

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΜΕΑ Β΄



ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

ΤΟΜΕΑΣ Β΄

Πυρηνικής Φυσικής και Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων

<http://nuclpart.phys.uoa.gr/>

Ευστάθιος Στυλιάρης  
Διευθυντής Τομέα Β΄

Σεμιναριακά Μαθήματα 1<sup>ου</sup> Έτους - 22 Νοεμβρίου 2023

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΜΕΑ Β΄

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

## ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

- Ερευνητικό αντικείμενο
- Ανθρώπινο δυναμικό
- Χώροι και εγκαταστάσεις
- Μαθήματα συναφή με την κατεύθυνση του Τομέα Β΄
- Ερωτήσεις / Συζήτηση

(Με υλικό από το περσινό σεμινάριο του Αν. Καθηγητή κ. Κ. Βελλίδη)

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΜΕΑ Β΄

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

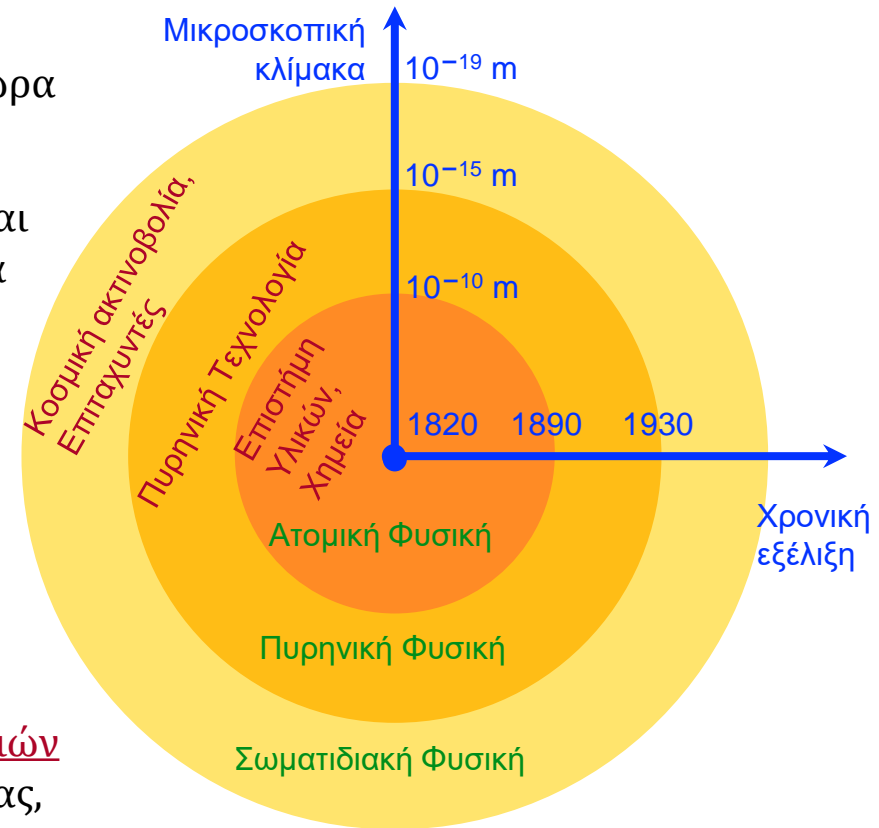
Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ Β΄**

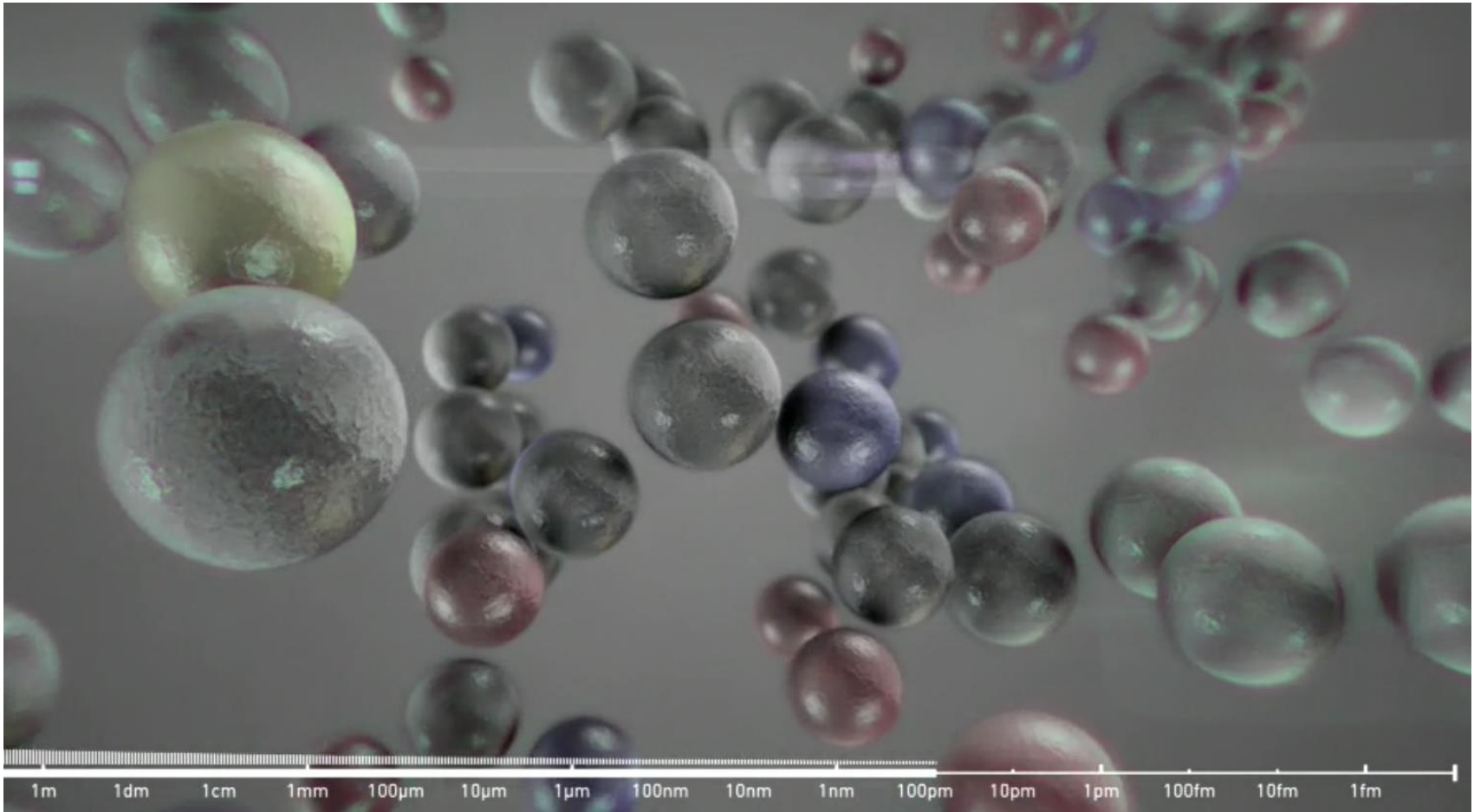
# Πυρηνική Φυσική και Σωματιδιακή Φυσική

Μελέτη των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε υποατομική κλίμακα

- Η Πυρηνική Φυσική περιγράφει τη συγκρότηση και τις ιδιότητες των ατομικών πυρήνων, με πληθώρα εφαρμογών:
  - Ενέργεια (ελεγχόμενη σχάση, σύντηξη)
  - Ιατρική (απεικόνιση, ακτινοθεραπεία)
  - Επιστήμη Υλικών
  - Αστροφυσική
  - Περιβάλλον
  - Αρχαιομετρία
- Η Σωματιδιακή Φυσική ή Φυσική Υψηλών Ενεργειών ερμηνεύει όλα τα φαινόμενα υποατομικής κλίμακας, ανακαλύπτοντας στοιχειώδη σωματίδια και τους νόμους που υπακούν.
- Η πρόοδος στην Πυρηνική και τη Σωματιδιακή Φυσική εμβαθύνει την κατανόηση του Φυσικού Κόσμου, συνεπώς και του Ανθρώπου μέσα σε αυτόν, που είναι ο πρωταρχικός σκοπός της Φυσικής Επιστήμης, ενώ παράλληλα προωθεί την τεχνολογία στα όριά της.

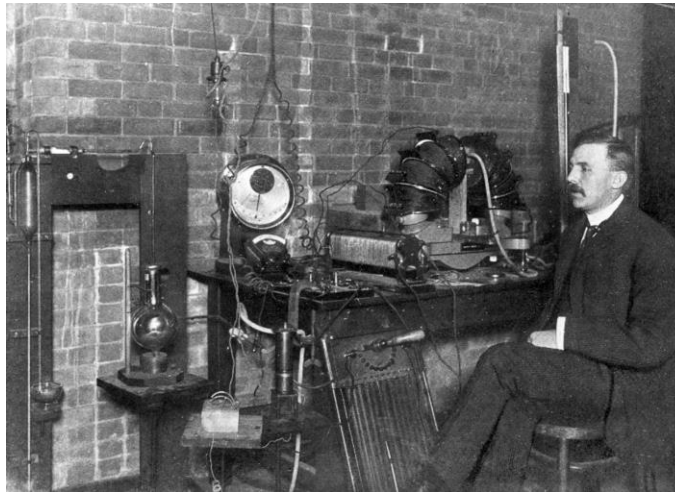
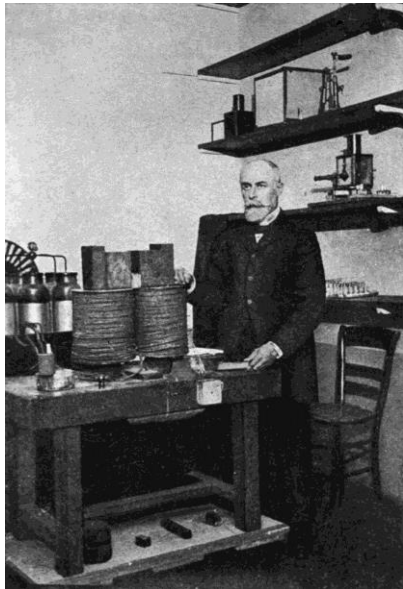


# Πυρηνική Φυσική και Σωματιδιακή Φυσική

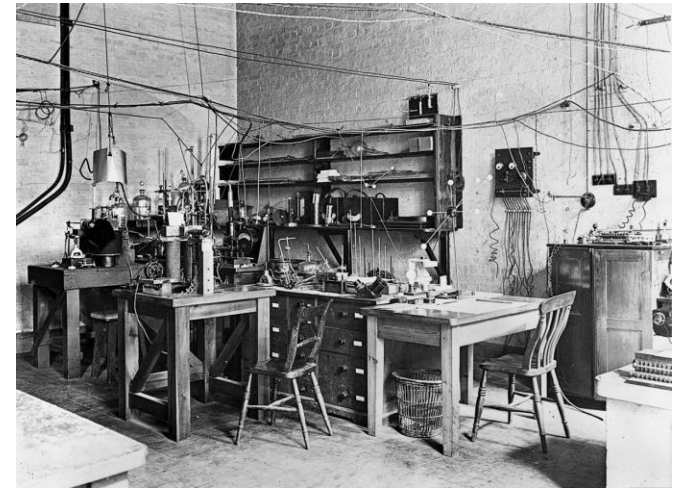


# Πυρηνική Φυσική: Τα Θεμέλια

- **1896**: Ανακάλυψη της ραδιενέργειας από άλατα ουρανίου (Henri Becquerel)
- **1897**: Ανακάλυψη του ηλεκτρονίου και της ατομικής δομής (Joseph John Thomson)
- **1911**: Ανακάλυψη του πυρήνα βομβαρδίζοντας φύλλα  $^{197}\text{Au}$  με σωματία  $\alpha$  ( $^4\text{He}$ ) (Ernest Rutherford)
- **1920**: Θεωρία της πυρηνικής σύντηξης  $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + n$  ως πηγή ενέργειας των άστρων (Arthur Eddington)
- **1932**: Ανακάλυψη του νετρονίου (James Chadwick)
- **1935**: Θεωρία πυρηνικής αλληλεπίδρασης με ανταλλαγή μεσονίων (Hideki Yukawa)



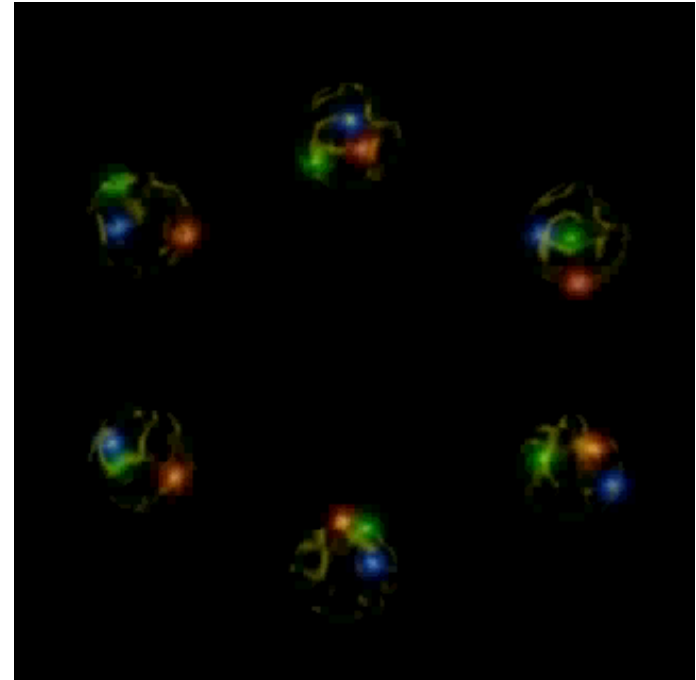
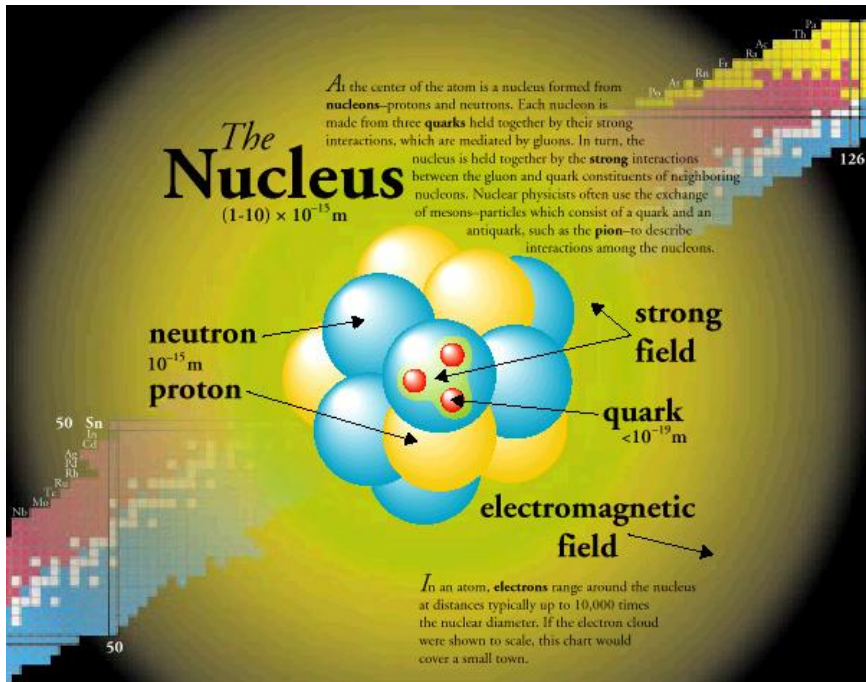
Ο Rutherford στο εργαστήριο του Πανεπιστημίου McGill στο Montreal



Το εργαστήριο του Rutherford στο Cambridge

Ο Becquerel στο εργαστήριό του

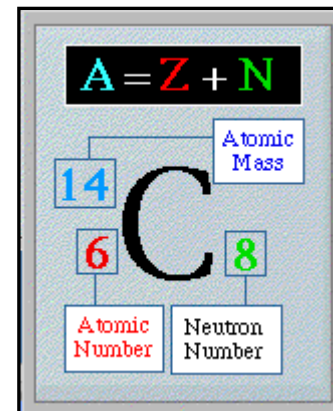
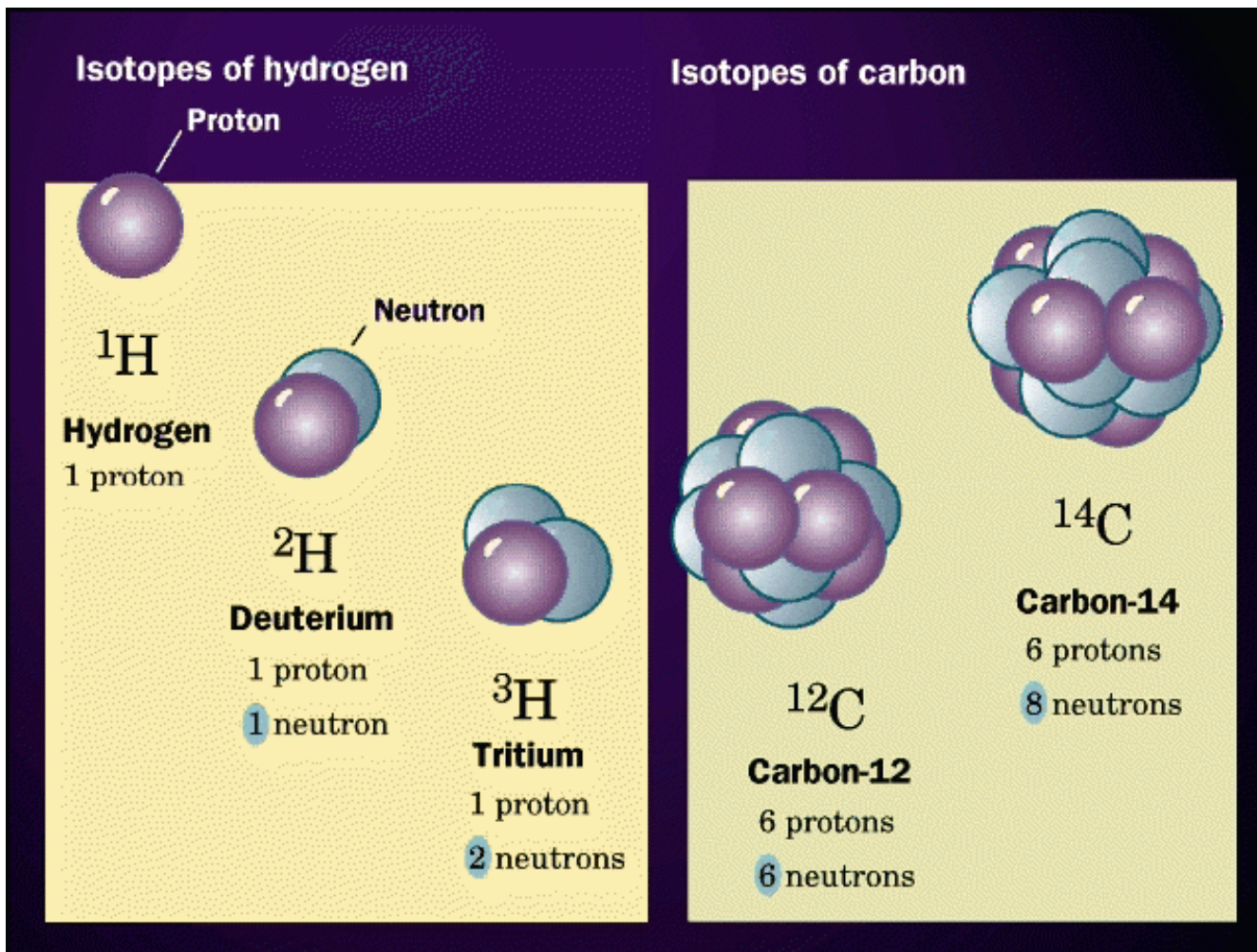
# Σύνθεση των Πυρήνων



Δύο ανταγωνιστικοί παράγοντες:

- **Ισχυρή δύναμη (ελκτική - μεταξύ όλων των νουκλεονίων)**
- **Ηλεκτρομαγνητική δύναμη (απωστική - μεταξύ πρωτονίων)**

# Ισοτοπικοί Πυρήνες



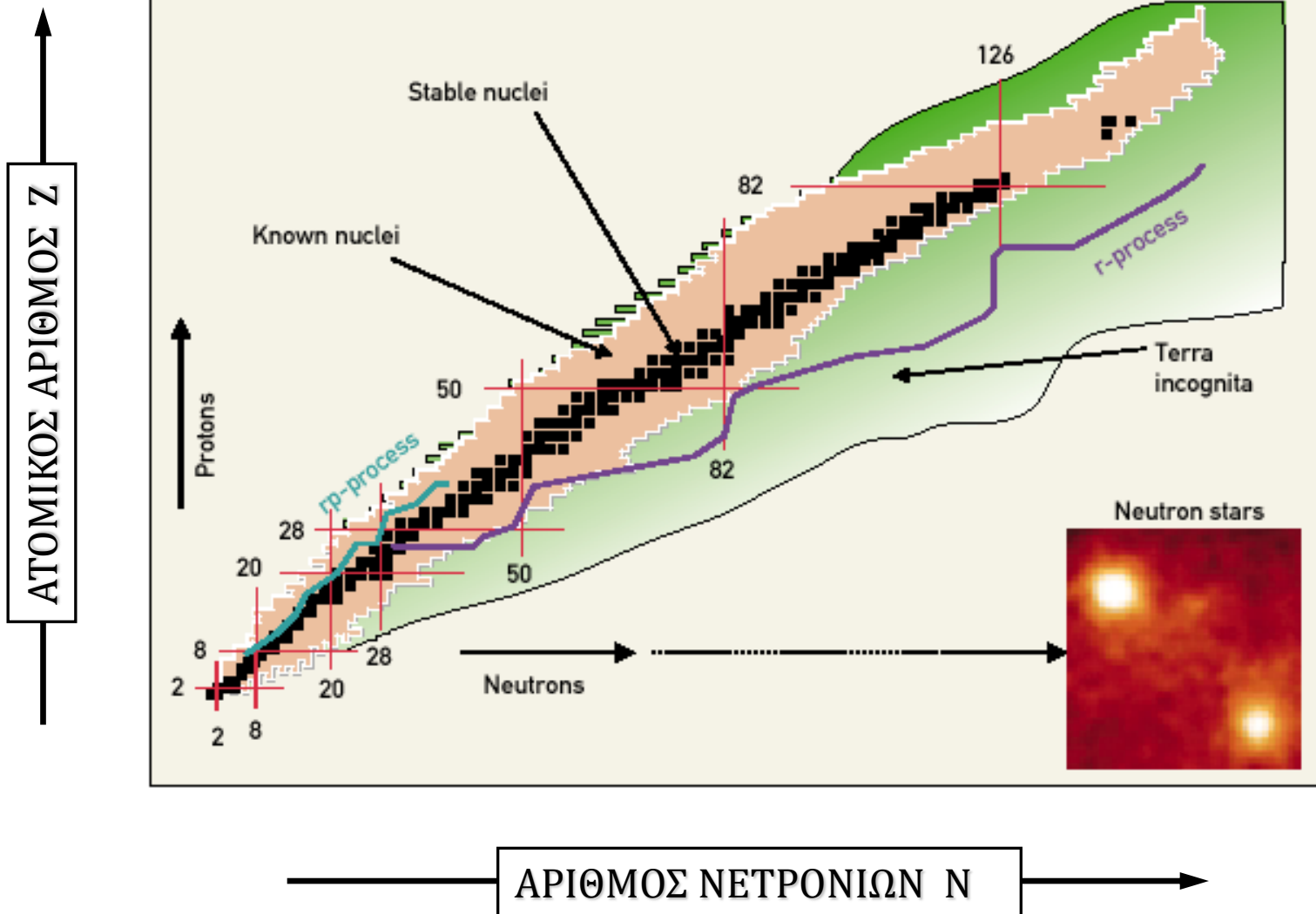
**Z**  
**ΑΤΟΜΙΚΟΣ**  
**ΑΡΙΘΜΟΣ**  
**(πρωτόνια)**

**N**  
**ΑΡΙΘΜΟΣ**  
**ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ**

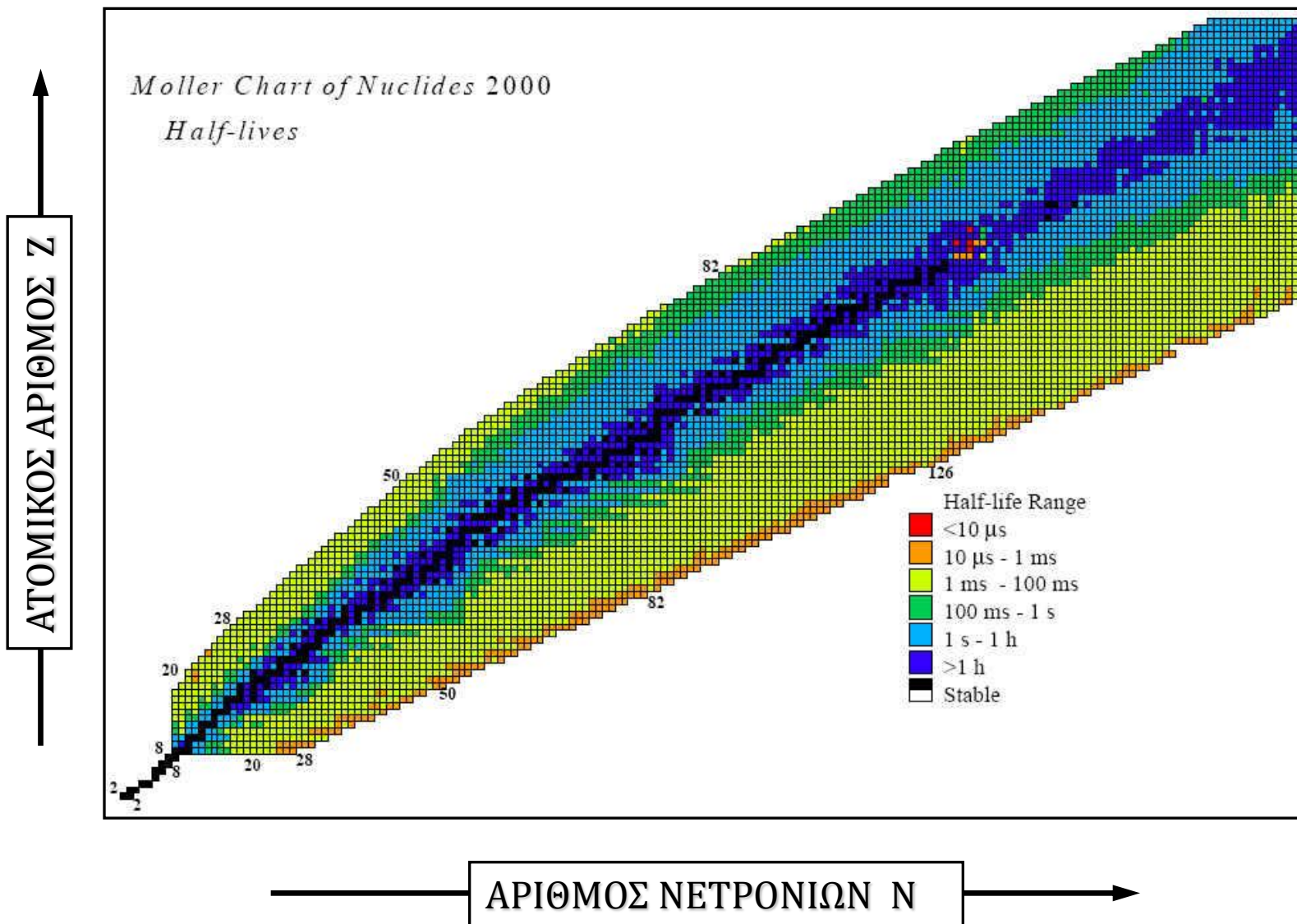
**A**  
**ΜΑΖΙΚΟΣ**  
**ΑΡΙΘΜΟΣ**



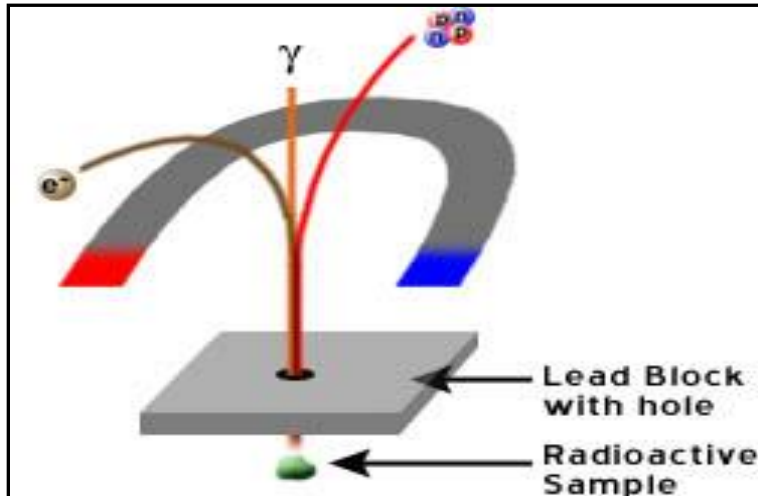
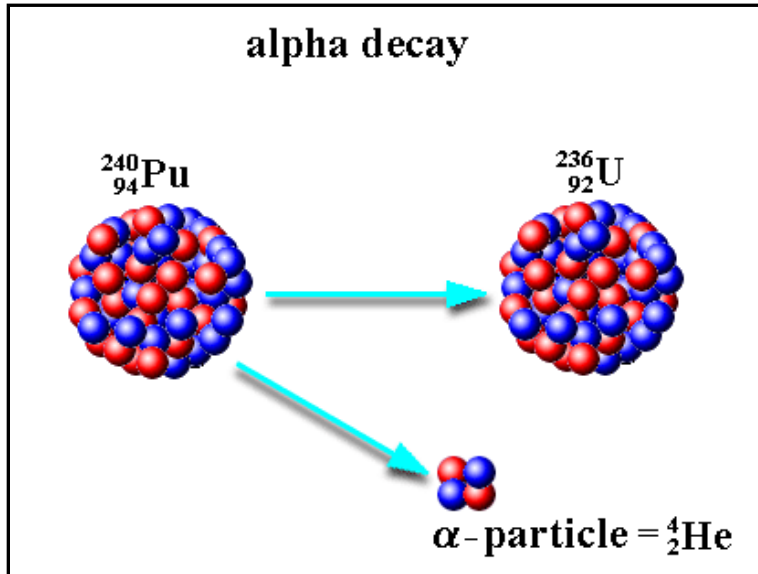
# Χάρτης Νουκλιδίων



# Χάρτης Νουκλιδίων

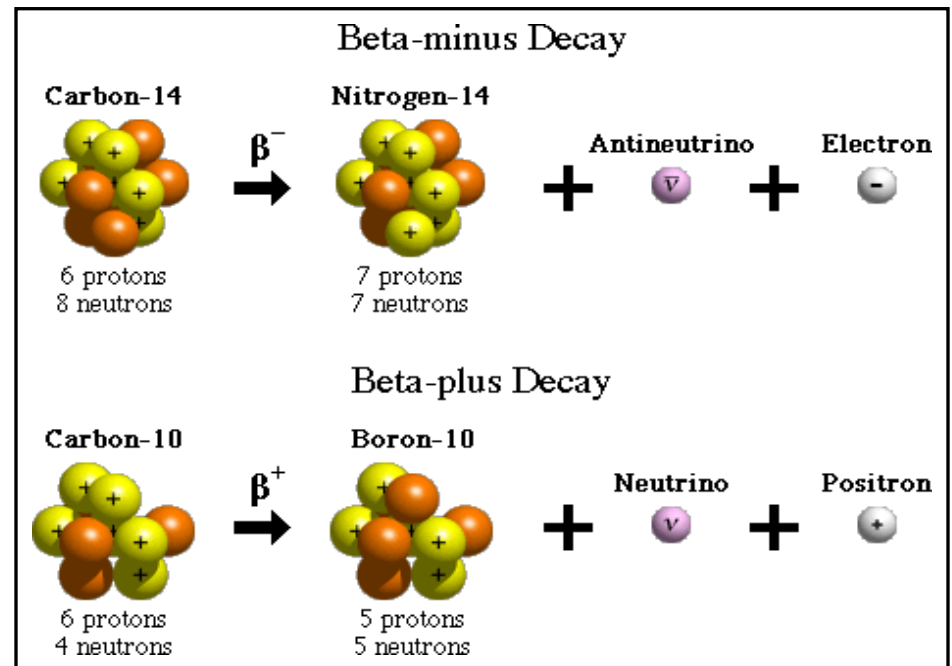


# Ραδιενέργεια α, β - Ακτινοβολία γ

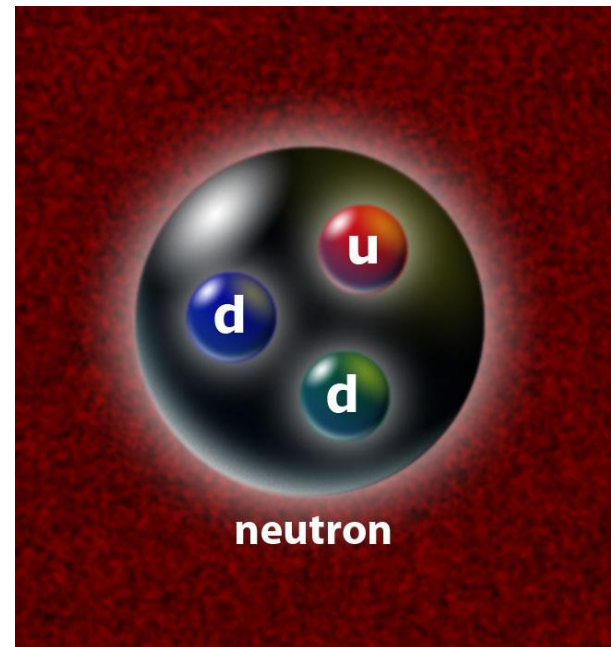
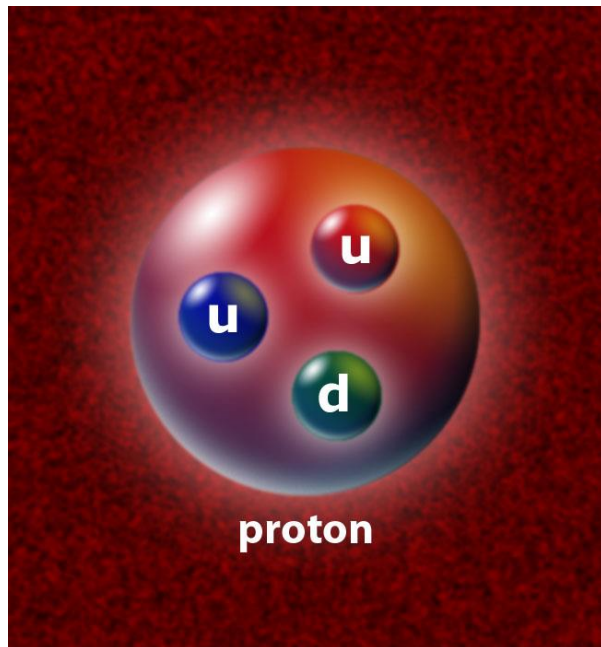


Αποδιεγέρσεις ή αποσυνθέσεις πυρήνων που οδηγούν σε πιο σταθερά θυγατρικά συστήματα.

Υπεύθυνες για την εξέλιξη των πολλών δέσμιων πυρήνων στους λίγους σταθερούς.



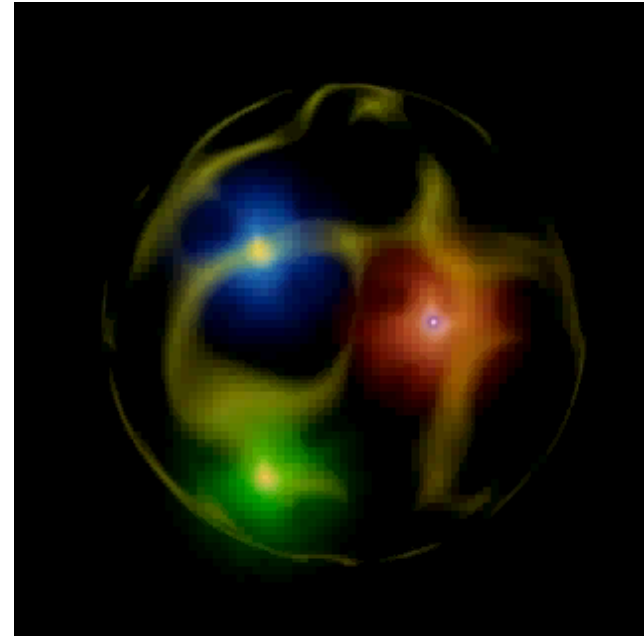
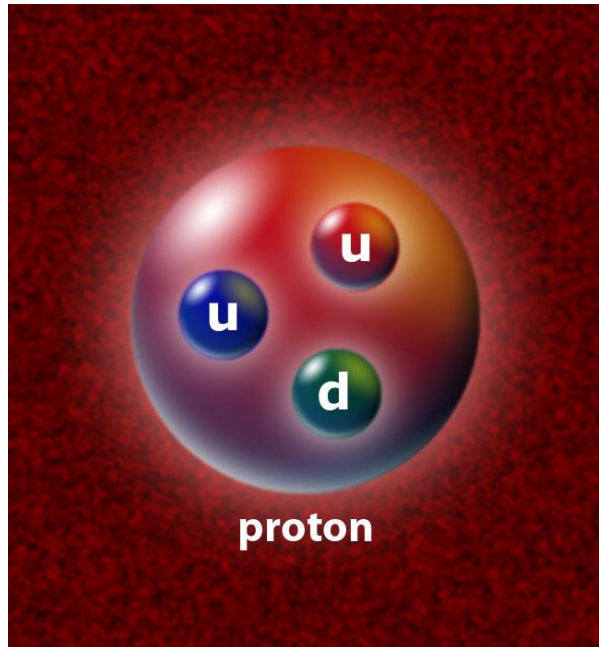
# Δομή του Νουκλεονίου



$$\text{Φορτίο Πρωτονίου: } (+2/3) + (+2/3) + (-1/3) = + 1$$

$$\text{Φορτίο Νετρονίου : } (+2/3) + (-1/3) + (-1/3) = 0$$

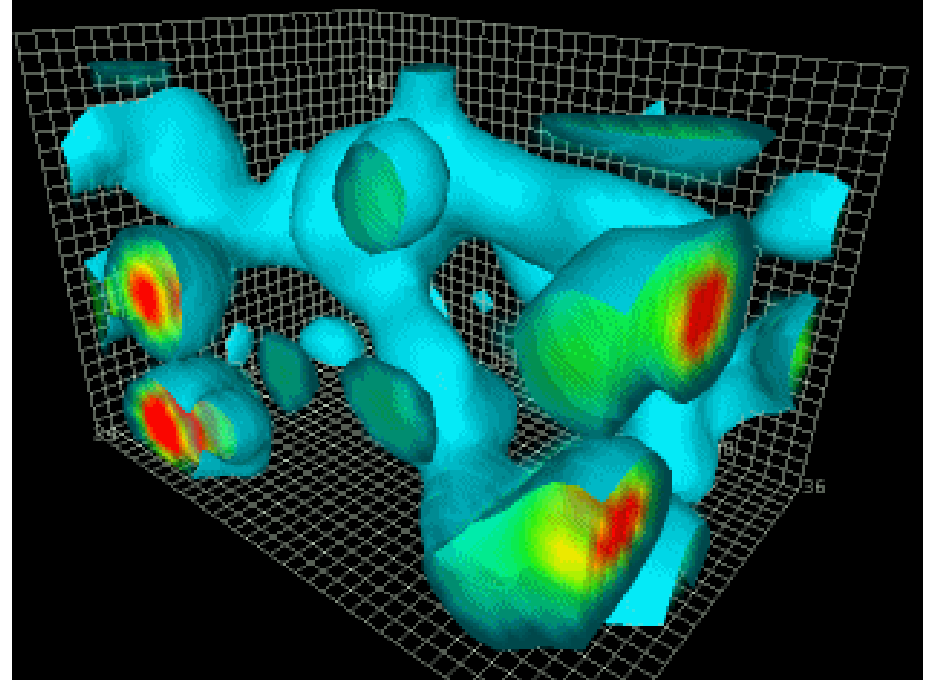
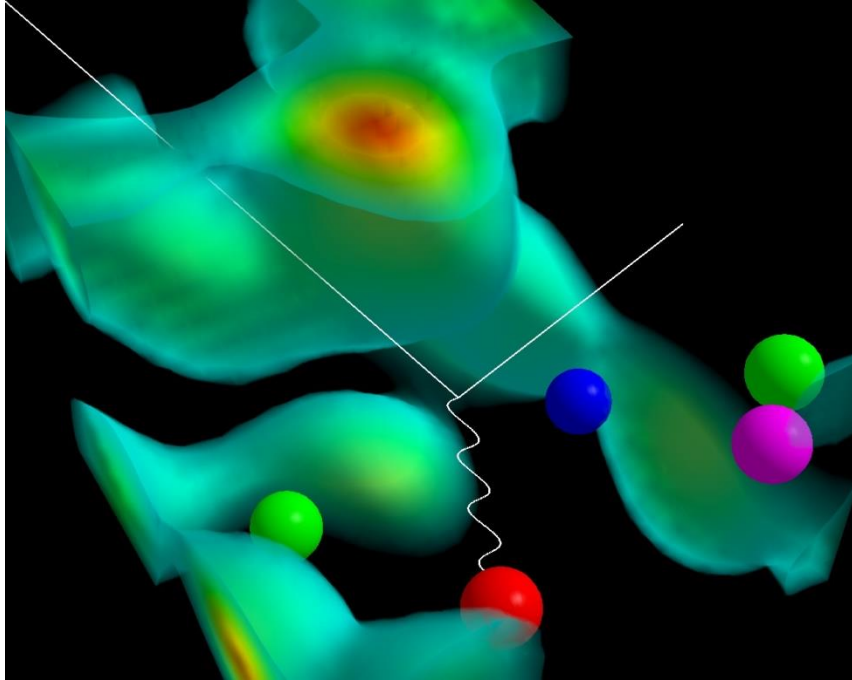
# Δομή του Νουκλεονίου



$$\text{Φορτίο Πρωτονίου: } (+2/3) + (+2/3) + (-1/3) = +1$$

$$\text{Φορτίο Νετρονίου: } (+2/3) + (-1/3) + (-1/3) = 0$$

# Δομή του Πρωτονίου



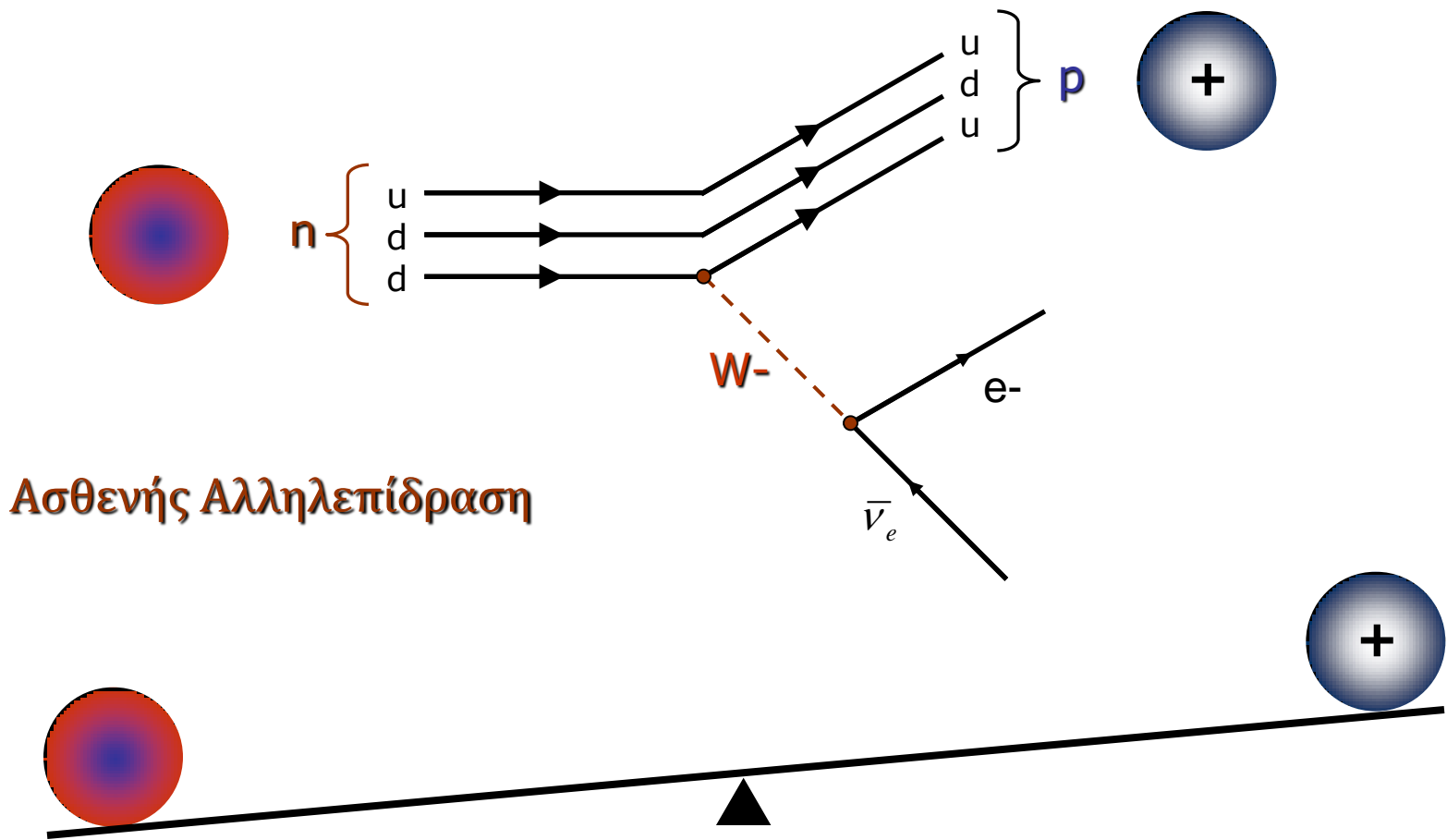
Προσομοίωση του πεδίου των γλουονίων ως αποτέλεσμα των ιδιοτήτων της χρωμοδυναμικής βασισμένη σε θεωρία πλέγματος (Lattice QCD).

**Lava Lamp:** Σπάσιμο του κενού και δημιουργία ζευγών quark – antiquark.

From: Derek Leinweber (Adelaide, Australia)

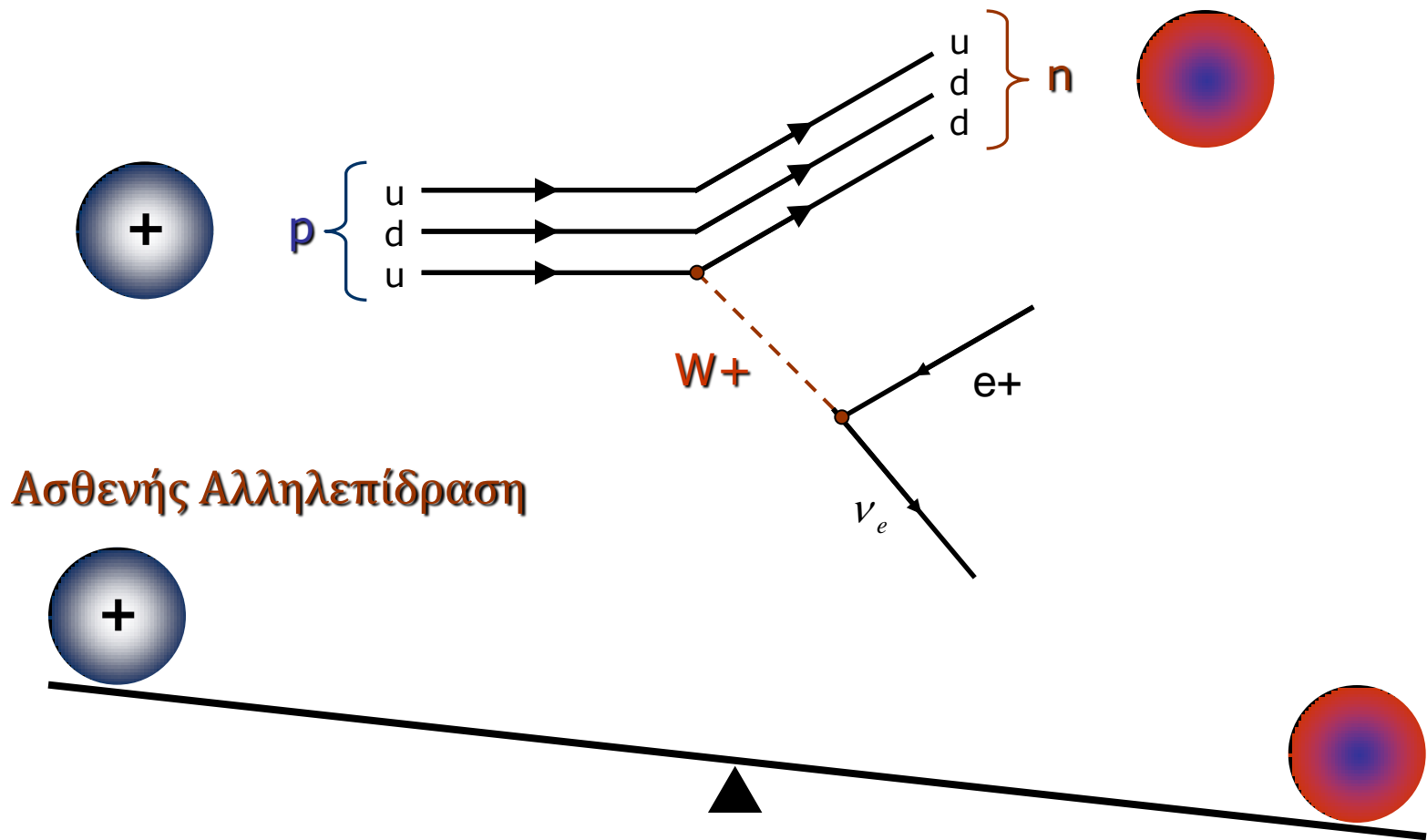
<http://www.physics.adelaide.edu.au/theory/staff/leinweber/VisualQCD/QCDvacuum/>

# Ασθενείς Αλληλεπιδράσεις: $\beta$ - Διάσπαση



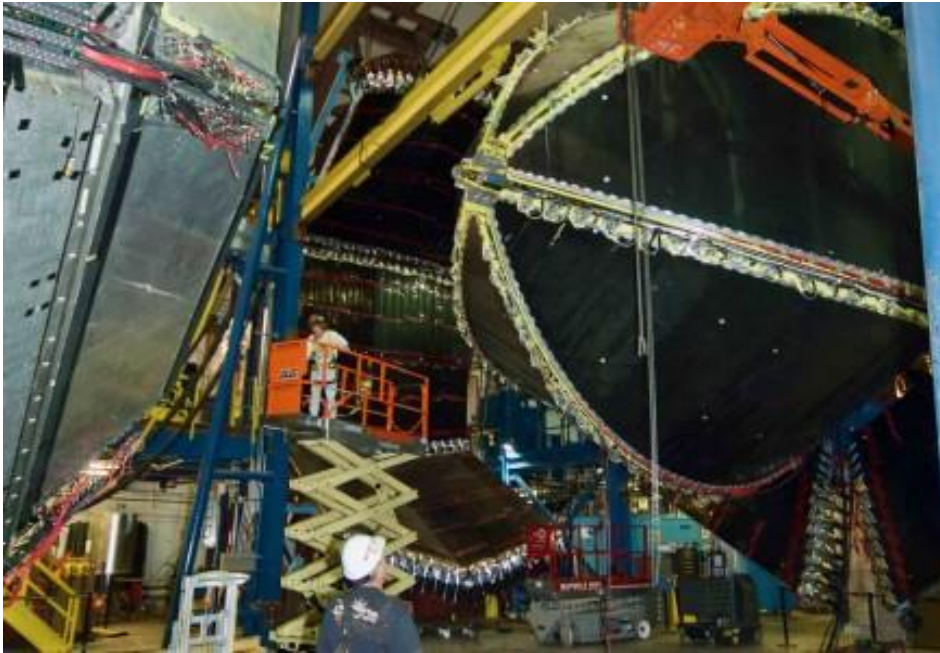
Ασθενής Αλληλεπίδραση

# Ασθενείς Αλληλεπιδράσεις: $\beta^+$ Διάσπαση



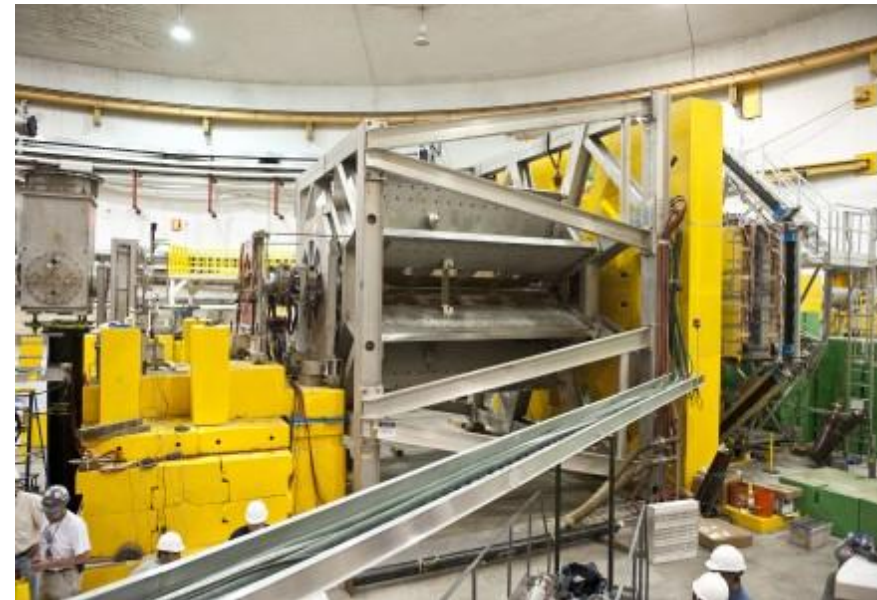


# Πειράματα Σκέδασης Ηλεκτρονίων

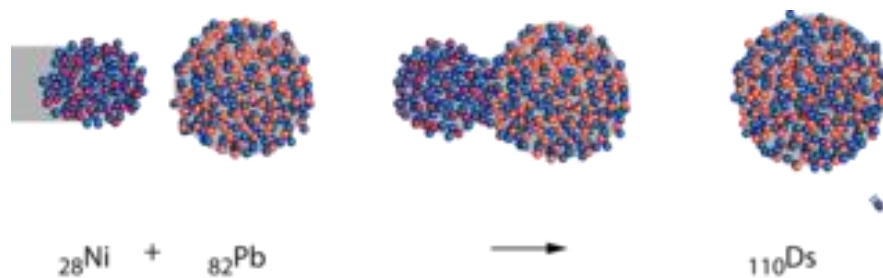


Ο φασματογράφος ορμής **CLAS** στην αίθουσα **B** του **Thomas Jefferson Lab** των ΗΠΑ, με τον οποίο παρατηρείται ότι η ορμή των πρωτονίων μέσα στους πυρήνες αυξάνεται με τον αριθμό των νετρονίων.

Η πειραματική διάταξη **Q-weak** στην αίθουσα **C** του **Thomas Jefferson Lab** των ΗΠΑ, με την οποία μετριέται με ακρίβεια το “ασθενές φορτίο” του πρωτονίου (το σθένος της ασθενούς πυρηνικής δύναμης, υπεύθυνης για τις ραδιενεργές διασπάσεις).



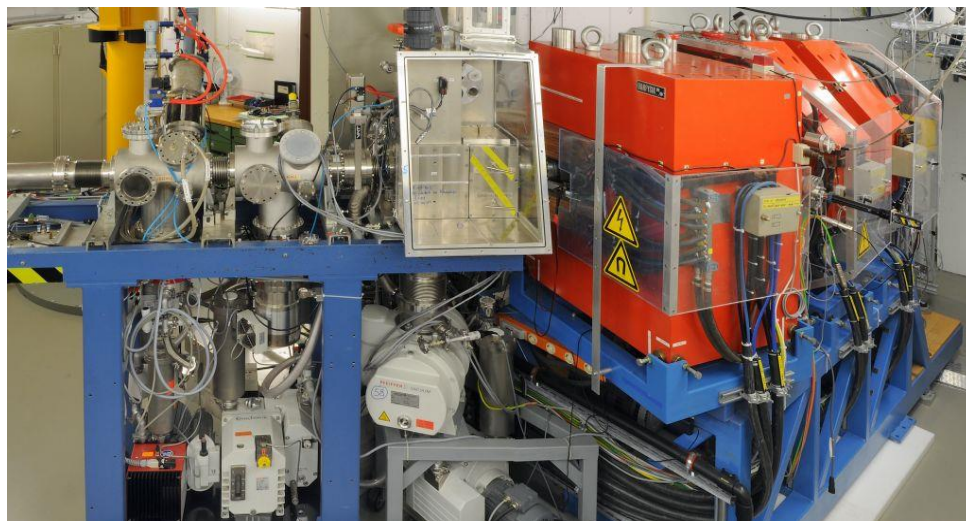
# Πειράματα Σκέδασης Βαρέων Ιόντων



Στο εργαστήριο [GSI Helmholtz](https://www.gsi.de), στο Darmstadt της Γερμανίας, δέσμες βαρέων ιόντων βομβαρδίζουν πυρηνικούς στόχους παράγοντας νέα στοιχεία πέρα από το  $^{92}\text{U}$  (“υπερουράνια” στοιχεία).



Ηλεκτρομαγνητικό “φίλτρο ταχύτητας”, με το οποίο διαχωρίζονται τα προϊόντα της αντίδρασης βαρέων ιόντων στο GSI.



Διαχωριστής στοιχείων αερίου, με τον οποίο διαχωρίζονται και ταυτοποιούνται υπερουράνια χημικά στοιχεία στο GSI.

# Η Ανάδυση της Σωματιδιακής Φυσικής

**1930:** Ανακάλυψη του **νετρίνου** στη μελέτη της β-διάσπασης: πρώτο σωματίο που “ανακαλύφθηκε” χωρίς να “ανιχνευθεί” (Wolfgang Pauli).

**1932:** Ανακάλυψη του **ποζιτρονίου** στη μελέτη των κοσμικών ακτίνων: πρώτο σωματίο “αντι-ύλης” (Carl Anderson).

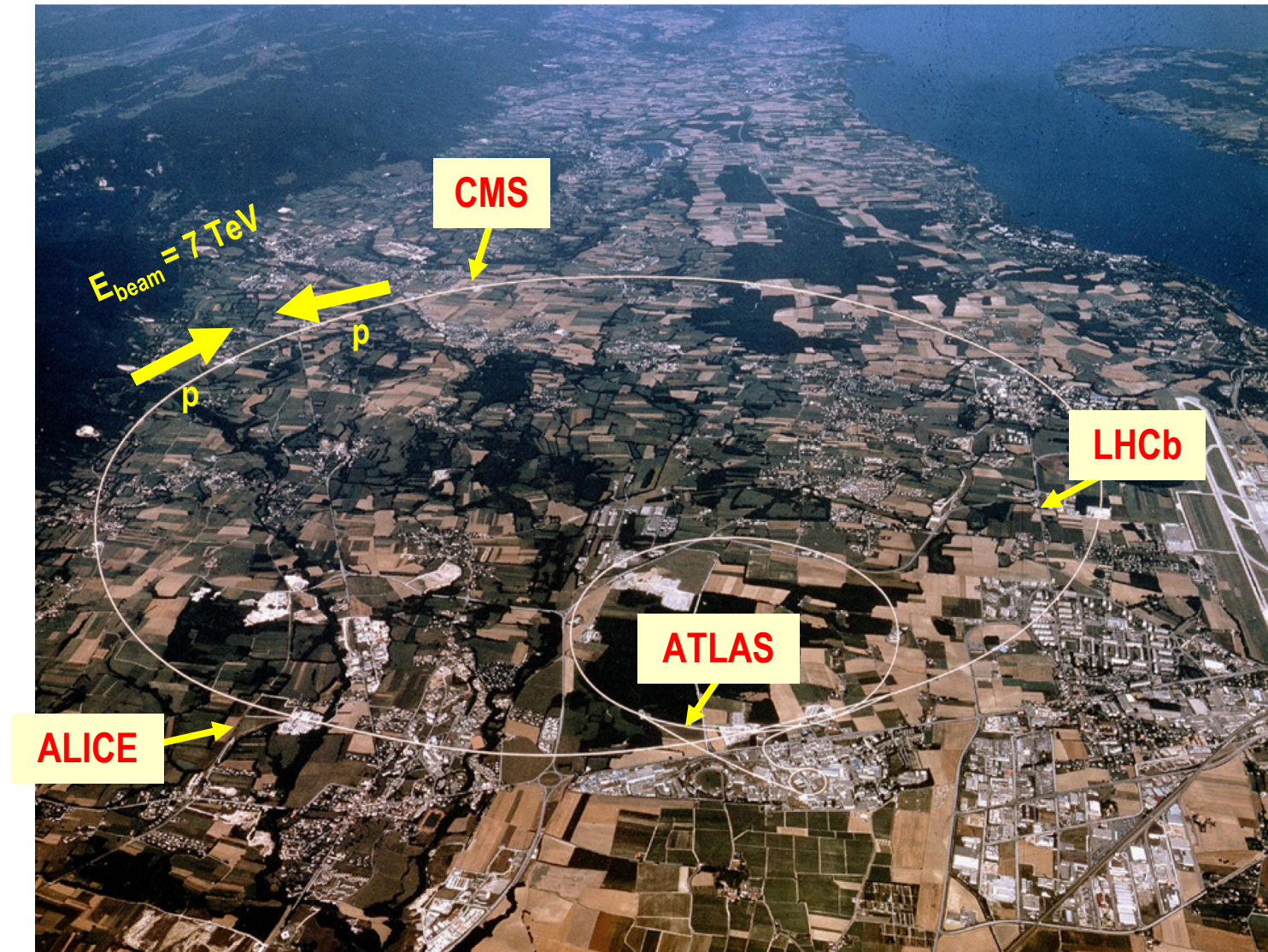


Εγκαινιάζεται η αναζήτηση νέων σωματίων που δεν συμμετέχουν άμεσα στη συγκρότηση της συνήθους ύλης (πυρήνες, άτομα), αλλά παίζουν θεμελιακό ρόλο στους νόμους που διέπουν τα υποατομικά φαινόμενα.

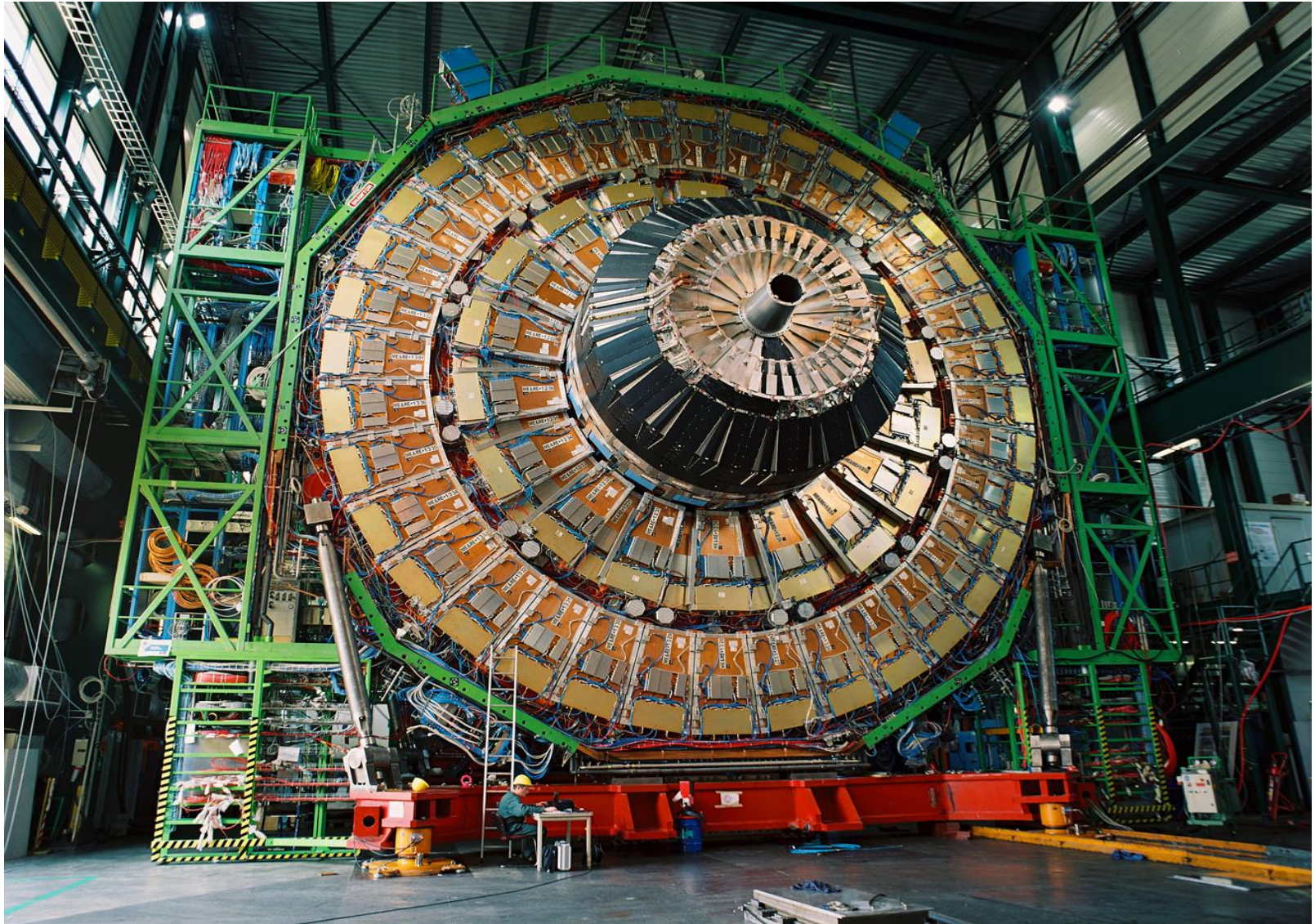
Η σύγχρονη Σωματιδιακή Φυσική έχει καταφέρει να περιγράψει όλα τα φαινόμενα που μπορούμε μέχρι σήμερα **να αναπαράγουμε στο εργαστήριο** με μια θεωρία εξαιρετικά ακριβή και εντυπωσιακά απλή (για τη δύναμη ερμηνείας των φαινομένων που διαθέτει), το “**Καθιερωμένο Πρότυπο**” των Στοιχειωδών Σωματίων.



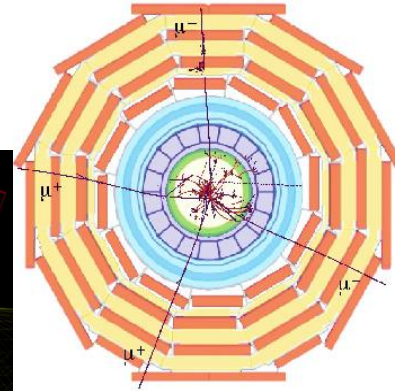
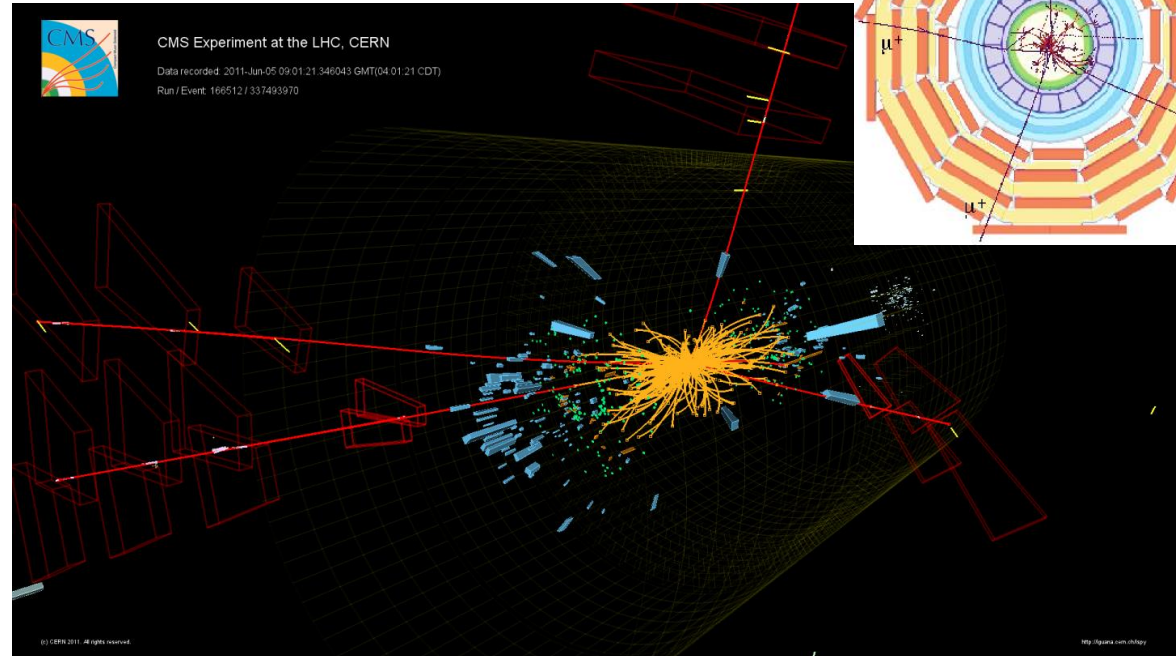
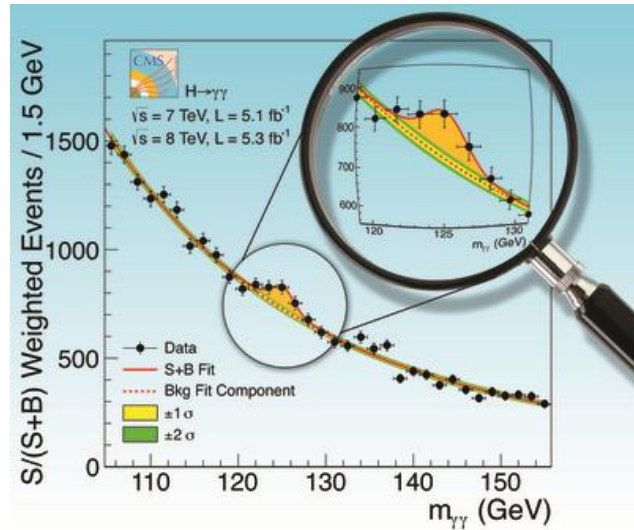
# Ο Μεγάλος Επιταχυντής Αδρονίων (LHC) στο CERN



# Ο Ανιχνευτής CMS στον LHC



# Η Παρατήρηση του Σωματίου Higgs

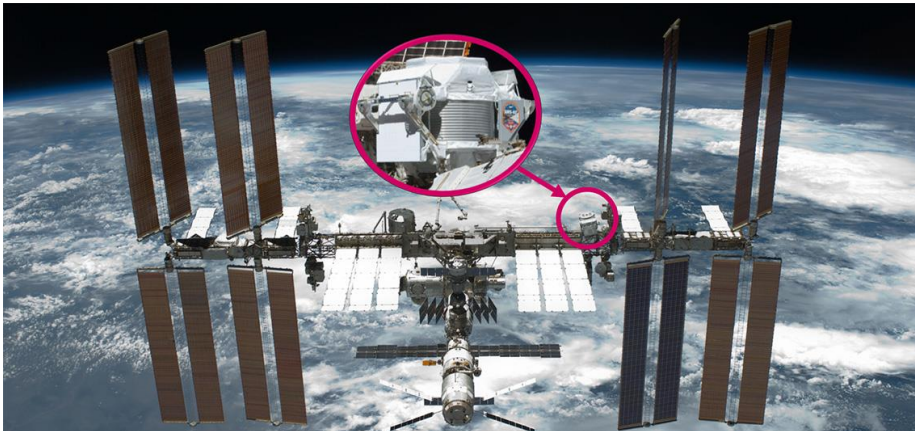
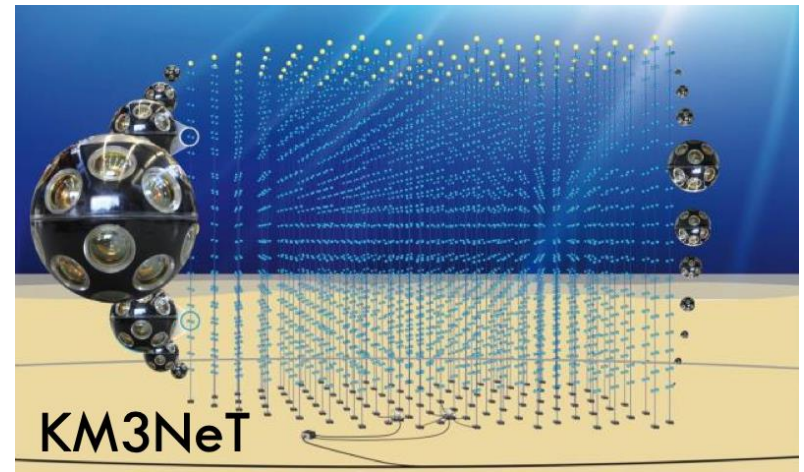


Η παρατήρηση του σωματίου **Higgs** το 2012 από τα πειράματα **ATLAS** και **CMS**, μετά από σχεδόν 50 χρόνια αναζήτησης, ολοκλήρωσε το Καθιερωμένο Πρότυπο, εξηγώντας πώς τα στοιχειώδη σωματρία αποκτούν μάζα.

# Πολυμέτωπη Τεχνολογία Αιχμής

Η σύγχρονη Σωματιδιακή Φυσική αξιοποιεί στο έπακρο την υπάρχουσα τεχνολογία και αναπτύσσει νέα για την:

- Υποθαλάσσια ανίχνευση κοσμικών νετρίνων με το υπό κατασκευή πείραμα **KM3NeT** (“Κυβικό Χιλιόμετρο”)
- Ανίχνευση κοσμικών νετρίνων πολύ υψηλής ενέργειας στον αρχαίο πάγο του Νότιου Πόλου της Γης με το πείραμα **IceCube**
- Ανίχνευση αντι-ύλης στο Διάστημα με το πείραμα **AMS** στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό **ISS**





# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΜΕΑ Β΄

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

**ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ Β΄  
ΧΩΡΟΙ και ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

# Ακαδημαϊκό Προσωπικό

## Πειραματικοί Στοιχειωδών Σωματίων:

- Μαρία Βασιλείου (Αν. Καθηγήτρια)
- Κώστας Βελλίδης (Αν. Καθηγητής)
- Κώστας Θεοφιλάτος (Αν. Καθηγητής)
- Νίκη Σαουλίδου (Αν. Καθηγήτρια)
- Πάρις Σφήκας (Καθηγητής)
- Δημήτρης Φασουλιώτης (Καθηγητής)

## Θεωρητικοί Στοιχειωδών Σωματίων:

- Φώτης Διάκονος (Καθηγητής) \*
- Γιώργος Διαμάντης (Αν. Καθηγητής)
- Ιωάννης Παπαδημητρίου (Επ. Καθηγητής)
- Βασίλης Σπανός (Αν. Καθηγητής)
- Κώστας Σφέτσος (Καθηγητής)
- Νίκος Τετράδης (Καθηγητής)

\* Φυσική της Πολυπλοκότητας

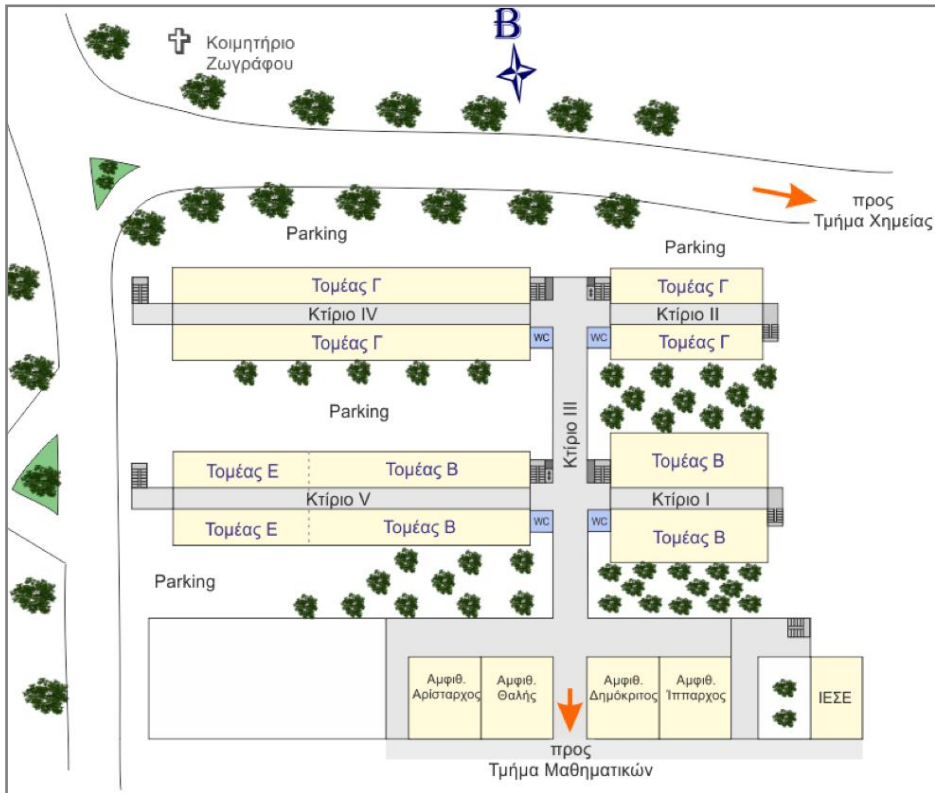
## Πειραματικοί Πυρηνικής Φυσικής:

- Θεόδωρος Μερτζιμέκης (Αν. Καθηγητής)
- Ευστάθιος Στυλιάρης (Καθηγητής)

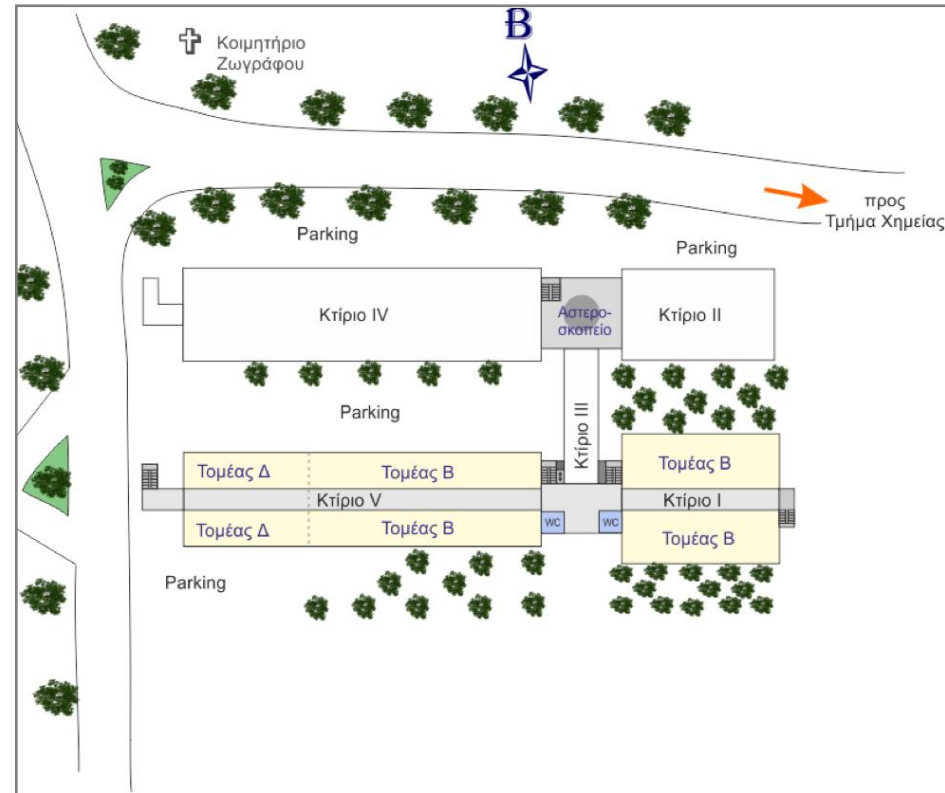
- Παρασκευή Γανωτή (ΕΔΙΠ)
- Μαρία Γεροντίδου (ΕΔΙΠ)
- Θανάσης Καπόγιαννης (ΕΔΙΠ)
- Φανή Μουρούτη (Γραμματέας Τομέα Β')
- Δημήτρης Παππάς (Τεχνικός ΕΠΦ)
- Λουκάς Πετροκόκκινος (ΕΤΕΠ)
- Γιάννης Τσοχαντζής (ΕΔΙΠ)

# Χώροι

## Επίπεδο 0



## Επίπεδο 4



# Εγκαταστάσεις



Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής (Διευθυντής: Δ. Φασουλιώτης)



Αναγνωστήριο - Βιβλιοθήκη Τομέα Β΄  
(Υπεύθυνος: Κ. Θεοφιλάτος)



Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας  
(Διευθύντρια: Ομότιμη Καθ. Ελένη Μαυρομιχαλάκη)

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΜΕΑ Β΄

ΕΘΝΙΚΟΝ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ

Χειμερινό Εξάμηνο

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

**Μαθήματα συναφή με την κατεύθυνση του Τομέα  
Πυρηνικής Φυσικής και  
Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων**

# Υποχρεωτικά Μαθήματα Κορμού

- **Εισαγωγή: Φυσική I, II, III, IV** (εξάμηνα Α', Β', Γ', Δ')
  - Εισαγωγή: Εργαστήρια Φυσικής I, II, III, IV (εξάμηνα Α', Β', Γ', Δ')
  - Μαθηματική Παιδεία:
    - **Βασικές Μαθηματικές Μέθοδοι \*** (εξάμηνο Α')
    - **Ανάλυση I και II \*** (εξάμηνα Α' και Β')
    - **Μαθηματικές Μέθοδοι Φυσικής I και II \*** (εξάμηνα Γ' και Δ')
    - Θεωρία Πιθανοτήτων (εξάμηνο Α')
    - Συνήθειες Διαφορικές Εξισώσεις (εξάμηνο Β')
  - Υπολογιστές (εξάμηνο Β')
  - Υπολογιστική Φυσική (εξάμηνο Γ')
  - Βασική Φυσική:
    - Μηχανική I (εξάμηνο Γ')
    - Ηλεκτρομαγνητισμός I (εξάμηνο Ε')
    - Κβαντομηχανική I (εξάμηνο Ε')
    - Στατιστική Φυσική I (εξάμηνο Ε')
    - Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας (εξάμηνο Ε')
- \* Προαπαιτούμενα για την επιλογή της Κατεύθυνσης (πρέπει να έχουν περαστεί στο τέλος του 6ου εξαμήνου)

# Μαθήματα Επιλογής Κορμού

- Μηχανική II (εξάμηνο Δ')
- **Ηλεκτρομαγνητισμός II \*** (εξάμηνο ΣΤ')
- **Κβαντομηχανική II \*** (εξάμηνο ΣΤ')
- Στατιστική Φυσική II (εξάμηνο ΣΤ')
- Δυναμική Ρευστών (εξάμηνο Δ')

Τουλάχιστον 3 υποχρεωτικά

# Μαθήματα & Εργαστήρια Εισαγωγής Κατεύθυνσης

- Εισαγωγή στην Αστροφυσική (εξάμηνο Δ')
- Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική Φυσική (εξάμηνο ΣΤ')
- Εισαγωγή στη Φυσική Ατμόσφαιρας (εξάμηνο Δ')
- **Εισαγωγή στη Πυρηνική Φυσική και τα Στοιχειώδη Σωματίδια \*** (εξάμηνο ΣΤ')
- Εισαγωγή στη Φυσική Στερεάς Κατάστασης (εξάμηνο ΣΤ')

3 υποχρεωτικά + πτυχιακή  
5 υποχρεωτικά χωρίς πτυχιακή

\* Προαπαιτούμενα για την Κατεύθυνση



# Υποχρεωτικά Μαθήματα Κατεύθυνσης

- Πυρηνική Φυσική (εξάμηνο Ζ')
- Στοιχειώδη Σωματίδια (εξάμηνο Ζ')
- Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων (εξάμηνο Ζ')

## Μαθήματα Επιλογής Κατεύθυνσης

- Αστροσωματιδιακή Φυσική και Κοσμική Ακτινοβολία (εξάμηνο Ζ')
- Ιατρική Φυσική (εξάμηνο Η')
- Σύγχρονη Κβαντική Φυσική και Εφαρμογές (εξάμηνο Η')
- Μαθηματική Φυσική \* (εξάμηνο Ζ')
- Στοιχειώδη Σωματίδια \* (εξάμηνο Η')
- Πυρηνική Φυσική \* (εξάμηνο Η')
- Θεωρία Ομάδων και Εφαρμογές \* (εξάμηνο Η')

\* Προσφέρεται ως ελεύθερη επιλογή

\* Μεταπτυχιακό μάθημα που προσφέρεται και σε προπτυχιακούς φοιτητές

# Μαθήματα ειδικού βάρους για την επιλογή στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην ΠΦΣΣ

- Γενική Φυσική: Φυσική I, II, III, IV
- Μαθηματική Παιδεία: Ανάλυση I και II, ΜΜΦ I και II, Θεωρία Πιθανοτήτων, Συνήθεις Διαφορικές Εξισώσεις
- Κβαντομηχανική I και II
- Ηλεκτρομαγνητισμός I και II
- Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας
- Στατιστική Φυσική I
- Εισαγωγή στην Πυρηνική Φυσική και τα Στοιχειώδη Σωματίδια
- Πυρηνική Φυσική
- Στοιχειώδη Σωματίδια

**Καλώς ήρθατε στο Τμήμα Φυσικής**

**και**

**Καλή Δουλειά!**