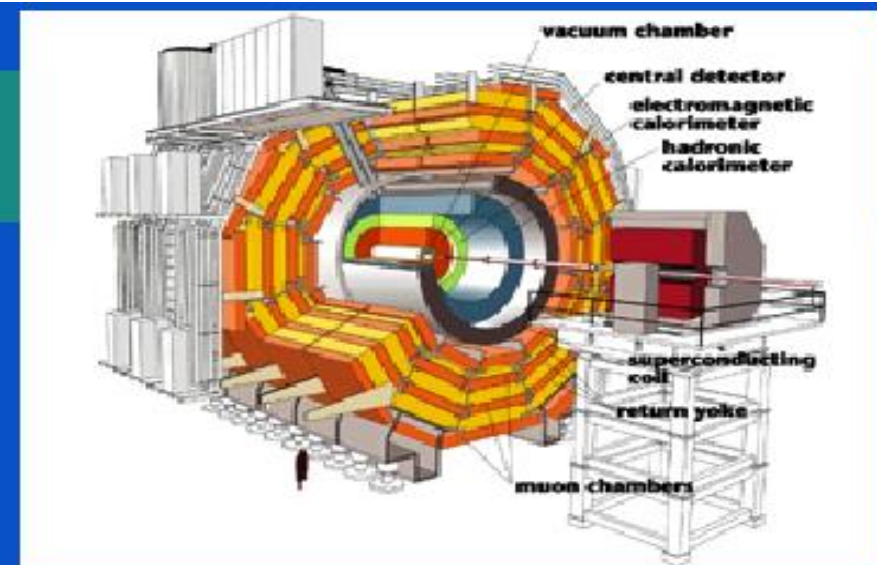
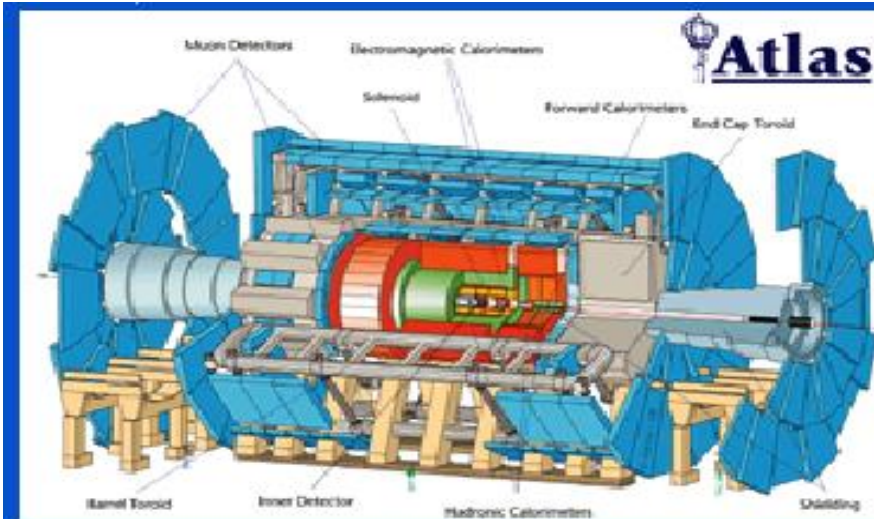


Η εκπαίδευση των φοιτητών/τριών Φυσικής στο ΑΠΘ

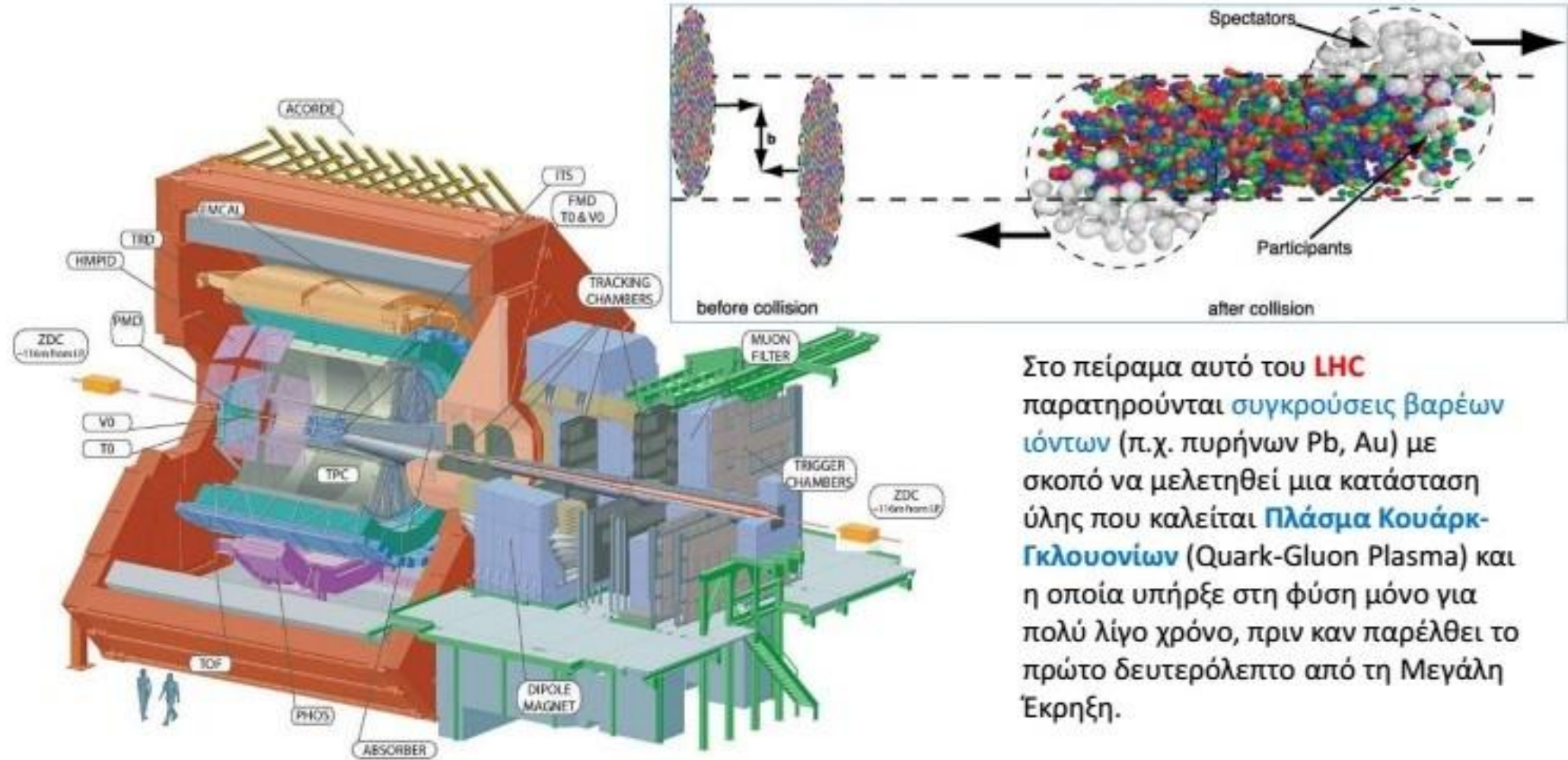
Η εκπαίδευση των φοιτητών και φοιτητριών της Φυσικής στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ περιλαμβάνει, εκτός από τα μαθήματα και τα εργαστήρια που παρακολουθούν, και την συμμετοχή όσων ενδιαφέρονται για την εμπειρία της επιστημονικής έρευνας, και σε πειράματα και ερευνητικές διαδικασίες, τόσο στο πανεπιστήμιο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



Τα 4 μεγάλα πειράματα στον LHC



ALICE: A Large Ion Collider Experiment



Στο πείραμα αυτό του **LHC** παρατηρούνται συγκρούσεις βαρέων ιόντων (π.χ. πυρήνων Pb, Au) με σκοπό να μελετηθεί μια κατάσταση ύλης που καλείται **Πλάσμα Κουάρκ-Γκλουονίων** (Quark-Gluon Plasma) και η οποία υπήρξε στη φύση μόνο για πολύ λίγο χρόνο, πριν καν παρέλθει το πρώτο δευτερόλεπτο από τη Μεγάλη Έκρηξη.



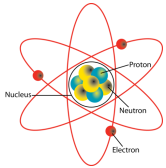
Η επαφή με το πείραμα (όταν είναι εν λειτουργία), γίνεται από την αίθουσα ελέγχου του κάθε πειράματος.

Εδώ, **το Control Room του ALICE.**

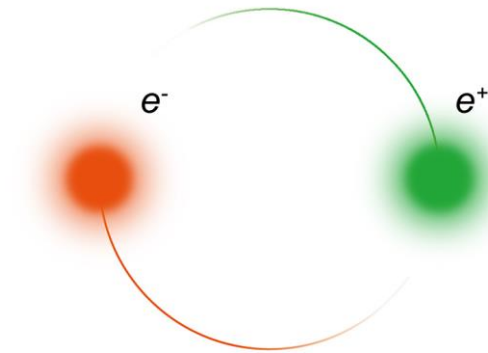
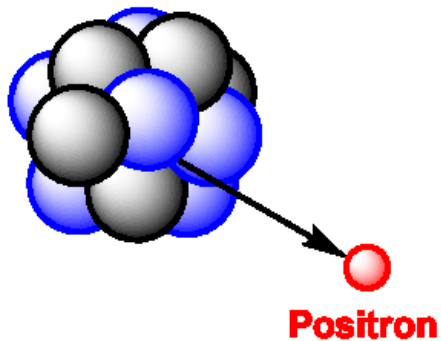
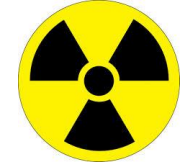
Εδώ η Γιώτα Φωκά (απόφοιτη του ΑΠΘ)



Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ



1. Εξαύλωση ποζιτρονίων στην ύλη



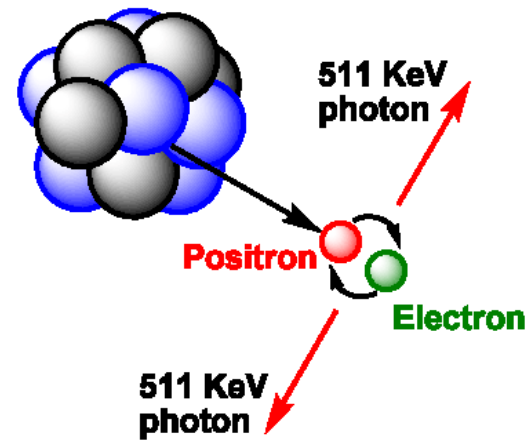
Τα **ποζιτρόνια** παράγονται από κάποιους ραδιενεργούς πυρήνες (που συνήθως έχουν περίσσεια πρωτονίων)

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» **εξαυλώνονται!**

Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ

1. Εξαΰλωση ποζιτρονίων στην ύλη

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

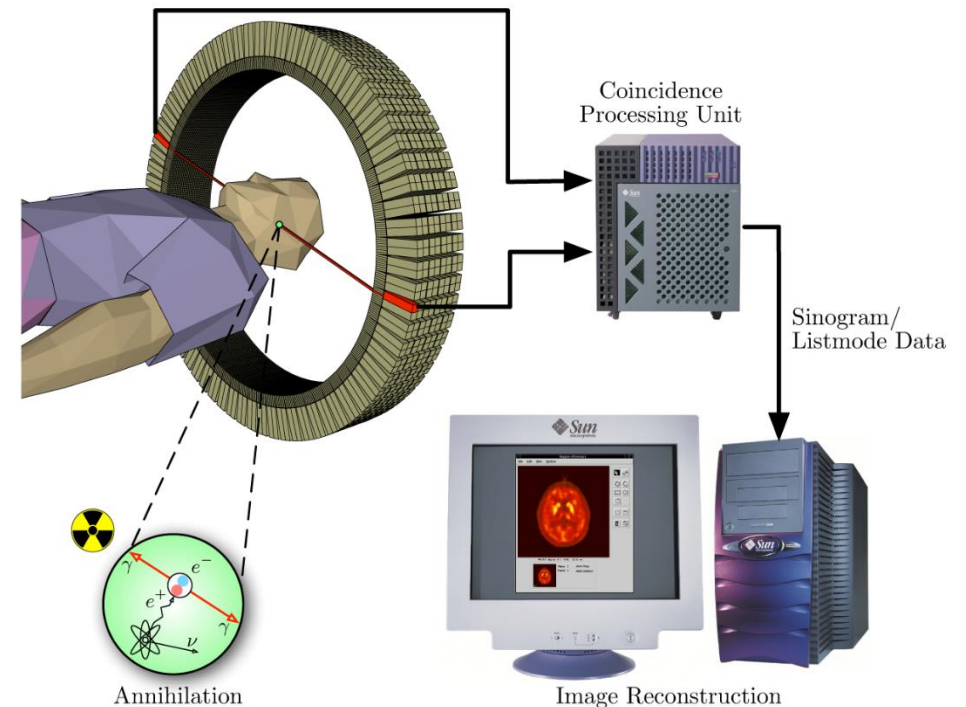


Αυτή η ισοδύναμη ενέργεια δίνεται με τη μορφή δυο (συνήθως) φωτονίων, καθορισμένης ενέργειας, ίσης με 511 keV το καθένα.

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.

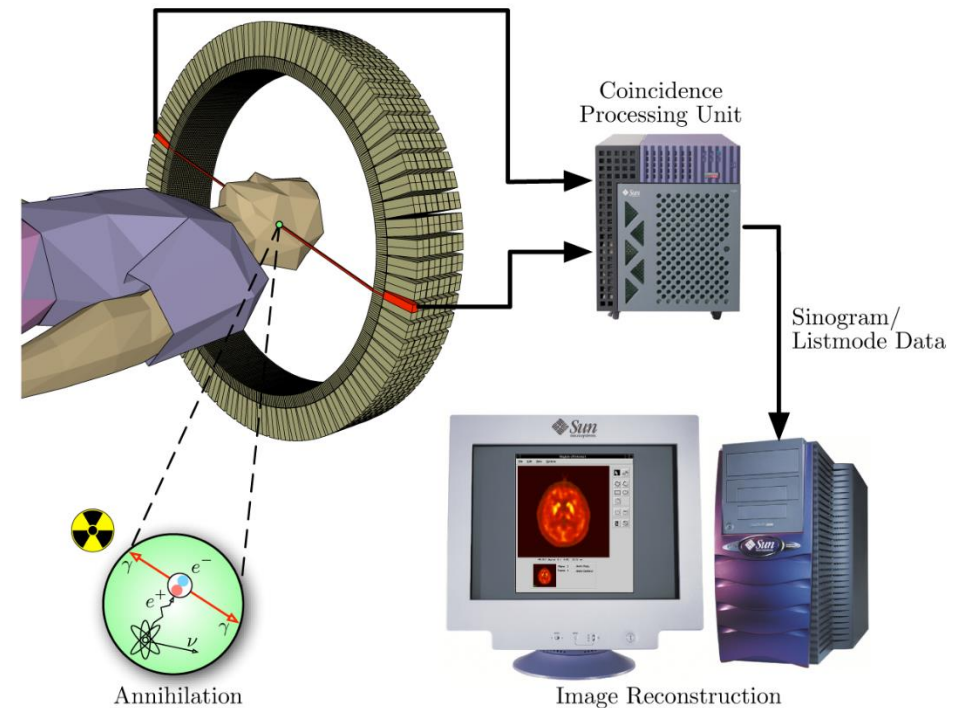


Πώς λειτουργεί η τομογραφία PET (Positron Emission Tomography)

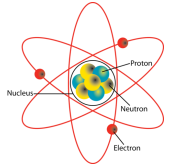
Το ραδιενεργό ισότοπο εκπέμπει **ποζιτρόνια** (δηλ. τα απλούστερα σωματίδια αντι-ύλης), τα οποία εξαϋλώνονται τοπικά και δίνουν ως σήμα της εξαύλωσής τους, **δύο φωτόνια γάμμα** συγκεκριμένης ενέργειας (511 keV) που εκπέμπονται αντιδιαμετρικά.

Το σύστημα των σπινθηριστών που περιβάλλει τον εξεταζόμενο, εντοπίζει 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. Ακολούθως 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.



Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ

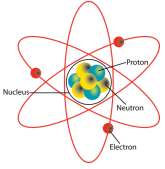


2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές



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.



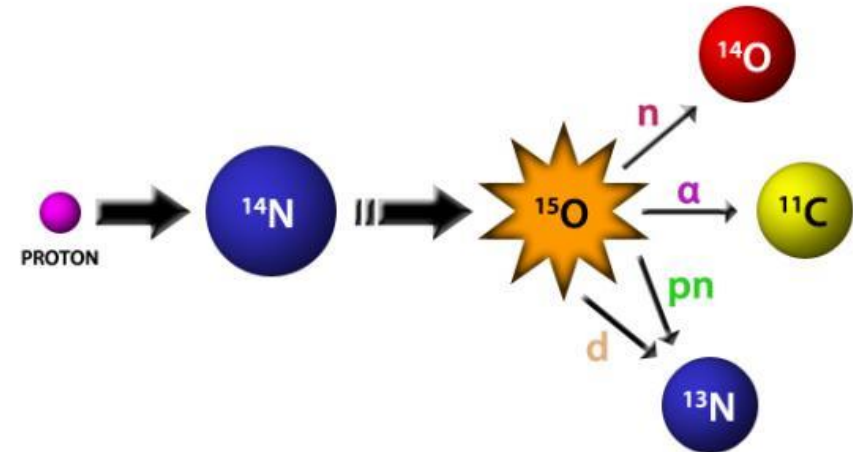


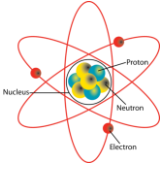
Παραδείγματα έρευνας στον Τομέα Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων του ΑΠΘ

2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές

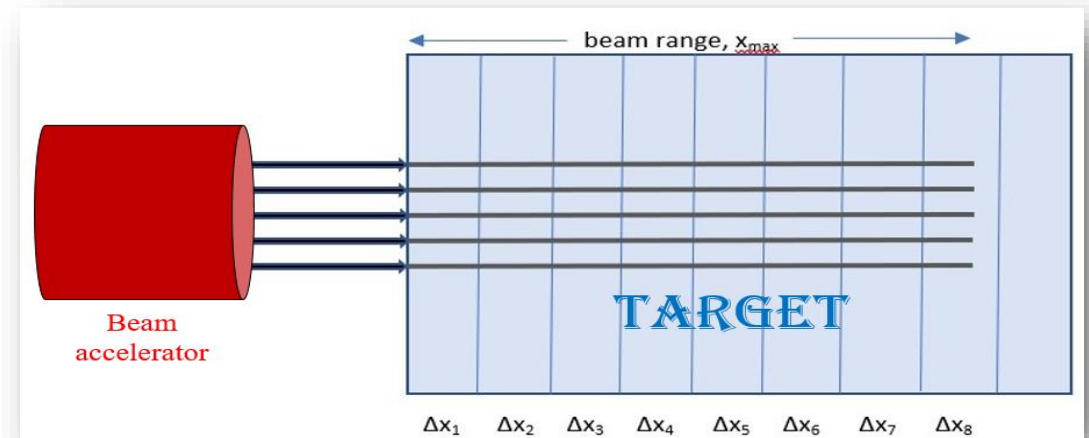
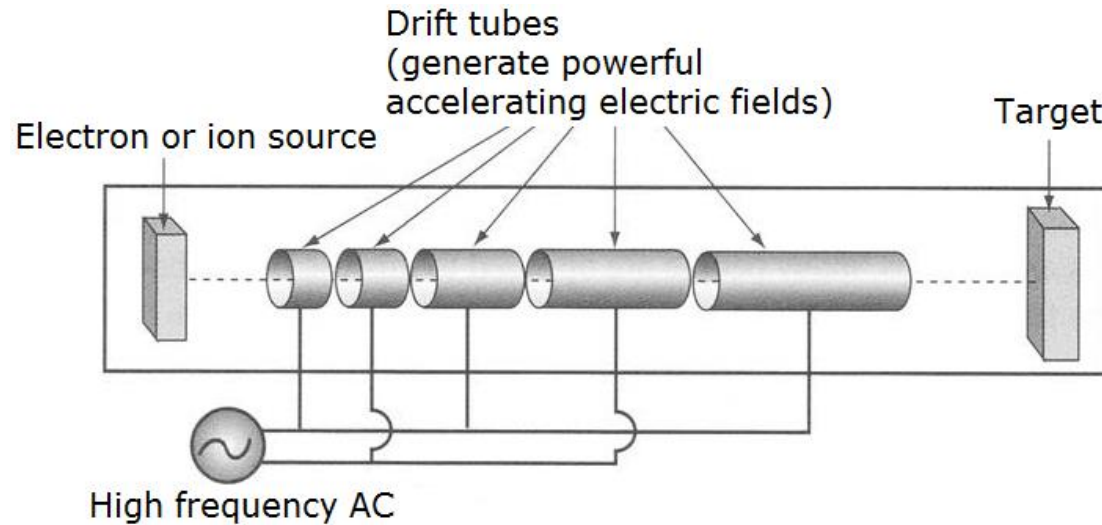
Πυρηνικές αντιδράσεις για την παραγωγή ραδιοφαρμάκων

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.





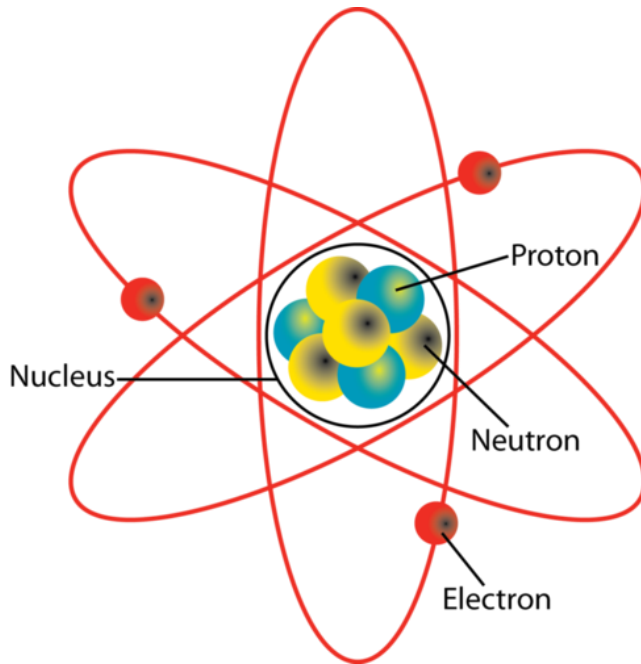
2. Παραγωγή ραδιοϊσοτόπων με πυρηνικές αντιδράσεις σε επιταχυντές



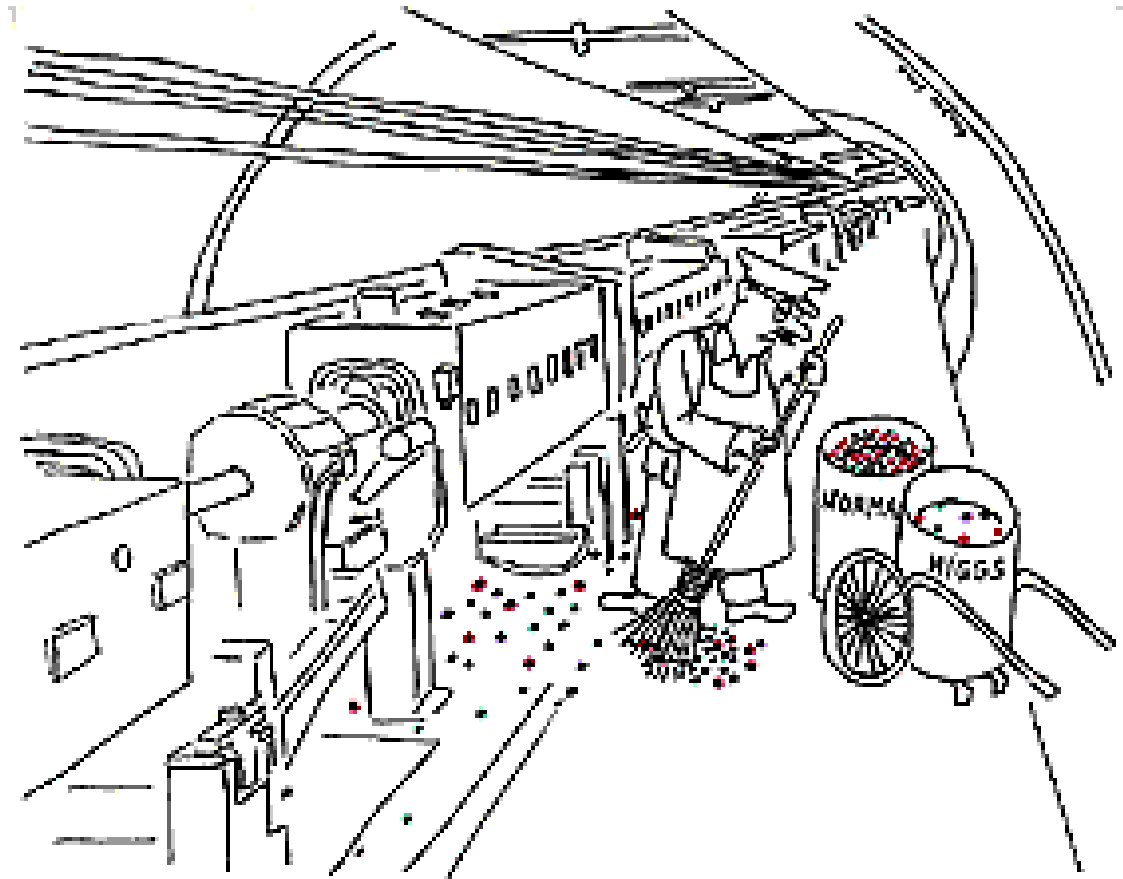
Τα δεδομένα που παρήχθησαν από τη αυτή τη μελέτη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισαγωγής για την υλοποίηση ενός RFQ-γραμμικού επιταχυντή χαμηλών ενεργειών (έως 10 MeV) μικρού μεγέθους, με σκοπό την τοπική παραγωγή ραδιοϊσοτόπων.

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

Η επιστημονική έρευνα συνεχίζεται
και έχει πολύ ενδιαφέρον...
...σας περιμένουμε!



*Σας
ευχαριστώ
για την
προσοχή σας!*



Σωματίδια! Παντού σωματίδια!